

2008-7  
4078

***Six Sigma***  
FOR  
DUMMIES

by Craig Gygi  
Neil DeCarlo  
Bruce Williams

Foreword by Stephen R. Covey  
author, *The 7 Habits of Highly Effective People*  
and *The 8th Habit*



WILEY

Wiley Publishing, Inc.

***Шесть сигм***  
ДЛЯ  
"ЧАЙНИКОВ"

Крейг Джиджи  
Нейл ДеКарло  
Брюс Уильямс

Предисловие Стивена Р. Кови, автора книг *Семь привычек высокоэффективных людей* и *Восьмая привычка*



ДИАЛЕКТИКА

Москва • Санкт-Петербург • Киев  
2008

2108121

ББК (У)65.242  
Д41  
УДК 65.014

Компьютерное издательство "Диалектика"  
Зав. редакцией Н.М. Макарова  
Перевод с английского и редакция А.Ю. Залкина

По общим вопросам обращайтесь в издательство "Диалектика" по адресам:  
info@dialektika.com, http://www.dialektika.com

Джиджи, Крейг, ДеКарло, Нил, Вильямс, Брюс.

Д41 Шесть сигм для "чайников": Пер. с англ. — М.: ООО "И.Д. Вильямс", 2008. — 320 с. : ил. — Парал. тит. англ.  
ISBN 978-5-8459-1370-8 (рус.)

Несмотря на научное название, книга *Шесть сигм для "чайников"* относится к той же категории, что и пособия, рассказывающие, как стать миллионером, добиться успеха в жизни, преуспеть в бизнесе и т.п. Однако она кардинально отличается от большинства таких книг основаны скорее на желаемом, чем на действительном, а нередко и просто на домыслах авторов. Не удивительно, что при таком изобилии ценных указаний в жизни так много неудачников, а в бизнесе — банкротов. Но не так давно произошло поистине историческое событие: на базе таких дисциплин, как статистика и теория вероятности, была создана строго научная, но при этом чрезвычайно практичная методика улучшения всего, чего угодно, как минимум на 70% (!). Эта методика получила название "Шесть сигм". Ее пользу уже подтвердили крупнейшие корпорации, совершившие прорыв в совершенствовании своего бизнеса. За ними последовали компании и организации размером поменьше, а затем и отдельные люди, убедившиеся в том, что "Шесть сигм" прекрасно применима и в жизни обычного человека.

И вот дошла очередь до вас. Очень скоро вы войдете в постоянно расширяющееся сообщество успешных людей и организаций, открывших для себя "Шесть сигм". Однако если вашим предшественникам пришлось изрядно потрудиться, чтобы освоить эту удивительно эффективную, но не слишком простую методику, то ваше путешествие по "Шесть сигм" будет простым и увлекательным. Книга *Шесть сигм для "чайников"* гарантирует всем — бизнесменам, производственникам, менеджерам, руководителям, студентам, обычным людям — доступный и легкий способ освоения сложной методологии без потери эффективности. Не упустите свой шанс изменить жизнь к лучшему!

Книга рассчитана на менеджеров, маркетологов, экономистов, но будет полезна каждому человеку, который хочет стать эффективнее и успешнее.

ББК (У)65.242

Все права защищены. Все названия программных продуктов являются зарегистрированными торговыми марками соответствующих фирм.

Никакая часть настоящего издания ни в каких целях не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, будь то электронные или механические, включая фотокопирование и запись на магнитный носитель, если на это нет письменного разрешения издательства Wiley US.

No part of this publication may be reproduced, stored in retrieval system or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, scanning, or otherwise, except as permitted under Sections 107 or 108 of the 1976 United States Copyright Act, without either the prior written permission of the Publisher, or authorization through payment of the appropriate per-copy fee to the Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, 978-750-8400, fax 978-646-8600, or e-mail: brandreview@wiley.com.

Copyright © 2008 by Dialektika Computer Publishing.  
Original English language edition Copyright © 2005 by Wiley Publishing, Inc.  
Authorized translation from English language edition published by Wiley Publishing, Inc., Copyright © 2008.

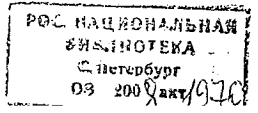
ISBN 978-5-8459-1370-8 (рус.)

ISBN 0-7645-6798-5 (англ.)

© Компьютерное изд-во "Диалектика", 2008,  
перевод, оформление, макетирование  
© Wiley Publishing, Inc., 2005

# Оглавление

Об авторах	13
Предисловие	16
Введение	17
<b>Часть I. Основы "Шести сигм"</b>	<b>23</b>
Глава 1. Что такое "Шесть сигм"	25
Глава 2. Принципы и язык "Шести сигм"	41
Глава 3. Основные элементы "Шести сигм"	53
<b>Часть II. Понимание и реализация стратегии прорыва (ОИАУК)</b>	<b>69</b>
Глава 4. Найти проблему — определить проекты	71
Глава 5. Измерение разрывов	93
Глава 6. Измерение способности	125
Глава 7. Отделить зерна от плевел	145
Глава 8. Количественный анализ немногих критичных факторов	161
Глава 9. Добиваемся цели	183
Глава 10. Закрепляем успехи	201
<b>Часть III. Инструменты и технологии "Шести сигм"</b>	<b>221</b>
Глава 11. Инструменты практика "Шести сигм"	223
Глава 12. Управленческие инструменты "Шести сигм"	255
<b>Часть IV. Великолепные десятки</b>	<b>271</b>
Глава 13. Десять примеров лучшей практики "Шести сигм"	273
Глава 14. Десять ловушек, которых надо избегать	277
Глава 15. Десять мест, куда обращаться за помощью	281
Приложение. Словарь терминов	287
Послесловие	294
Предметный указатель	295



# Содержание

<b>Об авторах</b>	<b>13</b>		
Посвящения	14		
Благодарности авторов	14		
<b>Предисловие</b>	<b>16</b>		
<b>Введение</b>	<b>17</b>		
Об этой книге	17		
Условные обозначения, используемые в этой книге	18		
Кто вы, наш читатель?	18		
Как построена эта книга	19		
Часть I. Основы Шесть сигма	19		
Часть II. Понимание и реализация стратегии прорыва (ОИАУК)	19		
Часть III. Инструменты и технологии Шесть сигма	19		
Часть IV. Великолепные десятки	19		
Пиктограммы, используемые в этой книге	19		
Куда двигаться дальше	20		
Ждем ваших отзывов!	20		
<b>Часть I. Основы Шесть сигма</b>	<b>23</b>		
<b>Глава 1. Что такое Шесть сигма</b>	<b>25</b>		
Управленческий уровень	26		
Радикальный корпоративный успех	27		
Мост между наукой и лидерством	28		
Ориентация управленческой системы	29		
Технический уровень	31		
Качество товара, услуги, операции	32		
Переход от единицы к множеству	35		
Вариации варьируют	36		
Почему шесть и почему сигма (Получаем целостную картину)	37		
<b>Глава 2. Принципы и язык Шесть сигма</b>	<b>41</b>		
Все начинается с простого уравнения: $Y = f(X) + \varepsilon$	41		
Определяем причину	42		
Причина и следствие	43		
Всегда есть способ лучше	43		
Остерегайтесь суеверных заблуждений (помните, что корреляция не означает причинно-следственную связь)	43		
Вариация неизбежна	45		
Что же такое вариация	45		
Откуда берется вариация	47		
		Самое главное — разобраться с вариацией	48
		Ибо сказано: измеряйте	48
		Помните о ваших Y и X	48
		Ответ начинается с данных	49
		Резюме на тему измерений	49
		Сила левереджа	50
		“Важнейшее меньшинство” и “тривиальное большинство”	50
		Поиск более правильного пути	51
		<b>Глава 3. Основные элементы Шесть сигма</b>	<b>53</b>
		Проектная стратегия ОИАУК	53
		Зоны активности	54
		Мышление для прорыва	55
		Процессы для прорыва	55
		Разработка для прорыва	56
		Управление для прорыва	56
		Люди, которых вам надо знать	56
		В Шесть сигма каждый — лидер	57
		Цифровое карате: Черные пояса и их собратья	61
		Единая команда	64
		Жизненный цикл инициативы Шесть сигма	64
		Инициирование: готовься... целься...	65
		Развертывание: все приходит в движение	66
		Реализация: появляются первые успехи	66
		Расширение: донести в каждый уголок	66
		Поддержание: культура самоизлечения	67
		<b>Часть II. Понимание и реализация стратегии прорыва (ОИАУК)</b>	<b>69</b>
		<b>Глава 4. Найти проблему — определить проекты</b>	<b>71</b>
		Проект Шесть сигма	71
		Основы проекта	71
		Преобразование проблемы	72
		Ответственность в проекте	73
		Каковы ваши и мои нужды	74
		Согласование Шесть сигма со стратегией	74
		Описание бизнес-ситуации для идентификации проекта	75
		Определение проекта Шесть сигма	77
		Стоит ли игра свеч	83
		<b>Глава 5. Измерение разрывов</b>	<b>93</b>
		Азбука статистики	93
		Почему именно статистика	93
		101 измерение	94
		Меры положения вариации	95
		Насколько велика вариация	98
		Долгосрочная и краткосрочная вариации	101
		Краткосрочная вариация	101
		Все течет, все меняется: долгосрочная вариация	103

Раскройте полностью: теоретический уровень	106
Лучше один раз увидеть...	107
Как представить данные графически	107
Взгляд в прошлое: диаграммы изменения во времени	119
<b>Глава 6. Измерение способности</b>	<b>125</b>
Спецификации: голос потребителя	125
Насколько близко “достаточно близко”, или Зачем нужны спецификации	125
Что такое спецификации	126
А вы танцуете румбу? Создание реалистичных спецификаций	127
Главное — не нажимай эту большую красную кнопку! Что происходит, если превысить спецификацию	128
Способность: сравниваем голоса потребителя и процесса	129
Измеряем производительность	129
Измеряем уровень дефектов	133
Связь между производительностью и уровнем дефектов	137
Сигма-значение $Z$	137
Индексы способности	141
Рекомендованный план повышения способности	143
<b>Глава 7. Отделить зерна от плевел</b>	<b>145</b>
Типы данных	145
Атрибутивные, или категориальные данные	145
Непрерывные, или переменные данные	146
Избавляемся от иллюзий: анализ способности измерительной системы	148
Источники вариации измерительной системы	149
Измеряем измерения: анализ измерительной системы ( <i>MSA</i> )	151
Заполняем фильтрующую воронку	155
Пусть говорят данные	155
Забрасывайте широкую сеть	156
Обработка данных	156
Начинайте с простейшего: наблюдательные исследования	157
Копаем глубже: графическим анализом выявляем потенциальные источники вариации	158
<b>Глава 8. Количественный анализ немногих критичных факторов</b>	<b>161</b>
Поиск лучшего партнера	161
Вива Лас-Вегас: теорема центрального предела	161
Насколько вы уверены? Доверительные интервалы	162
Доверительные интервалы для средних	163
Доверительные интервалы для стандартных отклонений	166
“Четверо из пяти рекомендуют”: доверительные интервалы для пропорций	168
Зависимости	170
Корреляция	170
Подгонка кривой	173
<b>Глава 9. Добиваемся цели</b>	<b>183</b>
Зачем нужны эксперименты? Энергия улучшения, заложенная в экспериментах Шесть сигма	183

Что это вообще такое — эксперимент	183
Цель экспериментов Шесть сигма	184
Эксперименты со словами	184
Конец игры в эксперименте Шесть сигма	185
Сначала думай, затем действуй: обдумываем эксперимент	185
Франкенштейну следовало бы работать по плану	185
Лучше всего — простой, последовательный и систематический подход	187
$2^k$ -факторные эксперименты	188
Планирование эксперимента	189
Выполнение эксперимента	191
Анализ эксперимента	192
Мы только начали — впереди еще другие методы экспериментирования	199
<b>Глава 10. Закрепляем успехи</b>	<b>201</b>
Потребность в планировании контроля	201
Сводная таблица управления процессом	202
План контроля процесса	202
Статистический контроль процесса	204
Мониторинг процесса: основы контрольных диаграмм	205
Контрольные пределы	206
Контрольные диаграммы помогают процессам не свалиться в кювет	208
Использование контрольных диаграмм для обнаружения закономерностей, смещений и отклонений	209
Сбор данных для контрольных диаграмм	211
Контрольные диаграммы для непрерывных диаграмм	211
Диаграмма индивидуальных значений и скользящего размаха ( $I, MR$ )	213
Диаграмма средних значений и размахов ( $\bar{X}, R$ )	214
Диаграмма средних значений и стандартного отклонения ( $\bar{X}, S$ )	215
Контрольные диаграммы для атрибутивных данных	215
$p$ -диаграмма для атрибутивных данных	217
$u$ -диаграмма для атрибутивных данных	218
Пока-Йоке (предотвращение ошибок)	219
<b>Часть III. Инструменты и технологии Шесть сигма</b>	<b>221</b>
<b>Глава 11. Инструменты практика Шесть сигма</b>	<b>223</b>
Инструментарий практика	223
Инструменты оптимизации процессов	224
Диаграмма <i>SIPOC</i>	225
Что критично? Дерево критичных факторов	227
Моделирование процесса	229
Воспроизведение процесса на модели	233
Причинно-следственная ( <i>C&amp;E</i> ) матрица	235
Диаграмма “рыбья кость” (елочная)	235
Анализ эффектов отказных режимов, АЭОР ( <i>FMEA</i> )	236
KISS: анализ способности и сложности	238
Отчеты об использовании фильтрующей воронки	240
Планы	240
Инструменты статистического анализа	242
Основные статистические инструменты	243



Лучше один раз увидеть...	243
Машина времени	244
Дисперсионный анализ (ANOVA)	245
Главное, чтобы костюмчик сидел	245
Разработка экспериментов	245
Насколько способен ваш процесс	247
Регрессия	247
Многомерный анализ	248
Исследовательский анализ	249
Анализ измерительной системы	249
Назад в будущее	250
Платформы и протоколы	250
Программные продукты	250
Технологические архитектуры	252
<b>Глава 12. Управленческие инструменты Шесть сигма</b>	<b>255</b>
Инструментарий менеджера	255
Каждому свое	256
Типы управленческих инструментов	257
Роль лидера	258
Управление проектами	259
Эврика!	259
Выбор победителя	260
Определение проекта	261
Планирование и отслеживание проекта	262
Только факты, мэм	265
Управление знаниями	266
Ученье — свет	268
Обучение с помощью компьютера	269
Синхронное обучение с участием наставника	269
Асинхронное обучение с участием наставника	269
<b>Часть IV. Великолепные десятки</b>	<b>271</b>
<b>Глава 13. Десять примеров лучшей практики Шесть сигма</b>	<b>273</b>
Ставьте амбициозные цели	273
Указывайте осязаемые результаты	274
Определите результаты	274
Сначала думайте, затем действуйте	274
Верим только фактам	275
Минимизация вариации	275
Согласование проектов с ключевыми целями	275
Отметим успех!	276
Привлекайте собственника процесса	276
Раскройте потенциал каждого	276
<b>Глава 14. Десять ловушек, которых надо избегать</b>	<b>277</b>
Когда не выделяют достаточно времени	277
Кто лидер	277
Попытка откусить слишком большой кусок	277

Концентрация на изолированных зонах	278
“Но мы ведь другие”	278
Переучились	278
Слепая вера в вашу измерительную систему	279
“Напомните мне еще раз — это КП или ПС?”	279
Приписки при подсчете возможностей возникновения дефекта	279
Не использовать потенциал технологий	279
<b>Глава 15. Десять мест, куда обращаться за помощью</b>	<b>281</b>
Коллеги	281
Корпорации Шесть сигма	281
Ассоциации и профессиональные сообщества	282
Конференции и симпозиумы	282
Публикации	283
Web-сайты	283
Периодические издания	284
Продавцы технологий	284
Консультанты	284
Преподаватели Шесть сигма	285
<b>Приложение. Словарь терминов</b>	<b>287</b>
<b>Послесловие</b>	<b>294</b>
<b>Предметный указатель</b>	<b>295</b>

## Об авторах

Крейг Кент Джиджи начал изучать и применять элементы “Шести сигм” еще задолго до того, как им придали форму сегодняшней прославленной методологии прорывного улучшения. Еще будучи аспирантом машиностроительного факультета Университета Бригэма Янга в начале 1990-х годов, Крейг Джиджи уже преподавал эту передовую методику улучшения своим студенческим группам на курсе разработки товара. В 1994 году он стал работать во флоридской Лаборатории передовых производственных исследований компании *Motorola*, где смог воочию убедиться, насколько в реальных условиях эффективен приобретающий все большую популярность новый метод “Шести сигм”. Увиденное полностью перекликалось с предыдущим опытом молодого сотрудника. С тех пор Крейг на всех этапах своей карьеры — а это были управленческие и технические должности в *Motorola*, *Iomega* и *General Atomics* — применял, преподавал и внедрял “Шесть сигм”.

В 1998 году Крейг основал и возглавил компанию по производству компьютерного программного обеспечения для практиков “Шести сигм”. На протяжении нескольких лет он также работал в качестве технического коллеги доктора Майкла Дж. Хэрри, одного из первых консультантов по “Шести сигмам”, совместно с ним разрабатывая и внедряя новые теоретические и практические направления этой методологии. Недавно Крейг переехал из своего дома в горах Юты в Соноранскую пустыню штата Аризона, где стал соучредителем компании *Savvi International* и теперь вплотную занимается ее продуктами, услугами и инструментами “Шести сигм”.

На момент написания данной книги Крейг имел уже 12-летний опыт работы с методикой “Шести сигм” и был Мастером Черных поясов; на его счету различные реализованные проекты, от дизайна до производства и управления бизнесом. Он высококвалифицированный инструктор, преподававший и работавший наставником на всех уровнях “Шести сигм”, от руководителей до Белых поясов.

Нил Джон ДеКарло на протяжении более чем 15 лет был профессиональным распространителем методов непрерывного улучшения и “Шести сигм”, еще со времени своей работы в компании *Florida Power & Light*, именно в тот период, когда она получила престижный приз Деминга за качество. С тех пор он написал подготовил и отредактировал более 150 статей и шесть книг в сотрудничестве с такими компаниями, как *General Electric*, *DuPont*, *Bose Corporation*, *McKinsey Consulting*, *UPS*, *AT&T*, Академия “Шести сигм” и многими другими.

Нил — удивительно плодовитый автор; из-под его пера вышла масса работ, охватывающих самые разнообразные темы, включая “Шесть сигм”, информационные технологии, электронное обучение, управление знаниями и переменами, бизнес-интеграцию, полное управление качеством, Международную организацию по стандартизации, экономное управление и другие дисциплины. Он также сотрудничал с несколькими генеральными исполнительными директорами и консультантами, включая японского эксперта по качеству доктора Нориаки Кано и первого соархитектора “Шести сигм” доктора Майкла Дж. Хэрри.

В дополнение к своей писательской карьере Нил также в разное время по контракту с различными компаниями и консультационными фирмами руководил их коммуникационными и издательскими программами; самая известная из этих фирм — *Breakthrough Management Group* (“Группа управления прорывным улучшением”) является лидером в отрасли “Шести сигм”, экономического предприятия и улучшений. В свободное от работы время Нил интенсивно занимается бикрам-йогой, устным и письменным словом содействуя ее распространению.

Брюс Дэйвид Вильямс сразу и навсегда влюбился в сложные системы в свой третий день рождения, на который пришелся запуск в космос первого искусственного спутника Земли. Еще будучи студентом Колорадского университета по специальности физика и астрофизика, Брюс

начал карьеру в аэрокосмической отрасли и тогда же впервые узнал о “Шести сигмах”, после того как компания *Motorola* в 1988 году стала первым лауреатом Премии Боллдриджа. Позднее, после окончания Университета Джона Хопкинса и Колорадского университета по специальностям технический менеджмент и компьютерные науки и уже являясь членом команды разработки телескопа Хаббл, Брюс глубоко заинтересовался такой проблемой: почему поломки даже мельчайших компонентов порой приводят к колоссальным системным сбоям. Этот интерес и привел его в середине 1990-х годов в отрасль “Шести сигм”, где он учредил компанию — производителя программного обеспечения для слежения за жизненным циклом товара.

С тех пор Брюс успел основать две научно-исследовательские и технологические фирмы “Шести сигм” и стать их генеральным исполнительным директором. На момент выхода из печати данной книги он занимал пост председателя Совета директоров и генерального исполнительного директора компании *Sarvi International* — поставщика решений для улучшения показателей бизнеса с помощью “Шести сигм”, методов экономного управления бизнес-процессами. Брюс живет на пустынных предгорьях города Норт-Скоттсдейл (штат Аризона) с женой, двумя детьми и многочисленными собаками, кошками, птицами и лошадьми.

## Посвящения

**Крейг Джиджи.** Посвящаю эту книгу Джилл, Айвену и Гордону. Мой главный успех в том, что я стал частью вашей жизни.

**Нил ДеКарло.** Посвящаю эту книгу Ванде Тексон, которая много лет назад помогла мне поверить в себя и на протяжении длительного времени была для меня постоянным источником поддержки и интеллектуальной стимуляции.

**Брюс Вильямс.** Посвящаю эту книгу Барби, моей восхитительной жене, с которой мы женаты вот уже 22 года, и моим удивительным детям, Ханне и Эвану. Их неутомимая преданность, тонкий юмор и бесконечная жажда знаний убеждают меня в том, что в жизни нет ничего невозможного.

## Благодарности авторов

Каких-нибудь двадцать лет назад “Шести сигм” еще просто не существовало. Но однажды чудесным образом всего лишь один человек, работающий на крупную корпорацию в закутке неприглядного офисного здания, увидел нечто... и в результате сегодня мы имеем полностью развитую систему с десятками тысяч отдельных практиков, тысячами корпораций, сотнями миллиардов сэкономленных долларов в год. От имени всего движения “Шести сигм” мы хотим выразить искреннюю признательность этому легендарному человеку, ныне покойному Биллу Смитту, инженеру по обеспечению надежности в компании *Motorola* (Аризона), который в середине 1980-х годов выявил статистическую зависимость между сложностью продукта, способностью процесса и частотой отказов системы. Мы также признательны доктору Майклу Хэрри, еще одному первопроходцу “Шести сигм” в компании *Motorola*, чьими усилиями отрасль “Шести сигм” приобрела знакомый нам сегодня вид.

Мы хотим поблагодарить Дона Л. Реддинуса, предоставившего значительные фрагменты материала нашей книги. Нам чрезвычайно повезло, что именно Дон помогал нам в работе. Он завоевал международное признание как консультант по усовершенствованию бизнеса, имеет 25-летний опыт деятельности в этой сфере и посвятил большую часть своей карьеры “Шести сигмам”.

Дон не только написал главы 4 и 10, он также обеспечивал нас высококомпетентными рекомендациями, материалами и комментариями, просмотрев и улучшив почти все страницы и рисунки.

Наша глубочайшая благодарность доктору Стивену Р. Кови, оказавшему нам честь и написавшему предисловие к этой книге.

Мы также признательны Роксане О’Браски, президенту Международного общества профессионалов “Шести сигм”, за написанное ею послесловие. Роксана — настоящий мотор “Шести сигм”, и благодаря работе ее общества мир становится лучше.

Самим существованием этой книги мы обязаны закупочному редактору Кэти Кокс и проектному редактору Тере Стуффер Дрент, которые мастерски провели наш “корабль” через штормы, обошли все рифы и благополучно завели его в тихую гавань.

Мы также хотим поблагодарить десятки тысяч практиков “Шести сигм”: Черные пояса, Зеленые пояса и Желтые пояса; Чемпионов; Мастеров Черных поясов; лидеров развертывания. Их коллективными усилиями создана “Шестерка сигм”. Они работали, не имея под рукой учебника по данной методике, без правительственного заказа на исследования, положений Международной организации по стандартизации, корпоративных информационных систем. Именно благодаря этим десяткам тысяч энтузиастов “Шести сигм” и развитием ее до уровня, когда стало возможным написание нашей книги.

## Предисловие

Наш мир стоит на пороге новой экономической эры. В последнее столетие промышленную эру определяли инструменты и навыки, направленные на контроль, эффективность, специализацию, распределение полномочий, рост и повторяемость. Бухгалтерский учет низвел людей до положения статьи расходов, элемента оборудования, инвестиции, а великая теория об упрямом, но голодном осле предложила два инструмента для мотивации людей — палку и морковку. Но несмотря на то что данная парадигма привела к 50-кратному росту производительности труда по сравнению с предыдущей земледельческой культурой, она также породила ряд пороков современного бизнеса, таких как менталитет “лидерства по положению”, размытые приоритеты организаций, нарушенная эмоциональная связь с рабочей силой, потеря прямой связи между замыслом и конкретными действиями, недееспособность систем и процессов, отсутствие синергии (как межличностной, так и между подразделениями) и низкая ответственность.

В то же время исследования показывают, что значительное большинство служащих обладают большими талантом, интеллектом, способностями, творческим мышлением и трудолюбием, чем требуется — или даже позволительно — для их работы. Их высокий потенциал остается невостребованным, нераскрытым, неиспользуемым. Но сегодня мы наблюдаем, как заканчивается промышленная эра, уступающая место информационной, или “эре рабочих знаний”. Новая, только нарождающаяся эра построена по принципу “лидерство — это выбор”; в ней культивируется менталитет раскрытия потенциала каждого человека; выбор делается на основе ценностей при неизменных принципах. В новой парадигме величайшим активом любой организации считаются ее люди. Их разум, душа, совесть востребованы и содействуют ее процветанию, от которого выигрывает весь персонал. *Триммером* называют небольшой руль управления на яхте или аэроплане, малые движения которого позволяют получить большой эффект от движений основного руля. Лидеры информационной эры действуют в организациях именно как этот триммер. Их относительно небольшие усилия на нижнем или среднем уровнях приводят к гораздо большему перемене во всей организации.

“Шесть сигм” стала ключевым и обязательным навыком новых “рабочих информационной эры”, представляющих собой следующее поколение триммеров. Одна из основных ценностей, которые восхищают меня в “Шесть сигм”, — это наука, база данных и тщательный аналитический мыслительный процесс решения проблем с ее использованием. “Шесть сигм” позволяет вам провести радикальные перемены независимо от вашей должности в организации. Развивающийся мир преобразовал ранее эксклюзивные, академические знания “Шести сигм” в лучшую и обязательную практику для каждого, кто хочет развиваться сам и содействовать развитию своей организации. Если весь персонал будет владеть методологией “Шесть сигм”, то представляете себе, каких успехов добьется подобная структура в основанной на знаниях экономике, в которой 70–80% стоимости, добавленной к товарам и услугам, обусловлены работой со знаниями?

Вот почему *Шесть сигм для “чайников”* является книгой, которую должен прочесть каждый.

Стивен Р. Кови, автор бестселлеров  
*Семь привычек высокоэффективных людей*  
и *Восьмая привычка*

## Введение

“Шесть сигм” — единственная самая эффективная методология решения проблем для улучшения организаций и показателей бизнеса. Не существует такой деловой, технической или связанной с процессами проблемной задачи, которая была бы не по зубам “Шесть сигм”. Ведущие корпорации мира уже использовали ее для повышения прибыли, прирост которой за последние десять лет составил более чем 100 млрд. долл. В некоторых корпорациях навыки применения “Шести сигм” стали обязательным условием для кандидатов, претендующих на управленческие должности.

Если вы каким-то образом связаны с компанией, включенной в список *Fortune 500*, — особенно если это производственная компания, — то, возможно, вы уже слышали о “Шести сигмах”. Не исключено, что вы даже проходили обучение этой методологии, участвовали в какой-нибудь корпоративной инициативе или в проекте улучшения. В таком случае вы, наш читатель, уже знакомы с широкими возможностями “Шести сигм” и были непосредственным свидетелем ее достижений.

Но если же, как и большинство людей, вы не причастны к верхним эшелонам крупного бизнеса, то “Шесть сигм” для вас еще практически неизведанная земля. До последнего времени данная методология была слишком дорогой и сложной для малых и среднего размера компаний, общественных, некоммерческих, образовательных организаций и даже для честолюбивых частных лиц. Ее потенциал оставался недостижимым для большинства профессионалов и организаций во всем мире.

Но сегодня все меняется. Методы и инструменты “Шести сигм” получили более широкое распространение, и их стало легче понять и использовать. Все тайны “Шести сигм” раскрыты.

Простому говоря, “Шесть сигм” позволяет применить структурный, научный подход к улучшению любого аспекта бизнеса, организации, процесса или отдельного человека. С ее помощью вы упорядоченно собираете и анализируете реальные данные и факты, а затем не путем догадок и предположений, а строго научно определяете лучшие возможные способы удовлетворения нужд как потребителей, так и своих собственных, причем с минимальными потерями ресурсов и максимальной прибылью.

## Об этой книге

Наша книга делает “Шесть сигм” доступной для всех желающих. Мы написали ее потому, что “Шесть сигм” применима буквально повсюду — не только в крупных замысловатых организованных корпорациях, но и в менее сложном и более узком мире профессиональной работы и личных достижений.

Мы написали эту книгу для каждого отдельного человека. Вы можете быть владельцем небольшого бизнеса, специалистом с масштабными карьерными амбициями, менеджером, желающим узнать, что же такое “Шесть сигм” и как ее применять, студентом или человеком, ищущим работу и желающим получить преимущество на собеседованиях. Кем бы вы ни были, эта книга попала вам в руки как нельзя более кстати.

*Шесть сигм для “чайников”* представляет собой гораздо больше, чем просто обзор методологии “Шесть сигм”. Это всестороннее, практичное описание ее методов и инструментов. В книге вы найдете:

- ✓ справочник, организованный по частям, главам и разделам, что существенно облегчит вам поиск нужной информации;
- ✓ всестороннее изложение теории по статистике “Шести сигм” и методологии улучшения;

- ✓ руководство по проведению инициативы “Шести сигм”, выбору проектов “Шести сигм” и управлению ими, использованию конкретных инструментов и аналитических процедур “Шести сигм”;
- ✓ пошаговые инструкции для фаз Определение–Измерение–Анализ–Улучшение–Контроль (ОИАУК) процесса “Шести сигм”;
- ✓ точное указание источников и организаций, к которым можно обратиться за дополнительной помощью, поскольку мир “Шести сигм” слишком велик, чтобы полностью уместиться на нескольких сотнях страниц даже такой всесторонней книги, как наша.

Конечно, “Шести сигм” — это строго научная, техническая и аналитическая методология, но мы очень постарались сделать ее понятной, для чего, не скупясь, снабдили книгу примерами, простыми объяснениями и изобразительными подсказками.

## Условные обозначения, используемые в этой книге

Когда в тексте впервые появляется новый термин, он выделяется курсивом и поясняется. Значения большинства терминов еще раз объясняются в Словаре.

Для терминов и фраз, которые практики отрасли употребляют в виде сокращений, сначала приводится развернутое определение, и лишь затем они используются в тексте в виде общепринятых сокращений.

Мы употребляем в нашей книге некоторые концепции и термины из области бизнес-управления и статистики. Если вы хотите углубиться в эти две темы, рекомендуем книги *Менеджмент для “чайников”* и *Статистика для “чайников”*.

## Кто вы, наш читатель?

Мы предполагаем, что вы уже слышали о “Шести сигмах” и очень хотите больше узнать об этой методологии. Мы даже догадываемся о причинах подобного желания.

- ✓ Вы подумываете о том, чтобы использовать “Шести сигм” в своем бизнесе, и поэтому вам нужно понять, во что вы намерены ввязаться.
- ✓ Ваша компания уже всю применяет “Шести сигм”, и вы хотите идти в ногу с этим процессом. Возможно, вы даже успели поучаствовать в нем как Чемпион, Черный пояс, Зеленый пояс или Желтый пояс.
- ✓ Вы верите, что “Шести сигм” действительно поможет вам лучше выполнять вашу работу и продвинуться по карьерной лестнице.
- ✓ Вы подумываете о смене карьеры или места работы, а для новых рабочих перспектив нужно знание “Шести сигм”.
- ✓ Вы пока еще грызете гранит науки в техническом или экономическом учебном заведении и понимаете, что через “Шести сигм” лежит путь к будущему профессиональному успеху.

Мы также предполагаем, что вы представляете себе, насколько строго научный и структурированный подход “Шести сигм” требуется для решения проблем; этот подход включает сбор данных и их статистический анализ с целью обнаружить истинные источни-

ки проблем, с которыми вы сталкиваетесь в области производства, оказания услуг, выполнения транзакций. По этой причине несколько глав нашей книги посвящены статистическому инструментарию “Шести сигм”.

## Как построена эта книга

Мы разбили книгу на четыре части. Каждая написана как самостоятельный раздел, что позволяет читателю при желании пропускать промежуточный материал и сразу углубляться в интересующую его тему. Но не стоит бояться упустить из виду что-нибудь важное: везде, где хотя бы вскользь упоминается другой материал, дается ссылка на его источник, поэтому всегда легко получить целостную картину.

В начале книги находится шпаргалка, содержащая в очень сжатом виде весь ключевой материал. А завершает книгу расширенный терминологический словарь.

### Часть I. Основы “Шести сигм”

В части I представлен обзор методологии “Шести сигм”, системы развертывания, ролей, обязанностей. В этой части рассматриваются ключевые принципы науки “Шести сигм” и ее прикладного применения. Так, глава 1 посвящена детальному обзору “Шести сигм”. Под ключевые принципы отведена глава 2. В главе 3 рассмотрены роли и фазы внедрения “Шести сигм”.

### Часть II. Понимание и реализация стратегии прорыва (ОИАУК)

Часть II содержит основной материал книги; именно здесь мы углубимся в детали применения “Шести сигм”, на протяжении семи глав подробно рассказывая об этой знаменитой методологии согласно методу ОИАУК. Глава 4 охватывает фазу идентификации проектов “Шести сигм”. Главы 5, 6 и 7 освещают фазу измерения. Тема главы 8 — анализ; в главе 9 мы займемся улучшением; контролю посвящена глава 10. Полностью изучив часть II, вы сможете самостоятельно и успешно реализовать проект “Шести сигм”.

### Часть III. Инструменты и технологии “Шести сигм”

В этой части приводится полный перечень инструментов, которыми пользуются практики “Шести сигм” (см. главу 11). А в главе 12 рассказывается о ее управленческих инструментах.

### Часть IV. Великолепные десятки

Сводный раздел, традиционный в серии книг *...для “чайников”*, который представляет собой собрание ключевых ориентиров. В главе 13 рассмотрены десять примеров лучшей практики “Шести сигм”. В главе 14 рассказывается о десяти ловушках, которых надо избегать. Десять дополнительных мест, куда можно обращаться за помощью, перечислены в главе 15.

## Пиктограммы, используемые в этой книге

По всей книге на полях размещены небольшие символы (пиктограммы). Они указывают на специальную информацию и помогут вам лучше понять и использовать изученный материал. Запомните, что они означают.



Ключевые положения, которые следует выучить и запомнить для успешного использования “Шести сигм”.



Пиктограмма призывает к бдительности; указывает на особый риск или ловушку, которые могут создать для вас проблемы.



Примеры реальных событий или истории о компаниях, применявших “Шесть сигм”.



Подробное техническое изложение или справка. Если вы не хотите углубляться в материал, смело пропускайте такие фрагменты.



Эту информацию нужно запомнить.

## Куда двигаться дальше

Прелесть любой книги из серии ...для “чайников” в том, что не обязательно читать ее от корки до корки, постранично осваивая материал. Каждая глава самостоятельна и самостоятельна, поэтому начинать можно с любой — с самой интересной для вас. Книгу *Шесть сигм для “чайников”* допустимо использовать как справочник, свободно перемещаясь между всеми ее частями и разделами.

Тем не менее мы предлагаем вам несколько рекомендаций относительно того, с чего лучше всего начать изучение нашей книги.

- ✓ Если вы совершенный новичок в “Шести сигмах”, то ваша стартовая позиция — глава 1.
- ✓ Вы уже слышали о “Поясах” и хотите понять, кто они такие? Тогда открывайте главу 3.
- ✓ Допустим, вам интересно, как запустить проект “Шесть сигм”; ответ вы найдете в главе 4. Об инструментах и технологиях прочтете в главе 11.
- ✓ Неравнодушны к математике и хотите ознакомиться со статистическими измерениями и анализом, которые используются в “Шести сигмах”? Вам к главе 5.
- ✓ Чтобы понять профессиональный язык и терминологию “Шести сигм”, начинайте книгу с конца, со Словаря.

## Ждем ваших отзывов!

Вы, читатель этой книги, и есть главный ее критик и комментатор. Мы ценим ваше мнение и хотим знать, что было сделано нами правильно, что можно было сделать лучше и что еще вы хотели бы увидеть изданным нами. Нам интересно услышать и любые другие замечания, которые вам хотелось бы высказать в наш адрес.

Мы ждем ваших комментариев и надеемся на них. Вы можете прислать нам бумажное или электронное письмо либо просто посетить наш Web-сервер и оставить свои замечания

там. Одним словом, любым удобным для вас способом дайте нам знать, нравится или нет вам эта книга, а также выскажите свое мнение о том, как сделать наши книги более интересными для вас.

Посылая письмо или сообщение, не забудьте указать название книги и ее авторов, а также ваш обратный адрес. Мы внимательно ознакомимся с вашим мнением и обязательно учтем его при отборе и подготовке к изданию последующих книг. Наши координаты:

E-mail: [info@williamsublishing.com](mailto:info@williamsublishing.com)

WWW: <http://www.williamsublishing.com>

Информация для писем:

из России: 115419, Москва, а/я 783

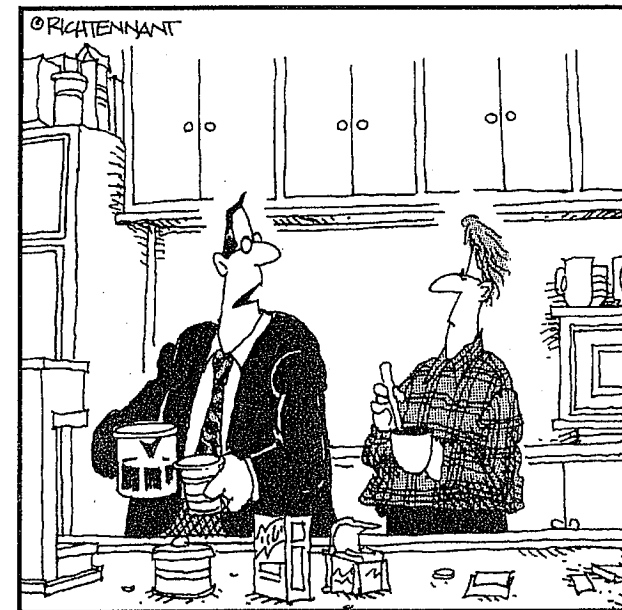
из Украины: 03150, Киев, а/я 152

# Часть I

## ОСНОВЫ “ШЕСТИ СИГМ”

The 5th Wave

Рич Теннант



“В нашей компании я — один из Черных поясов  
Шесть сигм, но некоторые из нас все еще  
носят подтяжки.”

## Глава 1

# Что такое “Шесть сигм”

*В этой главе...*

- ✓ Методология решения проблем
- ✓ Точный статистический термин
- ✓ “Шесть сигм” — не просто еще одна инициатива-однодневка
- ✓ Новая колоссальная бизнес-сила

**Н**е часто бывает, чтобы книга из серии ...для “чайников” начиналась с формального определения темы. В конце концов, в общих чертах мы все знаем, что собой представляют, допустим, садоводство, романтические отношения и даже тренировка марафонцев. Но что же такое “Шесть сигм”? С чем ее едят? Даже если вам удастся вспомнить, что сигма — это 18-я буква греческого алфавита, вы недоумеваете, почему таких греческих букв должно быть шесть. И куда, позвольте спросить, подевались предыдущие пять?

Сразу спешим успокоить читателей: ничего страшного, если вы вообще никогда не слышали выражения “Шесть сигм” или этот термин вам знаком, но вы не понимаете всех его аспектов. Дело в том, что “Шесть сигм” — некогда точный, узко определенный термин — со временем разросся и сегодня представляет целый ряд концепций.

- ✓ “Шесть сигм” — это методология решения проблем. Более того, смело утверждаем, что среди существующих методик подобного рода, позволяющих улучшить работу коммерческих и любых других организаций, эта — самая эффективная.
- ✓ *Работа на уровне “Шести сигм”* — статистический термин, которым обозначают процесс, в ходе которого на один миллион возможностей появления дефекта (или ошибки) их возникает всего 3,4.
- ✓ *Улучшение “Шести сигм”* имеет место, когда ключевые результаты бизнес-процесса или рабочего процесса улучшаются радикально, часто на 70% или больше.
- ✓ *Развертывание “Шести сигм”* — это директивное распространение данной методики по всей организации, внедрение предписанной практики, ролей и процедур согласно общепринятым стандартам.
- ✓ В *организации* методы и инструменты “Шести сигм” используются для улучшения работы, а именно: постоянно снижаются затраты, наращивается доход, повышаются удовлетворенность потребителей, производительность и производственные возможности, уменьшается сложность, сокращается время производственного цикла, минимизируется количество дефектов и ошибок.

### Без труда не вытаскишь и рыбку из пруда

“Шесть сигм” подойдет не каждой организации. Слабая духом или недисциплинированная эту методику не потянет. Ведь она (методика) интенсивна и строга, и вынуждает организацию поставить под сомнение всю свою деятельность. “Шесть сигм” направлена на амбициозные бизнес-цели и требует ответственности за их достижение. Она не позволяет

### *В этой части...*

“Шесть сигм” — это прикладная методика для улучшения работы коммерческих и любых других организаций. Но прежде чем ее использовать, полезно узнать, что она из себя представляет, как и откуда появилась, почему работает и кто ее применяет. Данная часть книги посвящена всем этим вопросам. Изучив часть I, вы поймете основы “Шести сигм”.



управленческой команде считать, что организации достаточно работать “хорошо” или “быть конкурентоспособной”; она вскрывает и выводит на свет божий все потери, которые иначе остались бы незамеченными акционерами и потребителями.

Будьте уверены, что “Шесть сигм” вытаскивает компанию из ее комфортной зоны, правда, на относительно короткий период. После первых достижений проекта и появления прибыли культурные перемены укореняются. Начальный дискомфорт, вызванный изменением бизнес-процессов, уступает место успеху, проблемы вдруг перестают казаться таковыми и становятся шансами для улучшения собственной работы, и организация уже с энтузиазмом начинает использовать “Шесть сигм” — более широко, но не забывая об отдаче.

“Шесть сигм” — это методика минимизации ошибок и максимизации ценности. Любая ошибка, совершенная организацией или человеком, в конечном счете имеет свою цену — в виде потерянного потребителя, необходимости переделать плохо выполненное задание, подлежащей замене детали, испорченного материала, потери времени или эффективности, недопустимо низкой производительности. Потери и ошибки обходятся многим компаниям в 20–30% доходов! Шокирующая цифра, не так ли? Только вообразите, что вы каждый раз, получая заработную плату, просто выбрасываете в мусор 20–30% своих денег. Нелепо? Но именно так поступают организации.

Каждая отдельная компания, организация или человек способны совершенствоваться, пусть даже они сами в это и не верят. Невозможно настолько идеально выполнять операцию, чтобы нельзя было хотя бы еще чуточку улучшить ее эффективность или уменьшить потери. По своей природе организации по мере роста становятся все более беспорядочными. Их процессы, технологии, системы и процедуры — вся “механика” бизнеса — обрастают узкими местами, когда работа накапливается в одном подразделении, в то время как другим нечего делать.

Работу часто выполняют неправильно, или же ее результат имеет определенные дефекты. Когда это происходит, мы переделываем сделанное, расходуя при этом на устранение проблемы дополнительные ресурсы. Переделываем либо сами, прежде чем доставить потребителю, либо по просьбе последнего, если его не устраивает бракованный товар или некачественная услуга.

Иногда недостатки и дефекты не являются проблемой, но изготовление и доставка товара или услуги требуют слишком много времени, и в этом смысле время — деньги. Представим себе, с какими проблемами столкнется ипотечная компания, если она идеально оформляет кредиты на приобретение жилья, но делает это впятеро медленнее конкурентов. В таком случае речь идет уже не о проблемах, а о полной катастрофе.



Некогда “Шесть сигм” была методологией повышения качества, но теперь стала универсальным подходом для минимизации ошибок и максимизации ценности: сколько товаров вы способны произвести, сколько услуг предоставить, сколько операций выполнить с ожидаемым уровнем качества в минимально возможное время и с минимально возможными затратами?

“Шесть сигм” требует от вас определенных усилий и дисциплины, к тому же вам придется пережить трудности перемен. Но очень скоро сложности закончатся, а в награду вы получите лучшую работу своей организации, более удовлетворенных потребителей, меньшие издержки и больший успех.

## Управленческий уровень

Хотя “Шесть сигм” имеет несколько определений, реализуется данная методология на двух отдельных уровнях: управленческом и техническом. Как и в случае любой другой организационной инициативы, при реализации “Шести сигм” на управленческом уровне приходится коор-

динировать много подразделений, людей, технологий, проектов, графиков, деталей и управлять ими. Также необходимо разработать множество планов, предпринять ряд действий и выполнить специальную работу. Чтобы согласовать все перечисленное и чтобы технические элементы “Шести сигм” были эффективны, нужна правильная управленческая ориентация.

### Путь “Шести сигм”: от хорошего к великому

В своем бизнес-бестселлере “От хорошего к великому” Джим Коллинз приводит результаты исследования компаний, которые, кардинально улучшив свою работу, совершили заметный прорыв, о чем свидетельствует повышение их рыночной цены. Автор вознамерился разгадать секрет и вскрыть их черный ящик под названием “как мы стали великими”, благодаря которому они превысили показатели средней компании на своем рынке втрое, всемо и даже в 18 раз.

Эмпирические исследования Коллинза привели его к ряду интересных выводов. Величие компаний не зависит от харизматичности лидеров, высокой оплаты руководителей, беспощадной конкуренции стратегий, передовых технологий, слияний и поглощений или крупных перемен. Со временем выясняется, что все перечисленное — всего лишь коллективные “костыли”, на которые опирается организация, чтобы выглядеть сильной, но эти “костыли” на самом деле не делают ее превосходной.

В таком случае что же делает компанию таковой? Согласно Коллинзу, вот что: дисциплинированные служащие, дисциплинированное мышление и дисциплинированные действия в течение продолжительного времени. “Взять правильных людей на борт”, как выразился Коллинз, создать “дисциплину для противодействия самым сложным фактам современной действительности” как в мышлении, так и в действиях, — это и есть рецепт превосходства.

Проще говоря, философия “от хорошего к превосходному” означает, что правильные люди применяют правильные принципы лучшим возможным способом. Интересно, что и “Шесть сигм” предназначена для того же: выбрать правильных людей, которые будут систематически улучшать работу организации предписанным, дисциплинированным, измеримым и воспроизводимым образом.

## Радикальный корпоративный успех



Компании, взявшие на вооружение “Шесть сигм”, добиваются поразительных успехов в бизнесе.

- ✓ Приблизительно за пять лет *General Electric* получила благодаря “Шести сигмам” прибыль в размере 7–10 млрд. долл.
- ✓ *DuPont* в течение двух лет с начала реализации программы “Шесть сигм” увеличила прибыль на миллиард долларов, а за четыре года эта цифра достигла 2,4 млрд. долл.
- ✓ *Bank of America* за три года после запуска “Шести сигм” сэкономил сотни миллионов долларов, урезал время производственного цикла более чем наполовину и на порядок уменьшил количество рабочих ошибок.
- ✓ *Honeywell* достигла рекордной операционной прибыли и сэкономила более чем два миллиарда долларов за счет уменьшения прямых затрат.
- ✓ *Motorola*, компания, положившая начало истории “Шести сигм”, за четыре года сэкономила 2,2 млрд. долл.

“Шесть сигм” помогает организациям добиться прорыва, а не просто частичного улучшения. Когда вам нужен квантовый скачок в работе, причем немедленно, выбирайте “Шесть сигм”. Коротко говоря, “Шесть сигм” — это вмешательство, позволяющее кардинально повысить стоимость для ваших потребителей и для самой компании.

## Мост между наукой и лидерством

С управленческой точки зрения “Шесть сигм” позволяет добиться максимальной предсказуемости и подконтрольности бизнеса или бизнес-процесса; это результат применения научных методов к лидерству.

В начале XX века Генри Форд применил научные принципы к производству автомобилей; по этому пути в то время пошли и другие промышленники. Разработав стандартные процессы, оптимизировав их и сделав повторяемыми, Форд и представители разных отраслей наладили массовое производство. Товары одной партии мало различались между собой, а для их массового производства уже не требовались рабочие с глубоким образованием и отточенным годами практики мастерством. Машины, технические приемы, стандартные процессы и специализация труда привели к взрыву массового производства и породили общество потребления. Теперь наука диктовала, как все детали, материалы, машины и люди на конвейере должны взаимодействовать между собой, чтобы на выходе с максимально возможной скоростью и с минимально возможными затратами получать разнообразные товары.



Говоря с позиции управления, концепция “Шести сигм” нацелена на внедрение в производственные процессы успешной организации контроля, предсказуемости и стабильности результатов, чтобы товары, сошедшие с производственной линии, соответствовали замыслу конструкторов и оправдывали ожидания как производителей, так и потребителей.

Приведем еще один пример. Разве люди в Соединенных Штатах когда-нибудь серьезно беспокоятся по поводу качества или наличия воды в своих домах? Что она будет подозрительного цвета или загрязнена либо однажды просто вообще не польется из крана? Конечно, существуют правовые требования к содержанию в питьевой воде мышьяка и других загрязняющих веществ, но в целом в США население не слишком озабочено этими проблемами. Вода в американских домах всегда достаточно чистая и безопасная для питья. А причина спокойствия американцев в том, что у них в стране существуют надежные водоочистительные системы, на которых вода проходит необходимую обработку, прежде чем польется из кухонного крана. И еще существуют насосные станции, чтобы вода всегда была в тот момент, когда она потребуется человеку. Это же делает и “Шесть сигм”: она организует процессы в бизнесе таким образом, чтобы мы уверенно получали надежные и ожидаемые результаты. Благодаря “Шести сигмам” не нужно постоянно беспокоиться о том, каков будет фактический результат наших бизнес-процессов. Нам не нужно жить в страхе по поводу того, оправдает ли наша организация ожидания.



Не думайте, что “Шесть сигм” работает только в производственных компаниях, хотя впервые ее использовали именно в них. Многие сервисные и операционные компании (такие как банки и больницы) тоже неоднократно и с большим успехом внедрили у себя “Шесть сигм”. А все благодаря тому, что данная методология кардинально улучшает работу любого процесса, независимо от сферы его применения — будь то в химической или нефтяной промышленности, сервисной отрасли или индустрии развлечений, в общем, где угодно. Любая организация, независимо от ее размера или сферы деятельности, выиграет, если определит и оптимизирует свои процессы.

## Ориентация управленческой системы

Методику “Шесть сигм” особенно ценят менеджеры, поскольку она обеспечивает им реальные управленческие результаты.

### Выгодное предложение и рентабельность инвестиций

По своей природе система “Шесть сигм” направлена на достижение высокой рентабельности инвестиций. Каждый проект “Шесть сигм” способен улучшить отдельную характеристику компании на 70% и даже больше, повысить операционную прибыль и потребительную стоимость товаров и услуг. Инициативы и проекты “Шесть сигм” приносят фирме прямые и измеримые финансовые результаты.

### Высшие обязательства и отчетность

Инициатива “Шесть сигм” начинается сверху. Лидеры и руководители организации должны внедрять и использовать ее. Для этого надо задать целевые показатели и разработать тактические планы их достижения. Члены управленческой команды берут на себя личную ответственность за достижение поставленных целей улучшения работы организации и бизнес-единиц.

### Ориентация на потребителей

“Шесть сигм” с помощью инструментов *голоса потребителя (ГП)* адаптирует бизнес-процессы под нужды последнего. Невозможно улучшить операции, процессы или весь бизнес без четкого представления, какие у организации потребители, что им нужно, чего они хотят и за что готовы платить. Менеджеры “Шести сигм” глубоко познают нужды и запросы своих потребителей, что позволяет сделать компанию сильнее и рентабельнее.

### Смежные бизнес-показатели

Однако “Шесть сигм” отличается от других способов улучшения работы организации. И один из отличительных факторов — постоянное внимание к финансовым и измеримым операционным улучшениям. Чтобы обеспечить такое внимание, управленческая система “Шесть сигм” должна включать показатели работы, которые легко доступны и видны для каждого, чьи действия (рядовых работников) или решения (менеджеров) определяют уровень деятельности и операционное качество.

### Процессная ориентация

“Шесть сигм” улучшает любые бизнес- или рабочие процессы. Весь процесс создания стоимости в коммерческой организации заключен в схеме “Входные факторы (материалы и другое) — Действия — Выходные факторы”. “Шесть сигм” направлена на разработку, характеристику, оптимизацию и утверждение процессов.

### Проектная ориентация

Хотя процессная ориентация создает “дорожную карту”, по которой работает организация, проекты “Шесть сигм” служат механизмом характеристики и оптимизации процессов и систем. С управленческой точки зрения лидерство заключается в постоянном поиске возможностей для оптимизационных проектов “Шесть сигм”, чтобы затем назначить практиков “Шести сигм” (Мастера Черных поясов, Черные пояса, Зеленые пояса, Желтые пояса) для их реализации. Подробно о том, как выбирать проекты “Шесть сигм”, будет рассказано в главе 4; о реализации проектов — в главах 5–10; об управлении проектами с помощью специальных инструментов — в главе 12.

## Необходимые инструменты и технологии

Чтобы управлять инициативой “Шесть сигм”, охватывающей всю организацию или существенную ее часть, необходимо умение одновременно управлять несколькими проектами, процессами, анализами, базами данных, учебной деятельностью и персоналом. Для этого используются несколько классов инструментов и технологий.

- ✓ Инструменты для разработки, моделирования, оптимизации процессов и управления ими.
- ✓ Инструменты для широкомасштабного руководства множественными проектами, охватывающими несколько подразделений организации.
- ✓ Инструменты для сбора данных, выполнения аналитических расчетов, решения рабочих проблем.
- ✓ Инструменты и технологии для профессионального обучения, передачи знаний и управления ими.

В главах 11 и 12 будут всесторонне рассмотрены многие инструменты и технологии “Шесть сигм”.

### Экскурс в историю

Методику “Шесть сигм” впервые сформулировали в середине 1980-х годов в компании *Motorola*. Для этого объединили новые теории и идеи с основными принципами и статистическими методами, уже существовавшими в области повышения качества на протяжении десятилетий. Эти строительные блоки, усиленные деловыми и лидерскими принципами, и послужили основой законченной управленческой системы. Как результат — ошеломляющее повышение качества нескольких товаров *Motorola*. А в 1988 году компания стала первым лауреатом новосозданной Национальной премии Малкольма Болдриджа за качество.

Успех компании *Motorola* вызвал всеобщий интерес. Тогдашний ее президент Роберт Гэлвин решил раскрыть секрет победы, т.е. обнародовать методологию “Шесть сигм”. И к середине 1990-х годов такие корпорации, как *Texas Instruments*, *Asea Brown Boveri*, *Allied Signal* и *General Electric*, начали собирать подобные награды. К 2000 году многие ведущие корпорации мира уже внедрили у себя “Шесть сигм”, а к 2003 году суммарная экономия за счет использования данной методологии превысила 100 млрд. долл.

“Шесть сигм” стала глобальным стандартом качественной бизнес-практики; прогрессивную концепцию приняло на вооружение Американское общество качества. Ее преподают университеты по всему миру. Десятки консультационных фирм и компаний-производителей программного обеспечения разработали и предложили рынку специальные программные продукты и инструменты. К концу 2004 года из печати вышло более 200 книг, посвященных методике “Шесть сигм”, а поисковая интернет-программа Google при введении запроса Six Sigma (т.е. “Шесть сигм”) выдает 2 320 000 ссылок.

### Инфраструктура перемен

Для внедрения и использования управленческой системы “Шесть сигм” требуется определенная инфраструктура — базовый набор механизмов и структур, позволяющих разрабатывать оптимизационные стратегии, реализовывать проекты и совершенствовать процессы. Останемся на ключевых элементах эффективной инфраструктуры “Шесть сигм”.

- ✓ Полностью документированная лидерская система “Шесть сигм”, стратегический фокус, конфигурация бизнес-целей, планы расширения, графики реализации, методика мониторинга деятельности и отчетности.

- ✓ Стратегия, методология и система обучения и подготовки руководителей, менеджеров, Чемпионов, Черных поясов, Зеленых поясов, Желтых поясов, финансовых аудиторов, собственников процессов и других лиц, участвующих в инициативе “Шесть сигм”. Все рабочие роли “Шести сигм” мы определим и опишем в главе 3.
- ✓ Модели компетенции персонала, компенсационные планы, указания по отбору участников и лидеров “Шести сигм”, описание должностей и ролей, отношения подотчетности, политика и планы карьерного роста.
- ✓ Указания по определению критериев проектной экономики, согласованию учетных категорий с целями и показателями “Шести сигм”, прогнозированию проектной экономики, проверке и оценке рентабельности инвестиций проекта и отчетности о ней.
- ✓ Жесткие критерии для отбора проектов, назначение категорий проекта, формулировка его проблем, постановка целевых значений экономики и рентабельности инвестиций проекта, утверждение отобранных проектов, управление их полной реализацией. Подробнее об управлении проектами будет рассказано в главе 4.
- ✓ Построенные на информационных технологиях структуры, процедуры, экраны отображения наиболее важной управленческой информации (“приборные панели”), инструменты и системы для разработки процессов и управления ими, мониторинга хода проекта и инициативы, отчета о результатах, хранения информации и данных, исполнения аналитических функций. Все это будет подробно рассмотрено в главах 11 и 12.
- ✓ Стратегия последовательного распространения инициативы “Шесть сигм” по предприятию, Интернет или интранет-сайт для общего пользования и хранения базы знаний, содержащий важную информацию, мотивационный контент, сообщения о лучших достижениях, образовательный материал, контактную информацию и т.д.
- ✓ Процесс управленческого обзора для оценки эффективности “Шести сигм” сверху донизу по иерархической структуре организации.
  - На верхнем уровне внимание уделяется общему процессу, проектам и результатам бизнес-единиц.
  - На среднем уровне в фокус внимания попадают процессы и результаты операционных единиц, реализующих несколько проектов “Шесть сигм”.
  - На нижних уровнях управленческий обзор охватывает индивидуальные проекты — их исполнение и достижение намеченных целей по улучшению процессов и финансовых результатов.

### Полное изменение культуры

Инициатива “Шесть сигм” часто начинается с предложения, исходящего от внешних консультантов, методов, инструментов и обучения, которые впоследствии органически усваиваются во всей организации. Конечная цель — добиться, чтобы каждый сотрудник компании умел понимать запросы потребителей, собирать данные, схематически изображать процессы, измерять показатели работы, выявлять рыночные угрозы и шансы, анализировать входные и выходные факторы, а также постоянно улучшать работу организации. Об изменении культуры мы подробно поговорим в главе 3.

### Технический уровень

Работа на уровне шесть сигм — это статистический термин, обозначающий процесс, в ходе которого на один миллион возможностей появления дефекта возникает всего 3,4 дефекта (или ошибки). Как отдельный термин *работа на уровне шесть сигм* представляет

целостную методику, изобилующую данными, а также инструментами и вспомогательными технологиями измерений, анализа, улучшения и контроля. В настоящем разделе мы рассмотрим техническую сторону инициативы “Шесть сигм”.

### Качество и класс

*Качество и класс* — разные понятия. Товар может быть низкого класса, но высокого качества, как, к примеру, бензин с октановым числом 87, который уступает в классе бензину с октановым числом 91. Однако если первый произведен без нарушения технологии и отвечает всем технологическим требованиям, он является качественным товаром; пусть даже и более низкого класса. И только если некая партия 87-октанового бензина не соответствует обязательным технологическим требованиям, ее признают низкокачественной или бракованной.

Значит, качество — понятие относительное и зависит от назначения объекта. Качественная стрижка за 12 долл. отличается от качественной стрижки за 30 долл. Покупатель качественного автомобиля эконом-класса знает, что его машина отличается от качественного автомобиля представительского класса. “Дисконтный” онлайн-биржевой брокер может предоставить клиенту даже более качественное обслуживание, чем универсальный брокер, если оценивать эти услуги с учетом того, чего клиенты ждут от каждого из них.

## Качество товара, услуги, операции

Техническая цель “Шести сигм” — обеспечить высокое качество и надежность товаров, услуг и операций, т.е. источника жизненной силы всех компаний и организаций. Все организации любого типа — банки, государственные учреждения, больницы, автомойки, производители игрушек, заводы по производству полупроводников, фирмы по оказанию профессиональных услуг — предлагают потребителям товары, услуги, операции или их комбинацию.

Например, большинство автопроизводителей делают гораздо больше, чем просто производят автомобили. Через свои дилерские магазины они также предлагают услуги, такие как текущее техническое обслуживание и гарантийный ремонт. А через пункты финансового обслуживания выдают кредиты на приобретение машины и принимают платежи по ним, т.е. осуществляют операционную коммерческую деятельность.

Техническая цель “Шести сигм” заключается в том, чтобы предоставить товары и услуги максимально возможного качества и наиболее эффективно и экономно. Для этого задают целевые показатели для каждого компонента системы и для каждой важной характеристики отдельного взятого компонента. Например, автомобильная ось (компонент) должна быть определенных формы, размеров и функциональности и соответствовать другим составляющим машины.

### Достижение целевых значений

В “Шесть сигм” важные характеристики обозначают сокращением КрД (СТХ)<sup>1</sup>, которое означает “критично для”; следующая после этих двух букв третья буква указывает, для чего конкретно критична данная характеристика, например для качества, себестоимости, времени, удовлетворенности потребителей и т.д. Допустим, если определенная характеристика критична для качества, то ее обозначают КрДК (СТQ — *critical-to-quality*). Целевые значения для любой КрД графически изображают показанным на рис. 1.1 образом.

<sup>1</sup> Здесь и далее мы при первом появлении в тексте символов и сокращений, а также при необходимости будем в скобках указывать их английские аналоги, поскольку большинство литературы по Шести сигма написано на английском, и в некоторых русскоязычных работах тоже используются английские символы и сокращения. — *Примеч. ред.*

На шкале в определенных единицах измерения, таких как единицы времени, длины, размера и т.д., отражаются измеренные значения КрД. А цель “Шесть сигм” — как можно больше и как можно чаще приближаться к целевому значению. Например, для производителя автомобильных осей критично делать все оси для автомобиля определенной марки одной длины. Такая стабильность нужна потребителям, а предсказуемость — самой компании.

### Реальность вариации

Но что происходит на самом деле? В реальном мире невозможно постоянно добиваться идеального целевого значения, каким бы квалифицированным или старательным ни был производитель. Можно максимально приблизиться к целевому значению, но какое-то отклонение всегда останется.

Иными словами, каждый отдельный экземпляр товара, сошедший с производственной линии, чем-то отличается от других. К примеру, детали одной партии никогда не будут одной толщины. Время, которое фирма затрачивает на определенную бизнес-операцию, каждый раз разное.

В мире изготовления товаров, оказания услуг и выполнения операций всегда существует распределение фактических значений вокруг целевого. В норме распределение принимает форму, показанную на рис. 1.2. Эта знаменитая форма так и называется — *нормальное распределение*; она также известна как *колоколообразная кривая*, или *кривая Гаусса*.

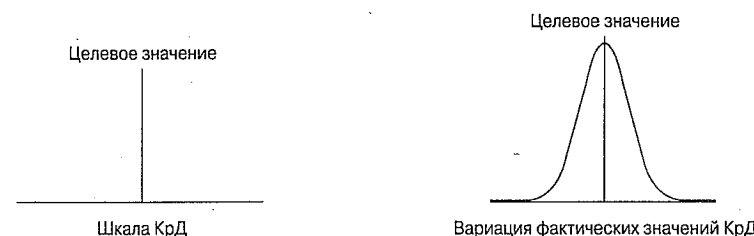


Рис. 1.1. Целевые значения любой КрД

Рис. 1.2. Вариация фактических значений вокруг целевого

Обратите внимание на форму нормального распределения. Оно симметрично относительно центральной вертикальной линии; площадь под левой половиной кривой точно равна площади под правой половиной. В методологии “Шесть сигм” с нормальным распределением мы сталкиваемся на каждом шагу, поскольку оно постоянно обнаруживается в самых разнообразных природных явлениях.

### Технические характеристики знают свое место — но только свое

Генри Форд знал о вариации почти 100 лет назад, когда начал массово производить автомобили знаменитой “Модели Т” (или, как ее прозвали в народе, “Жестяную Лиззи”). Вариация присутствует всегда, и значения всех КрД многочисленных деталей автомобиля тоже колеблются. Как поступил в этой ситуации Генри Форд? Как он справился с досадным явлением вариации?

Он и другие промышленники тех дней внедрили в своих компаниях технические характеристики и стандарты. Признавая, что детали будут различаться между собой на уровне компонентных характеристик, Форд устанавливал предельные значения, в которых допускается работать. Так он одновременно решил две задачи: принял неизбежность отклонений, но не позволил им приводить к производственному браку и финансовым убыткам.

На рис. 1.3 показано нормальное распределение фактических значений характеристики КрД, а также ее допустимые верхний и нижний пределы, названные пределами специфици-

кации. При таком определении характеристики появляется возможность измерять качество. Теперь можно установить приемлемую для потребителей и компании величину вариации. Задав пределы спецификации различных компонентных характеристик, мы получаем параметры для определения, измерения, анализа, повышения и контроля качества.

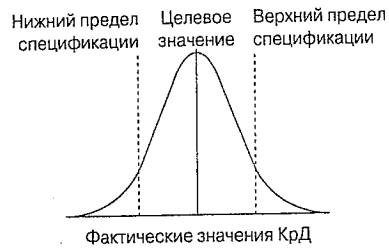


Рис. 1.3. Вариация фактических значений характеристики вокруг целевого значения

Приведем примеры. Ипотечная компания ставит себе целью рефинансировать займы не позднее чем через две недели с момента приема заявки. Фирма по борьбе с грызунами стремится к тому, чтобы прибывать к клиенту в назначенное время, но не более чем с 30-минутным опозданием. Компания по производству офисной мебели решает для себя: чтобы оставаться конкурентоспособной, она не должна допускать более двух бракованных изделий на каждую сотню изготовленных.

Рассмотрим случаи из практики.

- ✓ Инженер на тепловозостроительном заводе конструирует ось. Он знает, что в конструкции локомотива оптимально работала бы ось диаметром 84,46 миллиметра. Понимая, что тысячи осей будут все равно немного отличаться друг от друга по диаметру, конструктор указывает не точное его значение, а пределы, в которые оно должно попадать: 84,475 мм (верхний предел) и 84,445 мм (нижний). По мнению конструктора, оси, которые попадают в эти пределы, сделаны с приемлемой точностью, поскольку достаточно близки к оптимальному (целевому) значению.
- ✓ Менеджер пиццерии просит своих служащих добавлять в каждую большую пиццу от 200 до 250 граммов сыра. Его целевое значение — 225 г; менеджер знает, что потребители останутся недовольны, если в пицце будет слишком мало (меньше 200 г) или слишком много (больше 250 г) сыра.

Качество определяют как *соответствие стандартам или спецификациям*. Если работать или производить нечто в пределах спецификации, получаем качество. Выход за пределы приводит к браку.

Однако можно дать еще более точное определение: стараться максимально приблизиться к целевому значению с минимально возможной вариацией. Хотя заданные пределы спецификации важны и необходимы, все равно нужно стремиться именно к целевому значению и как можно меньшей вариации, потому что последняя ведет к дефектам и ошибкам и, соответственно, к низкому качеству, неудовлетворенности потребителей и финансовым потерям компании.

## Переход от единицы к множеству

В предыдущем разделе мы определили качество как стремление к целевому значению при минимально возможной вариации — для одной характеристики или для одного компонента. Теперь поговорим о качестве товара, услуги или операции в целом.

Рассмотрим компанию, которая вынуждена обеспечивать очень высокое качество отдельных характеристик и компонентов, потому что многие из них, чтобы получился законченный продукт, должны подходить друг другу и работать совместно. Например, у среднего автомобиля около 10 тыс. отдельных характеристик, влияющих на качество, или КрД. Очень сложно заставить все это работать слаженно. Сколько машин производит автомобильная компания? Сколько бумаг приходится обрабатывать каждый день? Сколько заказывать и покупать материалов и комплектующих? Сотни миллионов, миллиарды штук.



Поиграем в кости. Допустим, вы бросаете одну кость, и каждый раз, когда выпадает единица, это считается *дефектом*. Поскольку игральная кость имеет шесть сторон, то у вас один шанс из шести (17%), что выпадет дефект, или пять шансов из шести (83%) добиться успеха. А теперь бросим две кости одновременно. Теперь шанс успеха — отсутствия дефектов — всего 69%. (Как рассчитывать шансы, или вероятность, мы рассмотрим в главе 6.) При игре тремя костями шанс отсутствия дефектов еще меньше, а именно 58%. Что произойдет, если одновременно бросать 20, 50 или 100 костей? В последнем случае (100 костей) у нас почти наверняка выпадет дефект. (При игре сотней костей мы имеем менее одного шанса из 82 миллионов (!), что ни на одной из костей не выпадет единица.)

В «Шесть сигм» концепция такого составного риска дефекта называется *сквозной производительностью (СП (RTY))*; математически мы объясним ее в главе 6. На практике сквозная производительность означает, что при желании получить высоко успешные или бездефектные конечные товары, услуги и операции мы должны обеспечить чрезвычайно высокую вероятность успеха для каждой отдельной компонентной характеристики.

### Выводим на свет подпольную фабрику

В действительности лишь очень немногие компании способны добиться уровня шести сигм (меньше 3,4 дефекта на миллион возможностей) или даже пять сигм (меньше 233 дефектов на миллион возможностей) в своих конечных продуктах, потому что слишком много критичных процессов, рабочих операций, машин, людей и материалов должны взаимодействовать между собой в течение длительного времени, образуя причинно-следственную цепочку.

Приведем пример. Основную химическую смесь, в которую добавляют катализатор, смешивает рабочая машина, контролируемая по измерительным приборам; ее обслуживает Джон, качество конечного продукта инспектирует Салли; пакуют конечный продукт роботы; а хранят его на складе и отправляют потребителю через службу экспресс-доставки FedEx — вся эта цепочка, чтобы система надежно выдавала ожидаемый конечный результат, должна работать синхронно в определенных пределах вариации. А еще учтем, что, прежде всего, эта целая система, включая сам продукт, была создана командой инженеров, которые, увы, ошибаются.

Если в ходе любой из этих многочисленных операций происходит сбой или они не дают ожидаемых результатов, то риск и ошибка распространяются по всей системе. Сама система — это «питательная среда» для риска и ошибок, потому что причины проблем, возникающих в одном месте и в одно время, кроются в других местах и в другое время, и без соответствующих методологий, оборудования и персонала обнаружить причинно-следственную связь очень сложно.

Среди практиков “Шести сигм” деятельность по поиску и устранению результатов распространяющейся ошибки известна как *подпольная фабрика*, или *скрытая деятельность*. Можно почти видеть, как вращаются шестерни этой машины, как запускаются переделки и переработки, как часы и дни рабочего времени множества людей тратятся на непрерывное исправление ошибок. Каждый раз, когда приходится устранять ошибку или, выполняя гарантийные обязательства, реагировать на жалобы потребителей, компания проделывает лишнюю работу. И если вы принимаете такое положение вещей как неизбежную данность (“что поделаешь, такова жизнь”), то мысленно укрываете всю эту подпольную деятельность от яркого света возможных улучшений.

Такая подпольная фабрика работает во всех организациях. Она устраняет проблемы, исправляет ошибки и всяческими иными способами тратит время и деньги — два самых драгоценных ресурса компании. “Шесть сигм” разрушает эту фабрику, тем самым возвращая драгоценные время и деньги в бизнес.

## Вариации варьируют

Не только люди отличаются изменчивым поведением. Машины тоже ведут себя по-разному. Варьируют входные и выходные факторы процессов, варьируют отдельные характеристики, из-за чего варьируют и конечные продукты.

Вариацию можно увидеть воочию. Можно составить график поведения людей, процессов, товаров и систем. А затем одного взгляда на это изображение будет достаточно, чтобы убедиться в существовании распределения фактических значений любой измеримой характеристики.

Более того, можно вычертить график поведения сегодня, а затем через неделю, и сравнить два изображения, увидеть разницу. Сравнение одиночного изображения с накопленной за период времени вариацией позволяет увидеть, как отличается краткосрочное поведение от долгосрочного. На рис. 1.4 показаны два распределения вероятности для некоторой критичной характеристики: краткосрочная вариация (сплошная линия) и долгосрочная (пунктирная). Как видим, в долгосрочной перспективе вариация поведения характеристики расширяется.

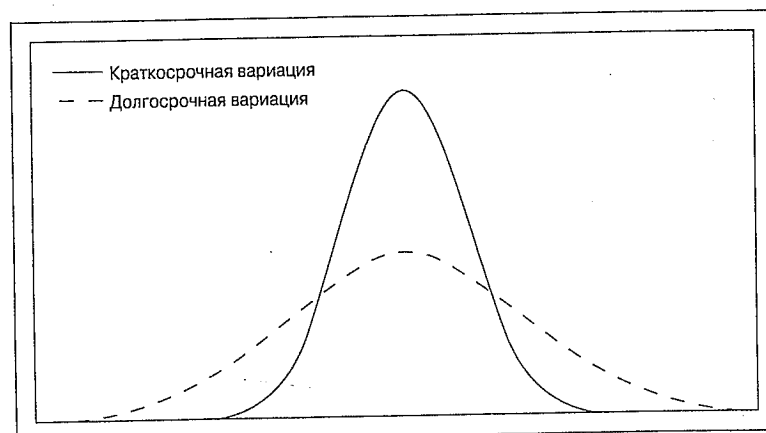


Рис. 1.4. Краткосрочная и долгосрочная вариации



Так происходит повсеместно. Разберемся, в чем здесь дело. Вероятность дефекта в течение короткого периода не объясняет определенных изменений, происходящих за длительный период. В качестве примеров рассмотрим различия между разными партиями поступающего материала, влияние сезонных вариаций скорости дорожного движения на время доставки автотранспортом, различия между служащими в рабочем стиле и привычках. Допустим, Джо — отличный оператор установки, но он ведь не может работать 24 часа в сутки. А его сменщик, Джим, работает несколько по-другому. У каждого собственная рабочая вариация, а комбинированная вариация расширяет диапазон.

В случае краткосрочной вариации не существует какого-то одного, одинакового для любых распределений, короткого периода времени. Так, период времени краткосрочной вариации для ресторананого блюда отличается от периода времени для доставки электроэнергии от электростанции до вашего дома. В главе 5 мы детальнее рассмотрим данный вопрос и его значение для практика “Шести сигм”.

## Почему шесть и почему сигм (Получаем целостную картину)

В двух предыдущих разделах мы рассмотрели два интересных явления. Первое — это фактические значения сотен, а часто и тысяч отдельных характеристик товара, услуги, операции, процесса или системы. Второе: какого бы высокого уровня работы вы ни достигли за короткий период, за более длительный период этот уровень уменьшится. Термин “шесть сигм” произошел от статистических основ методик решения двух проблем: вариации характеристики и естественного повышения вариации каждой характеристики за длительный период.

Шкала сигм служит универсальным способом сравнения фактических значений критичной характеристики с требуемыми. Чем выше значение сигм, тем ближе характеристика к оптимальному значению. Например, если определенная критичная характеристика дефектна 31% времени, мы даем ей оценку две сигмы. Но если она успешна в 93,3% случаев, мы оцениваем ее как три сигмы. В табл. 1.1 приведена шкала сигм.

Таблица 1.1. Шкала сигм

Сигма	Процент дефектов	Количество дефектов на миллион
1	69%	691 462
2	31%	308 538
3	6,7%	66 807
4	0,62%	6210
5	0,023%	233
6	0,00034%	3,4
7	0,0000019%	0,019

Если характеристика работает на уровне три сигмы, это означает, что 6,7% времени вариация ее фактических значений превышает допустимые пределы. Процессом может быть все что угодно — выписка счетов, на которую уходит больше времени, чем установленный компанией лимит; ковка болтов, которая длится дольше, чем требуется заказчику. Если критичная характеристика, независимо от ее вида, работает на уровне три сигмы, она дефектна 6,7% времени, или 66 807 раз на миллион. В главе 6 мы подробнее расскажем о том, как создается шкала сигм и почему она вообще так названа.

Создатели “Шести сигм” обнаружили, что, когда они добивались работы каждой критичной характеристики в системе — т.е. в товаре, услуге, операции — на уровне шести сигм (при



этом риск неточной работы отдельной характеристики достаточно мал: 0,00034%, или 3,4 дефекта на миллион возможностей), то даже после сборки всех частей воедино общая система все равно функционировала на исключительно хорошем уровне. И даже несмотря на то что из-за проявления эффектов долгосрочной вариации (или просто долгосрочных эффектов) в каждой отдельной характеристике уровень общей системы неизбежно снижается, он все равно остается достаточно высоким. Такие компании теперь получили способ совершенно по-новому конкурировать на глобальном рынке. Вот почему волшебным числом стало именно шесть.

Но, возможно, хватило бы и пяти сигм? Хороший вопрос. Оказалось, что сложные продукты, на которых впервые и опробовали сигма-метод, имеют слишком много совместно работающих характеристик, на которых достаточно сильно сказываются долгосрочные эффекты, поэтому перекрыть все совокупные дефекты способен только уровень шесть сигм. Четырех или пяти сигм оказалось недостаточно для компенсации двух названных ограничений.

Правда, операционным и сервисным компаниям, в настоящее время тоже берущим на вооружение методику “Шесть сигм”, жить немного легче: их системы и деловая среда менее сложны, т.е. вместе функционирует меньше критичных характеристик. Поэтому таким компаниям не обязательно добиваться, чтобы каждая их критичная характеристика работала на уровне “Шесть сигм”. В таких случаях действительно может быть достаточно пяти или даже всего четырех сигм.

Однако громкий начальный успех методик “Шесть сигм” закрепил именно это название. И сегодня почти все компании, независимо от размера или сложности, признают преимущества стремления именно к уровню шести сигм. Даже если этой блистающей вершины им никогда не достичь, сам процесс стремления к ней порождает кардинальные прогрессивные перемены.

Впрочем, существует достаточно много примеров компаний, добившихся уровня шести сигм в своих конечных товарах, услугах и операциях — особенно когда речь идет о безопасности или сохранении жизни человека. Так, знаете ли вы, что при путешествии авиатранспортом у пассажира приблизительно в две тысячи раз больше шансов благополучно достичь места назначения, чем у его багажа? Объясняется это следующим: такая характеристика авиакомпаний, как “безопасность пассажиров”, имеет уровень выше шести сигм, тогда как характеристика “надежность доставки багажа” — всего четыре сигмы.

В табл. 1.2 приведены примеры достаточно хорошей и очень хорошей работы (на уровне “Шесть сигм”).

**Таблица 1.2. Насколько хорош хороший уровень?**

Хорошо на 99% (3,8 сигмы)	Хорошо на 99,99966% (Шесть сигм)
20 000 потерянных почтовых отправлений за один час	Семь потерянных почтовых отправлений за один час
Почти 15 минут в день из водопровода поступает небезопасная питьевая вода	Только одну минуту каждые семь месяцев из водопровода поступает небезопасная питьевая вода
5000 неточных хирургических операций в неделю	1,7 неточных хирургических операций в неделю
Два недолета или перелета в крупных аэропортах каждый день	Один недолет или перелет в крупных аэропортах каждые пять лет
200 000 случаев неправильной выписки лекарства в год	68 случаев неправильной выписки лекарства в год
Отсутствие электричества в течение семи часов каждый месяц	Отсутствие электричества в течение одного часа каждые 34 года
Ошибочная торговля 11,8 млн. акций на Нью-Йоркской фондовой бирже каждый день	Ошибочная торговля 4021 акцией на Нью-Йоркской фондовой бирже каждый день

Хорошо на 99% (3,8 сигмы)	Хорошо на 99,99966% (Шесть сигм)
На каждый новый автомобиль три гарантийные претензии	На каждые 980 новых автомобилей одна гарантийная претензия
Каждый год происходит 48 000–96 000 смертей из-за ошибки больничного персонала	Каждый год происходит 17–34 смертей из-за ошибки больничного персонала

## Глава 2

# Принципы и язык “Шести сигм”

*В этой главе...*

- ✓ Фундаментальные принципы “Шести сигм”
- ✓ Базовое уравнение “Шести сигм”:  $Y = f(X) + \varepsilon$
- ✓ Все выходные факторы определяются входными факторами и их обработкой
- ✓ Для эффективного контроля необходимо понять вариацию и управлять ею
- ✓ Сначала надо измерить процесс и лишь потом управлять им
- ✓ Сила левереджа

**В**есь статистический анализ, все уравнения вероятности, диаграммы и эксперименты, все проекты и планы, инструменты и технологии, все цветные пояса, броские фразы и головокружительные термины основаны на нескольких фундаментальных принципах, породивших методику “Шести сигм”.

Как и все грандиозные конструкции, “Шесть сигм” покоится на прочном фундаменте. В этой главе рассматриваются пять основных принципов. И в ходе ее прочтения у вас сформируется мышление “Шесть сигм”.

*Все начинается с простого уравнения:*

$$Y = f(X) + \varepsilon$$

Методика “Шесть сигм” начинается с одного универсального уравнения, которое, благодаря своей элегантной простоте, не испугает даже самого далекого от математики человека. Это уравнение выглядит так:  $Y = f(X) + \varepsilon$ , где

- ✓  $Y$  — выходной фактор, или результат, желательный или нет;
- ✓  $X$  — входные факторы, т.е. объекты, которые необходимы для получения результата. Входных факторов ( $X$ ) может быть несколько;
- ✓  $f$  — функция, т.е. способ или процесс преобразования входных факторов в результат (в выходной фактор);
- ✓  $\varepsilon$  — ошибка, отражающая нашу неуверенность в точности факторов  $X$  и в способности преобразующей функции действительно создать желаемый результат.

Данное выражение называется *уравнением прорывного улучшения*. Рассмотрим рис. 2.1.



## Принцип детерминизма

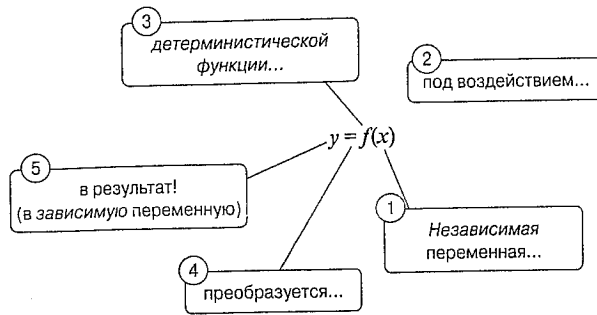


Рис. 2.1. Детерминизм повсюду

Другими словами, определенный набор входных факторов преобразуется некой функцией (или процессом) в результат.  $Y$  происходит от (является функцией) входных факторов  $X$ . Чтобы получить желаемый результат, мы применяем к входным факторам некий преобразующий процесс, или функцию  $f$ .

Возьмем, к примеру, буханку хлеба. Ее мы получаем, взяв муку, дрожжи, соль и другие ингредиенты и путем замеса теста и выпечки преобразовав их в желаемый результат. Ингредиенты — это входные факторы  $X$ , замешивание теста и выпекание — преобразующий процесс (функция)  $f$ , а полученная свежеспеченная буханка хлеба — результат  $Y$ .

Звучит слишком просто? Почти. Почти, потому что в реальном мире, как бы сильно мы ни старались, всегда существует неопределенность, или вариация, результата. Мы никогда не можем быть уверены в том, насколько точным будет полученный результат.

Вернемся к нашему хлебу. Что произойдет, если мы не угадаем количество дрожжей (возьмем слишком мало) или перед выпечкой хлеба недостаточно разогреем печь? Или, допустим, мы выпекали десять буханок; разве все они окажутся совершенно одинаковыми? Скорее всего, буханки будут хоть немного, но различаться. В методике “Шесть сигм” такая небольшая ошибка, которая закрадывается в процесс и приводит к появлению вариации, представлена греческой буквой “эпсилон”, или  $\epsilon$ . Иногда ошибка возникает по нашей вине (мы неточно измерили), а иногда — чисто случайно, но в любом случае мы получаем вариацию.



Детерминизм повсюду. Все выходные факторы являются результатом воздействия некоторого процесса или функции на входные факторы. И как бы сильно вы ни старались, хотя бы небольшая ошибка неизбежна.

## Определяем причину

Мы — общество, ориентированное на результат. Чем все закончилось? Что в конце концов произошло? Каков был конечный итог? Сколько времени это заняло? Каков конечный результат? Мы всегда смотрим на результат. Мы просто одержимы им. В конце концов, ради него, родимого, все наши труды и заботы, не так ли?

Но как эти результаты получились? Почему они получились? Что именно вызвало их? Нам нужны ответы на все эти вопросы, потому что когда происходят хорошие вещи, мы хотим знать, как сделать так, чтобы это хорошее не кончалось. А если происходят плохие вещи, то мы так же сильно хотим знать, как не допустить их повторения.

## Причина и следствие

Все выходные факторы появляются в результате процесса, воздействующего на входные факторы, плюс ошибка, создающая вариацию. Таково фундаментальное действие по переходу из одного состояния в другое, по выполнению любых усовершенствований, по добавлению стоимости для себя, своих потребителей и своей компании.

Входные факторы преобразуются — посредством определенного процесса — в выходные. Так происходят перемены. И если понять процесс, можно улучшить способ комбинирования входных факторов для производства выходящих.

Нужно проанализировать каждый результат (выходной фактор), рассмотрев входные факторы, процесс и ошибку, которые в совокупности привели к нему. Необходимо понять, что же вызвало результат, это позволит проконтролировать его не только в следующий раз, но и многократно в будущем. Понять корневую причину — вот первый шаг для контроля результатов.

Рассмотрим простой пример. Девушка заинтересовалась парнем. Это результат. Что привело к нему? Если верить рекламе компаний — производителей бритвенных принадлежностей, девушка заинтересовалась парнем благодаря его гладко выбритому и потому привлекательному лицу. Что обеспечило такой внешний вид? Процесс бритья и правильный выбор ингредиентов. Как происходит процесс бритья? Путем объединения горячей воды, бритвенного крема, зеркала, определенной бритвы и твердой руки. Если результат не идеален, т.е. девушке не понравилось плохо выбритое лицо парня, нужно проанализировать ингредиенты и процесс бритья, чтобы найти корневую причину проблемы.

Независимо от сложности результата буквально каждый имеет одну или несколько причин. Чем лучше удастся выявить и понять эти причины, тем выше наши шансы улучшить результат. Говоря языком “Шесть сигм”: если мы знаем входные факторы  $X$ , функцию  $f$  и неопределенность  $\epsilon$ , значит, мы знаем, что конкретно вызвало результат  $Y$ . Иными словами, мы знаем причину и следствие.

## Всегда есть способ лучше

Многие компании и организации стремятся улучшить свою работу. Интуитивно они понимают, что результаты их деятельности зависят от всех рабочих процессов, образующих способ ведения бизнеса. Поэтому для улучшения результатов компания должна изменить его. Другими словами, изменить процессы — функцию  $f$  — и скомбинировать входные элементы так, чтобы получить лучший результат. Задача не в том, чтобы заставить всех работать упорнее. Призыв изменить способ ведения бизнеса — это официальный поиск лучшего способа, потому что лучший способ есть. И он есть всегда.



Детерминизм — это принцип, согласно которому можно получить желаемый результат, подобрав особую конфигурацию входных элементов и контролируя их. В “Шести сигмах” вы анализируете входные элементы, процесс и вариацию, после чего составляете лучшую возможную их комбинацию, чтобы получить результат. При этом вы напрямую контролируете среду, а не наоборот. Ваше мышление детерминистское, а не реагирующее.

## Остерегайтесь суеверных заблуждений (помните, что корреляция не означает причинно-следственную связь)

Иначе говоря, не всякая зависимость — причинно-следственная. Чем яснее вы понимаете причинно-следственную связь между входными и выходными факторами, тем лучше способны предсказывать, определять и контролировать результаты. И наоборот: чем меньше вы понимаете такую связь, тем сложнее вам определять и контролировать результаты.

Не путайте совпадение, или *корреляцию*, с причинно-следственной связью. Одновременность двух событий вовсе не означает, что одно стало причиной другого. Такую логическую ошибку обозначают латинским термином *non causa pro causa*, т.е. “ложная причина”. Люди часто ошибочно полагают, что между близкими по расположению или по времени событиями существует причинно-следственная связь.

### Детерминизм всегда активен

Детерминизм предполагает контроль. Такой взгляд противоположен вере в то, что события разворачиваются по воле случая, без чьего-либо вмешательства. Действительно, мы не контролируем все переменные и процессы, влияющие на нашу жизнь. Но точно так же верно и то, что успех — это не только случайная удача.

Если вы думаете, что никак не способны повлиять на мир или хотя бы на свое ближайшее окружение, вы ошибаетесь. В какой-то степени вы можете повлиять почти на все вокруг. Но детерминизм всегда активен. Вы должны сами пытаться инициировать перемены и верить в то, что силы, вам подконтрольные, намного больше сил, вам неподконтрольных.

Откажитесь от оправданий, почему вы не способны сделать что-нибудь — оправдывая при этом свою посредственность, — и поймите, что вам по силам гораздо больше, чем вы думаете! Детерминизм питается вашей активностью — готовностью что-либо сделать.

Вспомним диалог Гомера и Лайзы Симпсонов.

**Гомер.** Ни одного медведя не видно вокруг. “Медвежий патруль” свою работу знает!

**Лайза.** Очень глубокие рассуждения, папа.

**Гомер.** Спасибо, дорогая.

**Лайза.** По твоей логике, этот булыжник защищает нас от тигров.

**Гомер.** Защищает? А как?

**Лайза.** Да вовсе он не защищает.

**Гомер.** А-а-а...

**Лайза.** Это всего лишь дурацкий булыжник. Но ведь тигров вокруг не видно, верно?

**Гомер.** Лайза, я хочу купить у тебя этот могучий булыжник, так хорошо распутивающий тигров.

Ситуация, когда путают причину с корреляцией, также известна как *суеверное заблуждение*. Например, футбольный тренер всегда носит красные носки, потому что однажды, когда его команда выиграла очень важный матч, на нем были именно такие красные носки. Разве это носки стали причиной победы команды? Неужели одежда определила результат игры? А, может, был какой-то другой входной фактор или группа входных факторов?

Компании склонны путать корреляцию с причинно-следственной связью. Например, компания после особенно удачного месяца или квартала продаж существенно наращивает производственные мощности, поскольку считает рост продаж индикатором экономического роста в стране. И только потом руководство вдруг обнаруживает, что никакого роста не ожидается, а всплеск покупательской активности был связан с каким-то другим фактором.



Даже если две переменные явно коррелированы, вовсе не обязательно наличие между ними определенной причинно-следственной связи. Одна переменная может повторять изменения другой чисто случайно (это называется *совпадением*) или, как часто происходит на практике, на каждую из них сильно влияют одна или несколько чужих (или *мешающих*) переменных, о которых никто и не подумал.

Однако с большой уверенностью можно говорить о существовании причинно-следственной связи, если выдержаны три следующих условия.

- ✓ Для причины и следствия есть разумное объяснение.
- ✓ Связь проявляется при разных внешних факторах.
- ✓ Вы исключили потенциальные внешние (мешающие) переменные.

Проверить эти три условия можно по-разному. Например, через специально поставленный эксперимент, в ходе которого группы, очень похожие между собой по важнейшим переменным, помещаются в разные обстоятельства. Затем вы анализируете поведение этих переменных и ищите расхождения. Одну или больше групп оставляют в прежних обстоятельствах — эти группы будут контрольными. Подробнее об этом эксперименте будет рассказано в главах 7 и 8.

## Вариация неизбежна

Допустим, вы играете партию в гольф. Пока что все идет отлично. Вы прошли 17 лунок и вам остается покорить последнюю, чтобы впервые обыграть всех своих приятелей. И вот вы, стараясь изо всех сил, заносите клюшку для последнего, решающего удара по мячу, выполняете мах... “бац-бац, и мимо!” Вы проиграли. Но что же произошло?

Неизбежная вариация. Вы допустили ошибку. Независимо от того, как вы прошли предыдущие 17 лунок, 18-я вам не покорилась. Черт побери! Стабильность — сложная штука. Почему же профессионалам она дается?

Для профессионалов очень важна стабильность результатов. Говоря научным языком, мы должны вариацию своих входных факторов —  $X$  — и неопределенность преобразующей функции — ту самую маленькую  $\varepsilon$  — держать под контролем.

В общем, вариация нежелательна, поскольку она создает неуверенность в нашей способности получить желаемый результат. В мире коммерческих и других организаций стремятся производить товары или предоставлять услуги предсказуемым образом. Однако вариация в результатах — во времени, характеристиках, качестве, себестоимости, в чем бы то ни было — обязательно будет; она неизбежна.

Правда, небольшие отклонения — правильнее сказать, в заданных пределах — не опасны. Но чуть больше вариации там и здесь, и вот уже приходится что-то ремонтировать или перекладывать всю работу. А еще немного больше вариации — и вы потеряли работу или выброшены из бизнеса.



Описание, измерение, анализ и контроль вариации составляют центральную тему “Шести сигм”. Уменьшение нежелательных отклонений стало ключом к усовершенствованию работы согласно принципам “Шести сигм”. Тех читателей, которые прямо сейчас хотят углубиться в статистический материал о вариации, отсылаем к главе 5.

## Что же такое вариация

Самое простое определение: *вариация* — это отклонение от ожиданий. Когда вы подбрасываете монету, каков шанс, что выпадет орел? Пятьдесят процентов. Значит, подбрасывая монету десять раз, вы ожидаете, что пять раз выпадет орел и пять — решка. Таковы ваши ожидания. А теперь, дорогой читатель, возьмите монету и подбросьте ее десять раз. Что произошло? Ваши ожидания оправдались?

Попробуйте еще одну серию из десяти подбрасываний. Что произошло во второй раз? Если вы будете повторять эти серии из десяти подбрасываний, то убедитесь, что результат — т.е. количество выпадений орла и решки — меняется. Степень отклонения фактических значений от ожидаемых — это и есть степень проявления вариации.

Если строго измерить любой результат  $Y$ , можно убедиться, что он меняется, причем всегда. Любой результат варьирует. Это очень важно понять. Поэтому повторяем еще раз: любой результат варьирует. Каждый раз, паркуя машину, вы не ставите ее точно на то же место между парковочными линиями. Каждый отдельный экземпляр товара, производимого компанией, отличается от всех других экземпляров, причем по всем параметрам, таким как вес, размер, долговечность и т.д. Каждый раз как потребитель звоня в компанию, вы получаете обслуживание другого уровня и кладете трубку с иной степенью удовлетворенности. Еще один пример, который будет понятен всем: любой человек каждый день приходит на работу не точно в одно и то же (до секунды) время.

### Среднее значение

Многочисленные измерения чего-либо доказывают, что оно варьирует вокруг некоторого *среднего значения*, или просто *среднего*. Среднее — это центральная величина процесса. Подбрасывая монету достаточно долго, мы поймем, что средним значением будет 50% выпадений орла (или, что то же самое, 50% выпадений решки).

### Одержимость вариацией

Каждый раз, измеряя величину какого-то события, мы получаем отклонения фактических значений от среднего. Допустим, средняя результативность бейсболиста в сезоне — 0,302, но на пятничной игре он был в отличной форме и показал результат 0,400, что почти на сто очков выше среднего. А уже на следующий день, в субботу, вдруг покинул поле с нулевым результатом. Почему? Еще пример. Школьный автобус обычно отъезжает от остановки в 7:17, но сегодня он отъехал в 7:22, что на пять минут позже обычного. Вчера же он отправился в путь в 7:15, и некоторые дети едва не опоздали в школу. Почему?

Это примеры вариации, и именно вариации фактических значений вокруг среднего. Масштаб, тенденция, природа, причины, следствия и контроль данной вариации — неизменная забота, даже одержимость методологии “Шесть сигм”. Ничему другому в “Шесть сигм” не уделяется столько внимания, как этой теме.

#### Вариация — вещь серьезная

Чтобы получился товар — такой, допустим, как мобильный телефон, — все детали должны подойти друг другу. Когда инженеры конструируют их, они учитывают тот факт, что при производстве всех деталей неизбежно возникнет вариация. Вариация — это степень отличия детали, конечного продукта, услуги или операции от всех других в своем классе или категории.

В случае мобильного телефона каждый класс деталей, такой как пластмассовый корпус, варьирует по размеру, весу и даже цвету. Но так же как корпус, варьирует и прозрачное покрытие жидкокристаллического дисплея. Варьируют и все многочисленные шарниры, кнопки, антенна, внутренние компоненты и т.д. Все эти части должны хорошо подходить друг другу, чтобы телефон функционировал нормально к удовлетворению пользователя. Другими словами, допустима только определенная величина вариации. Чуть больше отклонение, и вот ваш телефон уже не работает должным образом. А еще немного больше — и он вообще не работает. Пишите письма.

## Откуда берется вариация

Но почему же *любой* результат варьирует? Потому что варьируют все входные факторы  $X$ , а также преобразующая функция  $f$ . Что их вынуждает варьировать? И как они варьируют?

Любая вариация имеет свою причину. Вспомним раздел о причине и следствии: если хотите контролировать результат (т.е. следствие), вы должны контролировать причину. Значит, чтобы контролировать вариацию, надо понять, что ее вызывает; иначе говоря, мы должны выявить ее причины.

### Причины вариации: общие и особые

Некоторые вариации естественны; их устранить невозможно. Сами силы природы не позволяют нам получать всегда одну и ту же картину. Таков нормальный ход событий. Вспомним пример с подбрасыванием монеты; вариация количества выпадений орла между сериями подбрасываний совершенно нормальна. Или вариация времени между волнами на пляже. Или вариация высоты деревьев в лесу. Все это примеры, обусловленные природными причинами.

Теперь обратимся к примерам из созданных человеком (а не природных) систем. Ежедневное время прибытия почтальона. Длительность обработки запроса при пользовании кредитной картой. Или количество пилюль в капсуле лекарства ацетаминофен. Здесь везде присутствует вариация. И она — общее свойство данных систем.

Вариация такого рода называется *вариацией по общим причинам*. Мы можем, приложив усилия, уменьшить ее, однако полностью устранить ее невозможно. Она естественна, она часть *любой* системы. Она здесь и никуда не денется!

Другой тип вариации — это *вариация по особым причинам*. Она в корне отличается от вариации первого типа (по общим причинам). Если почтальон каждый день появляется приблизительно в 11:30, но однажды у него спускает колесо и он приходит только в полдень, мы имеем пример вариации по особым причинам. Если запрос при использовании кредитной карты обрабатывается в норме около 15 минут, то сбой при подключении к сети будет особой причиной вариации (удлинения) этого времени. Если в капсуле ацетаминофена должно быть 600 пилюль, то особой причиной появления в капсуле всего 550 пилюль будет, например, сужение дозаторной трубки из-за перегиба. Преимущество вариации по особой причине в том, что эту особую причину можно выявить и устранить, тем самым устранив и вариацию.

В методологии “Шесть сигм” различно между вариациями по общим и особым причинам уделяют повышенное внимание, поскольку такое различие существенно, а понять тип причины вариации и то, как последняя влияет на результат, крайне важно.

### Вариация краткосрочная и долгосрочная

Еще одна важная характеристика вариации — ее видоизменение со временем. Существуют краткосрочная и долгосрочная вариации, и они существенно разнятся между собой.

Рассмотрим пример. “Почтальон обычно прибывал в нашу контору в 11:30 плюс-минус несколько минут, но в последнее время он стал все больше и больше опаздывать, и сейчас обычно появляется ближе к 12:15, что нам не очень нравится, потому что в это время мы все как раз уходим на обед, закрываем контору, и почтальон оставляет пакеты на пороге, где они иногда мокут под дождем”. В этой грустной истории краткосрочная вариация в несколько минут была несущественной и вполне отвечала уровню приемлемости для конторских служащих, но когда произошла долгосрочная вариация среднего времени прибытия (возможно, вызванная сезонными изменениями погоды или снижением добросовестности почтальона после отпуска) и это среднее значение сместилось на 45 минут, возникла проблема.

## Самое главное — разобраться с вариацией



Как правило, сначала лучше уменьшить вариацию по особым причинам и лишь затем браться за вариацию по причинам общим. Дело в том, что вариация по особым причинам делает процесс нестабильным и непредсказуемым; вы не можете быть уверены в происходящем. Однако исключив из процесса вариацию по особым причинам, можно успешно уменьшать вариацию по общим причинам.

Например, если в кафе сначала устранить особые различия между сотрудниками в умении варить кофе, затем можно успешно повышать качество напитка как такового. Однако если кафе будет бороться за качество чашки кофе, не добившись сначала того, чтобы все сотрудники варили его одинаково хорошо, то особая причина вариации (т.е. различия между сотрудниками в умении варить кофе) сделает ситуацию неясной и заблокирует возможность разобрататься, в чем же причина недостаточного вкуса напитка.

Наша цель — контролировать вариацию, понять ее и минимизировать ее влияние, но в то же время принять ее как часть ежедневной жизни и часть любой организации. Поняв и описав связь между  $X$  и  $Y$ , мы опишем также вариацию и ошибки в способности стабильно производить желаемые результаты в течение длительного времени. Такой подход обеспечивает основу и схему реальных перемен в том, чем вы занимаетесь, — перемен, которые с наибольшей вероятностью принесут положительные результаты.

## Что сказано: измеряйте

В 1891 году английский ученый по имени Уильям Томпсон, также известный как лорд Кельвин, сказал: “Мы немного знаем только о том, что способны измерить и описать в цифрах. Если же наши знания невозможно выразить в цифрах, это скудные и неудовлетворительные знания”. Некоторые образцы мудрости не стареют со временем, поэтому принцип измерения стал одним из фундаментальных в концепции “Шести сигм”.

Лорд Кельвин продолжил свою мысль. Наши мнения и идеи могут быть началом знания, но они “лишь незначительно, в наших мыслях, приближаются к научному состоянию”. До тех пор, пока вы не включите в свои знания измерения и цифры, вы будете пребывать в мире интуиции, догадок и лишь небольших улучшений.

Можно очень упорно работать, не жалея значительных ресурсов для совершенствования, но без измерения  $X$  и  $Y$  наша способность действительно улучшить конечный результат будет всего лишь “скудной и неудовлетворительной”.



Иногда сначала кажется невозможным измерить многие из входных и выходных факторов. Но убедить себя в этом разумными аргументами (“некоторые вещи просто не поддаются измерениям”) проще всего. Это ложный путь, и вы вскоре убедитесь, что в долгосрочной перспективе без необходимой точной информации гораздо сложнее добиваться поставленных целей.

## Помните о ваших $Y$ и $X$

Измерения — это сбор данных о факторах входных ( $X$ ) и выходном ( $Y$ ), который получается посредством преобразующей функции  $f$ . Измерения позволяют нам количественно оценить характеристики различных входных факторов и их связь с желаемым результатом.

Измерение входных факторов позволяет нам понять, как процесс работает на нашу цель. Начинают измерения с  $Y$ , а затем, чтобы выявить причины, переходят к измерению входных факторов  $X$ .

Например, каждый, пожалуй, хотел бы иметь в бумажнике тысячу долларов (результат  $Y$ ). Чтобы измерить продвижение к этой цели (к наличию в бумажнике тысячи долларов), человек может ежедневно пересчитывать наличность в своем кошельке. Чаще всего при этом обнаруживается, что продвижение к цели происходит гораздо медленнее, чем хотелось бы. В таком случае человек анализирует ситуацию и понимает: количество денег в его кошельке — это результат того, сколько денег он зарабатывает, сколько платит налогов, сколько тратит на свои нужды. Таковы входные факторы  $X$ .

Человек не способен напрямую влиять на количество денег в кошельке. Чтобы изменился выходной фактор  $Y$ , нужно что-нибудь сделать с выявленными входными факторами  $X$  — начать измерять их и управлять ими (возможно, больше зарабатывать и меньше тратить).

Многие люди никак не могут отвлечься от результата  $Y$ . Они следят за ним, как за деньгами в своем кошельке, надеясь, что их там прибавится, если почаще пересчитывать. Часто компания упорно работает и форсирует производительность, надеясь улучшить свои результаты ( $Y$ ), забывая количественно проанализировать составляющие факторы  $X$  успеха (брак, избыточные нереализованные товары, низкое качество и т.п.). Такой подход саморазрушительен; компания просто ломится в закрытые двери, не пытаясь найти ключ.

## Ответ начинается с данных

Как именно измерять определенные входные и выходные переменные, понять легко, поскольку многие переменные по самой своей природе поддаются измерениям. Примерами будут количество калорий, вес человека, время, необходимое, чтобы пройти или пробежать определенную дистанцию. В бизнесе это — время для выполнения определенной работы, количество дней между поступлением заказа от потребителя и доставкой ему товара и т.д. Все это величины для количественного измерения.

К тому же для всех поддающихся измерениям событий, процессов, переменных и операций уже существуют свои измерительные средства, такие как весы, программное обеспечение, электронные таблицы, часы и т.п. Используя различные количественные шкалы, например ширины, длины, времени, жесткости, плотности, можно количественно оценить поведение многих  $Y$  и  $X$ , а также соотношения между ними.

Однако измерить другие  $Y$  и  $X$  не столь просто, потому что их нелегко выразить количественно или для этого требуется слишком много времени, денежных средств и усилий. Как, например, измерить мнение потребителя или его удовлетворенность?

В таких случаях приходится разрабатывать специальные измерительные средства типа опросных анкет с градацией ответов. При использовании подобных измерительных средств удается количественно оценить качественные (в значении “описательные”) по своей природе данные.

## Резюме на тему измерений

Измерять — значит использовать информацию и данные для количественного выражения связи между входными и выходными факторами, ошибками в данной системе, процессе или рабочей модели.

Даже когда прямые измерения недоступны, существуют косвенные способы. В этом случае вы используете детерминистский подход: вы не смиряетесь с нехваткой данных, а находите их окольными путями или создаете оценки, руководствуясь практическими соображениями.

Около ста лет назад писатель Герберт Уэллс сказал, что “когда-нибудь статистическое мышление будет столь же необходимо для полноценного человека, как и умение читать и писать”. И это время уже почти наступило. Политики больше не делают заявлений без предварительной оценки общественного мнения через опросы. Компании не принимают решений, сначала тщательно не проанализировав данные. Сегодня без фактов и цифр — никуда.

Поэтому первый шаг к эффективной и экономичной работе — это измерение  $Y$  и  $X$ . Это первый шаг к тому, чтобы стать полноценным человеком в мире “Шесть сигм”, где мышление ориентировано на данные и информацию.

## Сила лeverеджа

Если вам когда-либо приходилось передвигать большой валун или хотя бы стиральную машину, то вы знаете, какая польза от *рычага*. Можно упираться в валун изо всех сил, а он, если достаточно тяжел, даже не сдвинется с места. Но стоит взять длинную металлическую трубу и какой-нибудь предмет в качестве точки опоры, и ваши силы возрастут многократно. С помощью такого рычага вы без особых усилий переместите валун — и ваша цель достигнута.

В жизни всегда так: нужно затратить небольшие усилия, чтобы найти рычаг. И тогда вы решите проблемы и преодолите препятствия, стоящие на пути к вашей цели. Говоря языком “Шесть сигм”, лeverедж (так в экономике называют рычаг) — это использование нескольких критичных  $X$ , с помощью которых легче всего получить желаемый  $Y$ .



Очень часто лeverедж, или сила воздействия, для создания желаемого результата обеспечивается удивительно малым количеством составляющих факторов. Это справедливо как для простейших целей, так и для самых сложных систем. Как правило, всего несколько избранных переменных определяют качество результата. Поэтому ваша задача сводится к поиску тех нескольких критичных факторов, которые обеспечивают вам лeverедж. Такой взгляд поможет вам перемещать валуны, стоящие на вашем жизненном пути, в вашей деятельности, в вашей организации.

## “Важнейшее меньшинство” и “тривиальное большинство”

Закон “важнейшего меньшинства и тривиального большинства” был сформулирован в работе итальянского социолога и экономиста начала XX века Вильфредо Парето. Этот закон также известен как *правило 80–20*: 20% входных факторов любой системы обеспечивают 80% влияния на эту систему.

Исследуя природу индивидуальных и общественных действий, Парето математически определил: хотя результат зависит от большого количества факторов, только лишь немногие из них действительно способны существенно повлиять на этот результат.

В любом процессе только несколько ключевых переменных выступают причиной большинства рабочих проблем или дефектов. Данный принцип остается справедливым даже при анализе влияния десятков и десятков переменных, участвующих в сложных сборных системах и подсистемах с сотнями отдельных частей. При поиске лeverеджа в бизнесе надо обратить внимание на те немногие переменные, которые обеспечат большую часть возможностей преодолеть проблемы производства, сборки, распространения, снабжения, учета, финансовой деятельности, обслуживания потребителей и т.д.

Если компании для поиска лeverеджа часто используют сложные статистические методы, то отдельным людям можно обойтись (но не всегда) и без подобных ухищрений. Самое главное — точно знать, что независимо от вашей цели или ситуации лeverедж обязательно существует; некоторые факторы всегда сильнее других.



Лeverедж не всегда там, где вам кажется; очевидное не всегда будет правильным ответом. Присмотритесь внимательно, проведите тесты, поставьте под сомнение свои предположения, чтобы найти его истинные источники.

Заметьте также, что факторы, представляющие лeverедж в одной ситуации, не будут таковыми в другой подобной ситуации. Каждый процесс или проблема имеют свои собственные уникальные динамику и взаимодействия.

### Верный путь

При попытке совершить прорыв и подняться на новый уровень работы и успеха вдруг оказывается, что нам предстоит управлять большим количеством факторов, непредвиденных обстоятельств и динамики, чем нам по силам. Естественный порыв — попытаться контролировать каждую деталь, управлять ею, но это ошибочный путь. Множество малозначительных деталей похоронят вас под грудой ненужных расходов, забот, тревог, затрат энергии и бесценных усилий. Ни один человек и ни одна компания не могут позволить себе роскошь контролировать все детали. Нужно выбирать верный путь, а именно управлять только критичными для получения желаемого результата составляющими. Сосредоточиться на тех входных факторах, которые действительно важны. А на все остальное не обращать внимания, если только эти детали со временем не станут важными.



Определив, что данный фактор несущественен, не тратьте на него время и энергию. Иначе вы распылите усилия и не добьетесь положительных перемен. Правильный подход — использовать фильтрующий процесс, чтобы отсеивать множество тривиальных переменных, которые отнимают время, но не приносят реальных результатов. Так вы сосредоточите усилия на решении важной проблемы и достижении цели.

## Поиск более правильного пути

Для поиска немногочисленных критичных факторов используется структурированный процесс выявления, измерения и анализа всех причинно-следственных связей. В “Шесть сигм” мощные и структурированные инструменты позволяют обнаружить возможные причины ( $X$ ) рабочих операционных проблем. Сначала вы собираете рабочие данные, отражающие поведение множества  $X$ , а также интересующего вас  $Y$ . Затем с помощью аналитических инструментов выясняете, какие  $X$  критичны, а какие — тривиальны.

В результате таких исследований вы понимаете, на каких  $X$  вам необходимо сосредоточиться, чтобы влиять на  $Y$ . Вы также увидите, какие  $X$  находятся *за пределами вашего контроля* или проявляют слишком большие ошибки. Именно данная вариация часто является основной причиной проблем.

Выполнив измерения и поняв количественно, в цифрах, как ваши  $X$  влияют на  $Y$ , вы сможете принять контрмеры, т.е. другие связанные с  $X$  действия, которые в конечном счете улучшат  $Y$ .

А используя ту же схему работы с данными, вы с помощью новых измерений проверите эффективность ваших контрмер. Ведь вы уже имеете основанный на данных базис, по которому проверяете, что новый способ вести дела — действительно более правильный.

Вы убедились, что немногие критичные  $X$  — это на самом деле критичные факторы. Таков заложенный в “Шесть сигм” принцип поиска лeverеджа.

## Глава 3

# Основные элементы “Шести сигм”

*В этой главе...*

- ✓ Краткий обзор проектной методологии Определение–Измерение–Анализ–Улучшение–Контроль (ОИАУК (DMAIC))
- ✓ Сферы применения “Шести сигм”
- ✓ Роли и обязанности при развертывании “Шести сигм”
- ✓ Процессы развертывания и реализации

**М**етодика “Шести сигм” влияет на жизнь отдельных людей и образ действий организаций. В отличие от большинства других инициатив по улучшению бизнеса, “Шести сигм” — не просто витамины; эта методология создана не для того, чтобы применяющие ее “чувствовали себя лучше”. Это агрессивная, целенаправленная диета. “Шести сигм” — всестороннее, интенсивное, систематическое искоренение брака и неэффективности, дефектов и проблем, которые развиваются и укореняются в организациях.

В данной главе рассмотрены пять фаз проектной методологии “Шести сигм” ОИАУК. Мы также увидим, как эту методологию в отдельных сферах организации применяют отдельные люди, исполняющие роли и берущие на себя ответственность как специально обученные практики. Наконец, мы узнаем, что процессы развертывания и реализации следуют предписанному плану.

## *Проектная стратегия ОИАУК*

На уровне компании проекты “Шести сигм” являются элементами общего плана инициативы по кардинальному улучшению работы. Проект “Шести сигм” является проводником действий, реализующих стратегию и обеспечивающих результаты.

Каждый проект “Шести сигм” реализуется стандартным и систематическим методом, известным как ОИАУК (*Определение–Измерение–Анализ–Улучшение–Контроль*). Это формализованный процесс решения проблем. Метод ОИАУК позволяет улучшить процессы любого вида в любой организации и в результате повысить ее эффективность и экономичность.

- ✓ **Определение.** Создать контекст и наметить задачи проекта.
- ✓ **Измерение.** Измерить исходные значения и способность улучшаемого процесса (или системы).
- ✓ **Анализ.** С помощью данных и инструментов проанализировать причинно-следственные связи в процессе или системе.
- ✓ **Улучшение.** Выполнить модификации, которые обеспечат доказанное улучшение процесса или системы.
- ✓ **Контроль.** Создать планы и процедуры для длительного сохранения и поддержания достигнутых улучшений.

ОИАУК используется высококвалифицированными практиками, которые выполняют проекты улучшения для достижения финансовых целей. В ОИАУК бизнес-процессы совершенствуются посредством структурного метода, состоящего из отдельных шагов. Только после того как вы полностью завершите один шаг, можно переходить к следующему. И только пройдя все шаги и продемонстрировав, что проект ОИАУК привел к прорыву, вы вправе отчитываться о завершении проекта “Шесть сигм”.

В части II данной книги подробно рассмотрено, как выполнять каждую фазу и какие методы и инструменты нужны для реализации проекта ОИАУК.



Независимо от степени ваших стараний применение какой-нибудь доказанной методики существенно облегчит вам решение задачи. ОИАУК (графически изображен на рис. 3.1) — это проверенный способ устранения проблем процессов и улучшения работы компании.

### Методика улучшения ОИАУК

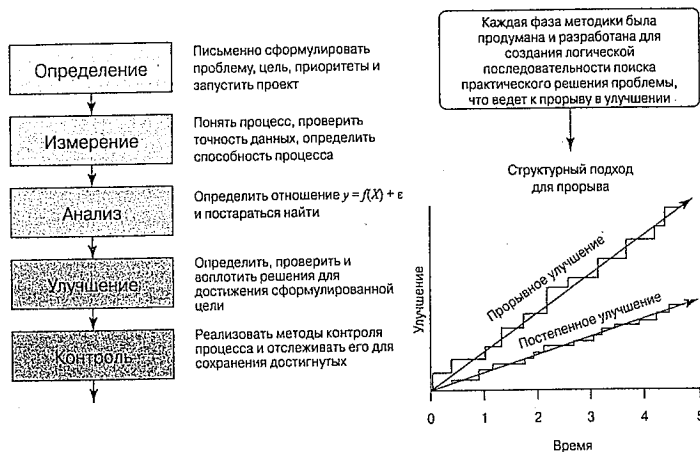


Рис. 3.1. Стратегия прорыва “Шесть сигм”



Некоторые компании и практики “Шесть сигм” добавляют в начале названия ОИАУК еще одну букву — П (“признание” (RDMAIC)), тем самым указывая на необходимость сначала признать существование проблемы или потребности в улучшении и лишь затем формулировать их.

## Зоны активности

Существует четыре зоны активности, в которых возможно применение “Шесть сигм” (о каждой мы подробно расскажем в следующих разделах).

- ✓ **Мышление:** необходимо изменить образ мышления, а также эффективность *каждого* служащего.
- ✓ **Процессы:** усовершенствование существующих процессов; в эту деятельность вовлечено много служащих.

- ✓ **Разработка:** непосредственно в разработку новых процессов вовлечено меньше людей.
- ✓ **Управление:** за управление инициативой “Шесть сигм” в целом ответственно небольшое количество лидеров бизнеса и качества.

## Мышление для прорыва

*Мышление для прорыва* — это область деятельности, основанная на принципах “Шесть сигм”, поскольку работу компании определяют не только директивы и процедуры. Проекты и инициативы улучшения — это не только методы и инструменты. Тотальные перемены проводятся не меньшинством, а крупными массами людей, которые вместе обеспечивают реальные и длительные перемены в корпоративной культуре.

Радикальное изменение и улучшение культуры зависят от того, удастся ли всех сотрудников организации повести в одном направлении, привить им общие ценности и образ мышления. Мышление для прорыва построено на руководящих принципах, обеспечивающих культурные перемены и побуждающих множество людей говорить на одном языке — языке улучшения работы организации.

Традиционным путем “Шесть сигм” всегда было сначала вести, а затем делать: сначала стимулировать перемены, затем пошагово воплощать их. Только имея за плечами несколько лет опыта, проводники перемен “Шесть сигм” усваивают ее руководящие принципы и применяют их во всех начинаниях.

Мышление для прорыва развилось только после того, как методологию “Шесть сигм” доказали, она широко распространилась, а ее базовые принципы стали хорошо понятны множеству практиков. Если процессы и разработка для прорыва основаны на методологии и инструментах, то мышление для прорыва базируется на разуме и сознании.

## Процессы для прорыва

*Процессы для прорыва* — это область деятельности, направленная на оптимизацию существующих бизнес- и операционных процессов. Любой процесс может работать на своем *теоретическом* уровне, который определяется как ранее продемонстрированный, даже если он поддерживается и не всегда. О теоретическом уровне процесса подробнее рассказано в главе 4.



Если бюджетный процесс в течение нескольких недель в году работал с 95%-ным уровнем приемлемости, мы называем 95-ым теоретическим уровнем данного процесса. Вообще говоря, *теоретическим* будет максимальный уровень процесса, товара, услуги или операции, которого можно достичь без их изменения.

При использовании “Шести сигм” вы предпринимаете действия и воплощаете изменения, позволяющие вашему процессу в рамках его текущей конфигурации работать с максимальным потенциалом постоянно, а не только какой-то период. Добиваются этого путем применения методологии ОИАУК в проектах улучшения “Шесть сигм”, призванных усовершенствовать процессы, которые, в свою очередь, улучшают заданные руководством бизнес-приоритеты.

Людей, несущих прямую ответственность за процессы для прорыва, называют Чемпионами, Мастерами Черных поясов, Черными поясами, Зелеными поясами, Желтыми поясами проекта, собственниками процесса, иногда Белыми поясами. Детальное описание этих лиц и их работы приведено в разделе “Люди, которых вам надо знать” данной главы.



## Разработка для прорыва

*Разработка для прорыва* — это область деятельности, направленная на оптимизацию процесса разработки еще до того, как организация приступит к производству товаров, оказанию услуг или выполнению операций для потребителей. Разработкой для “Шести сигм” (РШС (DFSS)) назван подход к планированию, созданию конфигурации, определению характеристик и запуску товаров, услуг, операций, процессов, систем и событий, повышающих качество работы организации.

*Повышение уровня работы организации* подразумевает, что методы и инструменты РШС помогут вам распознать источник проблем разработки, производства и операционных еще до того, как они произойдут, что позволит вам избежать их при разработке своего продукта и планировании работы. Если в самом начале “встроить” качество в товары, услуги, операции, процессы, системы и события, то “подпольная фабрика” (см. главу 1) вообще не начнет работать и, значит, не будет снижать вашу стоимость, а в конечном счете и прибыль.

Во-первых, РШС снижает риск ошибок в исполнении и характеристиках конфигурации (для удовлетворенности потребителей). Во-вторых, уменьшаются риски, связанные с ее бизнес- и операционной жизнеспособностью (для удовлетворенности компании).

РШС обеспечивает максимальную уверенность в том, что конфигурация товара, услуги, операции, процесса, системы или события будет соответствовать своему теоретическому уровню даже в присутствии неопределенностей, которые невозможно предвидеть и контролировать.

РШС пригодна не только для разработчиков в компании; ее можно применять к процессу разработки в любой области. РШС позволяет встроить качество в процессы и результаты, чтобы исключить саму возможность появления разрушительной вариации и дефектов.

## Управление для прорыва

*Управление для прорыва* означает использование всех планов, систем и процессов для распространения и реализации “Шести сигм” в организации. Это механизм, с помощью которого организация направляет и поддерживает деятельность в таких сферах, как мышление, процессы и разработка для прорыва.

Поскольку “Шесть сигм” — это вмешательство, вследствие которого организация становится на новый путь эффективной и качественной работы, управление для прорыва подразумевает *лидерство*. Положительное лидерство задает людям и организациям новое направление, подрывая статус-кво.

Управление для прорыва подразумевает выбор и обучение подходящих сотрудников; формирование инфраструктуры улучшения; установку определенного программного обеспечения; создание системы, методов и практики управления, достаточно действенных для того, чтобы вывести организацию на новый путь качественной и эффективной работы. Более подробная информация об управленческих аспектах выбора проектов “Шести сигм” содержится в главе 4, а полный обзор всех важных инструментов для управления “Шести сигм” — в главе 12.

Исполнители, чемпионы и лидеры развертывания непосредственно ответственны за управление инициативой “Шести сигм”. Иногда участник “Шести сигм”, известный как Мастер Черных поясов, также вовлечен в управление для прорыва.

## Люди, которых вам надо знать

Полное развертывание и воплощение инициативы “Шести сигм” в организации требует коллективного участия многих людей, где каждый отвечает за определенный участок работы как на управленческом, так и техническом уровнях. Чаще всего этих людей выбирают из штата самой компании, а затем специально обучают необходимым навыкам.

Поскольку развертывание “Шести сигм” по своей природе точный процесс, в нем должны участвовать лучшие люди организации. Если вы вовлечены в инициативу “Шести сигм”, вы сотрудничаете с самыми умными и талантливыми; вы становитесь частью структурированного собрания интеллектуалов, работающих в одной “упряжке” для достижения цели “Шести сигм”, — прорыва в улучшении работы организации.

## В “Шести сигм” каждый — лидер

“Шесть сигм” требует энергичного мышления, широты взглядов, неутолимой жадности истины и стремления к совершенству. Образ мышления “Шести сигм” настроен на перемены, на умение рассматривать проблемы как выгодные возможности и формально ставит под сомнение фундаментальные предположения, пока не будут сформулированы, оптимизированы и взяты под контроль корневые причины. Это принципы и практика лидерства, и они составляют главную часть характера любого человека, несущего флаг “Шести сигм”.



“Шесть сигм” представляет собой радикальную лидерскую инициативу для каждого участника. Подобно тому как для организации становятся обычными результаты прорыва, каждому человеку, участвующему в инициативе “Шести сигм”, ничто не кажется недостижимым. Барьеры и ограничения исчезают. Все возможно. Выпив эликсира “Шести сигм”, вы полностью меняетесь — к прошлому возврата нет. Энергичное мышление и жажда истины становятся частью вашего естества. Вы уже испытываете насущную потребность сомневаться в предположениях, искать корневые причины, все описывать и оптимизировать. Вы становитесь лидером.

Одна из нескольких важнейших характеристик “Шести сигм” заключается в том, что данная методология создает лидеров. Независимо от вашей роли или функции, вы приобретаете лидерские качества, коих раньше у вас не было. Ваша личная и профессиональная жизнь наполняется новым смыслом, и вы чувствуете прилив свежих сил.

## Сверху вниз

Любая инициатива “Шести сигм” начинается с команды руководителей и лидеров бизнес-единиц, которые утверждают программу развертывания данной методологии, дают добро на реализацию проектов, а также отвечают за достижение результатов. Именно эти люди вносят первичную дозу видения и амбиций в организацию и, используя свое бизнес-чутье и умение руководить персоналом, стимулируют стремление к переменам.

Инициатива “Шести сигм” развивается сверху вниз. Хотя методы и инструменты “Шести сигм” применимы на всех уровнях, для прорыва организации необходима общая согласованная работа, а наладить ее могут только находящиеся на верхних ступенях руководящей лестницы.



Вы можете поддаться искушению и попытаться провести инициативу “Шести сигм” снизу вверх, возможно, потому, что четко осознаете потенциал своей области бизнеса и держите ее под контролем, или потому, что ваше высшее руководство “само не догадывается”. И вам, вероятно, удастся успешно применить “Шести сигм” в своей бизнес-области и существенно улучшить процесс, но чтобы вся остальная организация восприняла “Шести сигм”, эту методологию придется распространять сверху вниз. Поэтому сначала сообщите о своем успехе высшим руководителям, и уже оттуда, сверху, продолжайте распространять данную инициативу.

## Лидер развертывания “Шести сигм”

Этот человек — важнейшее действующее лицо в процессе внедрения “Шести сигм”. Лидером развертывания часто выступает старший менеджер или руководитель, подчиненный непосредственно корпоративному менеджеру, отвечающему за запуск и поддержание “Шести сигм”.



Лидеры развертывания обеспечивают эффективное согласование корпоративных стратегических целей с планами развертывания бизнес-единиц. Они отслеживают прогресс и поддерживают работу на целевых уровнях в то время, как по всей организации внедряется "Шесть сигм". В этой роли лидер развертывания разрабатывает план действий; помогает выбрать Чемпионов, Черные пояса, Зеленые пояса и Желтые пояса; организует подходящее обучение. Лидер развертывания также тесно сотрудничает с Чемпионом "Шесть сигм" и является связующим звеном между Чемпионами и исполнительным руководством в то время, когда цели и задачи более высокого уровня доводятся до нижних уровней, а под цели и планы подбрасывается деятельность по реализации.

Лидер развертывания имеет следующие конкретные обязанности:

- ✓ берет на себя ответственность за результаты "Шесть сигм";
- ✓ внедряет в организации видение и миссию "Шесть сигм";
- ✓ устраняет барьеры на пути успешной реализации;
- ✓ сообщает коллективу цели, планы, ход процесса, результаты, лучшую практику "Шесть сигм";
- ✓ создает и поддерживает интерес к целям "Шесть сигм" и стремлению их достичь;
- ✓ информирует исполнительных руководителей о прогрессе в бизнес-единицах.

В крупных корпорациях, состоящих из нескольких бизнес-единиц, может возникнуть потребность в лидерах развертывания на уровне бизнес-единицы. Такой человек, подотчетный непосредственно руководителю бизнес-единицы, отвечает за инициирование и реализацию "Шесть сигм" в своей организации. В меньших организациях роли лидера развертывания и Чемпиона "Шесть сигм" могут быть объединены; их исполняет один человек.

Естественно, лидер развертывания "Шесть сигм" пользуется значительным уважением и взаимопониманием среди коллег и, как правило, имеет опыт работы в качестве менеджера или руководителя команды. Он отвечает за развертывание и распространение корпоративного видения в пользу "Шесть сигм" и обеспечивает наличие необходимых ресурсов и вспомогательных структур.

### **Чемпион "Шести сигм"**

Чемпионы отвечают за распространение и успешное применение технического ноу-хау "Шесть сигм". Они разрабатывают план преобразования своих организаций, чтобы в них "Шесть сигм" стала способом мышления и работы. Они также отвечают за успех Черных и Зеленых поясов, обеспечивая ежедневное обучение, наставничество, ресурсы и устраняя барьеры. У Чемпионов полное взаимопонимание с ключевым управленческим и административным персоналом и доказанная способность в короткие сроки собирать необходимых специалистов и ресурсы для решения ключевых задач. Ниже перечислены основные функции Чемпиона "Шести сигм".

- ✓ Он обнаруживает, выбирает, анализирует, назначает проекты и определяет их приоритетность, а также согласует их с бизнес-стратегиями.
- ✓ Выбирает Черные, Зеленые и Желтые пояса и следит за тем, чтобы они получили необходимое обучение, задачи и поле деятельности.
- ✓ Поддерживает Черные, Зеленые и Желтые пояса, устраняя организационные барьеры, обеспечивая необходимые ресурсы и обучение, отслеживая ход реализации проекта.
- ✓ Создает достаточный резерв проектов и следит за тем, чтобы все Пояса и Мастера Черных поясов были полностью заняты деятельностью "Шесть сигм".

- ✓ Готовит отчеты о достижении целевых показателей.
- ✓ Способствует распространению через внутренние организационные структуры лучшей практики, решений и усовершенствований.

В крупных корпорациях, состоящих из нескольких бизнес-единиц, может быть Старший чемпион, а также Чемпионы бизнес-единиц. В меньших организациях роли лидера развертывания и Чемпиона "Шести сигм" иногда объединены и исполняются одним человеком.

### **Основная команда**

Невозможно переоценить значение основной руководящей команды, сформированной из представителей разных служб организации, в обеспечении эффективного и рационального развертывания инициативы "Шесть сигм". Основная команда — это объединенный орган, члены которого выполняют организационную оценку, сравнительную проверку товаров и услуг, детально анализируют причины отставания в реализации "Шесть сигм", создают операционное видение и разрабатывают планы реализации. Основная команда занята полным развертыванием инициативы "Шесть сигм" по всей организации и выполняет следующие функции.

- ✓ Собственными действиями — личное лидерство, приверженность и горячее стремление к переменам — привлекает внимание всей организации к новой инициативе.
- ✓ Создает измерительную систему, чтобы отслеживать прогресс, внедряет в инициативу отчетность, публикует для общего обозрения ход реализации методологии и затраченные усилия.
- ✓ Выполняет сравнительную проверку товаров, услуг и процессов, чтобы организация четко понимала свое относительное положение на рынке.
- ✓ Устанавливает масштабные цели по замене рабочих процессов, а не частично корректирует их, что обуславливает скачкообразное улучшение организации.
- ✓ Обеспечивает знания и образование персонала на всех уровнях организации, поскольку без определенных методов и инструментов невозможно начать и поддерживать радикальные улучшения.
- ✓ Проповедует истории успеха о том, как методы, технологии и инструменты "Шести сигм" помогли добиться радикальных операционных и финансовых улучшений.
- ✓ Разрабатывает и реализует вспомогательную инфраструктуру, позволяющую естественным образом внедрить методологию "Шесть сигм" и обеспечить ее успех.

В основную команду входят следующие люди и подразделения:

- ✓ лидер развертывания "Шести сигм";
- ✓ лидеры "Шести сигм" бизнес-единиц;
- ✓ ключевые руководящие представители;
- ✓ представители функциональных служб;
- ✓ служба управления персоналом;
- ✓ финансовая служба;
- ✓ служба информационных технологий;
- ✓ служба обучения;
- ✓ коммуникационная служба.

Представители функциональных служб — это старшие члены корпоративного административного персонала, которые руководят своими подразделениями или занимают в них высокий ответственный пост. Это уважаемые лидеры, способные провести краткосрочные инициативы перемен, поскольку они хорошо знают своих подчиненных и методы внедрения этих инициатив.

✓ **Представитель финансовой службы.**

- Решает, как определять, оценивать затраты и экономию проекта и сообщать о них руководству.
- Разрабатывает процесс аудита проектной экономии и как финансист участвует в выборе и изучении проектов.
- Выступает единственным контактным лицом по всем финансовым вопросам “Шести сигм” и координирует всю деятельность по аудиту и проверке проектов.
- Определяет учетные и бюджетные требования для затрат “Шести сигм”.

✓ **Представитель службы обучения.**

- Выступает единственным контактным лицом по всем учебным вопросам “Шести сигм” и координирует учебную деятельность концепции для всей корпорации.
- Компонует все учебные планы и курсы для инициативы “Шести сигм”, включая подготовку руководителей, Чемпионов, Мастеров Черных поясов, Черных, Зеленых и Желтых поясов, разработку для “Шести сигм”, повышение осведомленности, образ мышления “Шести сигм”.
- Составляет календарные планы и координирует все учебные курсы “Шести сигм”, отвечает за их материально-техническое обеспечение, набирает слушателей на курсы, отслеживает ход учебного процесса и отчитывается за него.

✓ **Представитель службы информационных технологий.**

- Выступает единственным контактным лицом по всем вопросам “Шести сигм”, связанным с информационными технологиями, и координирует деятельность “Шести сигм”, связанную с ними.
- Организует покупку и распространение программного обеспечения “Шести сигм”, а также необходимого аппаратного обеспечения для обучения, распространения знаний, аналитической работы, управления проектами, улучшения процессов.
- Готовит и воплощает планы технической поддержки конечных пользователей программного обеспечения “Шести сигм”.

✓ **Представитель службы управления персоналом.**

- Выступает единственным контактным лицом по всем вопросам “Шести сигм”, связанным с персоналом, и координирует всю деятельность “Шести сигм”, связанную с ним.
- Пишет должностные инструкции для всех постов “Шести сигм” и готовит организационную диаграмму, в которой расписаны все роли.
- Разрабатывает компенсационные пакеты для всех должностей “Шести сигм” и совместно с руководством компании составляет планы вознаграждений, признания, карьерного роста.

✓ **Представитель коммуникационной службы.**

- Выступает единственным контактным лицом по всей коммуникационной деятельности “Шести сигм” и направляет разработку и реализацию коммуникационных планов.

- Организует распространение информации о внутренних успехах и координирует общение с биржевыми аналитиками, поставщиками, потребителями, партнерами и инвесторами.
- Обеспечивает распространение по всей компании справочных, информационных, образовательных и вспомогательных материалов.

## Цифровое карате: Черные пояса и их собратья

Чтобы решать проблемы с помощью “Шести сигм”, нужна квалификация разных уровней в прикладной статистике.

- ✓ Для решения сложных проблем требуется статистическая квалификация высокого уровня.
- ✓ Для решения проблем средней сложности или помощи в решении сложных проблем достаточно квалификации среднего уровня.
- ✓ Обычное использование простых статистических методов в ежедневной работе требует еще меньшей статистической квалификации.

В “Шести сигм” высший уровень квалификации называется *Черный пояс*, средний уровень — *Зеленый пояс*, а ежедневный уровень — *Желтый пояс*.



В начале 1990-х годов *Motorola* помогала компании *Unisys* решить сложные проблемы, связанные с производством многослойных печатных плат с высокой степенью интеграции. Это была продукция военного назначения. Выход нашли, применив передовой статистический анализ “Шести сигм”. Менеджеры хотели каким-то образом обозначить высокий уровень квалификации своей команды. Однажды, когда они отдыхали после долгого рабочего дня на *Unisys* в Солт-Лейк-Сити, их осенила идея: назвать высококвалифицированных инженеров Черными поясами. Такой термин, заимствованный из карате, передает ауру дисциплины и высшей квалификации. “Это название само себя продает!” — воскликнул менеджер *Unisys*.

И он оказался прав. По мере того как развивалась и распространялась методология “Шести сигм”, все более популярным становился и титул *Черный пояс “Шести сигм”*, коим именовался мастер решения проблем статистическими методами. Позднее, когда возникла потребность обозначить квалификацию менее высоких уровней, добавили термины Зеленый и Желтый пояс. Но на глобальной территории “Шести сигм” встречаются и местные дополнительные варианты, такие как Голубой, Коричневый и даже Белый пояса. Иногда услышишь шутки о Шартрез-поясах (зелено-желтых), Поясах в горошек и т.д.



Наиболее емкую характеристику Черного пояса “Шести сигм” дает одна метафора из восточных боевых искусств: Черный пояс имеет столь высокую квалификацию и столь богатый опыт, что понимает подлинную природу своего оппонента и знает, как элегантно и с минимальными усилиями применить нужные навыки и инструменты, чтобы направить свою энергию на достижение всех своих целей.



“Поясную” терминологию используют не везде. Хотя ее все понимают и она служит общим стандартом во многих компаниях и отраслях, в определенных кругах она вышла из моды. Но независимо от выбранной шкалы измерения, практики “Шести сигм” разнятся между собой по уровню квалификации.

Мастера Черных поясов — это тренеры. Они не только полноценные Черные пояса, но еще и владеют навыком преподавания, поэтому работают с другими практиками и одновременно выступают для них наставниками. Черные пояса имеют отличное образование и обычно работают на полной ставке как руководители проектов “Шесть сигм”. Зеленые пояса прошли менее глубокое обучение и работают в проектах “Шесть сигм” по совместительству, либо помогая в проектах Черных поясов, либо руководя собственными, но менее сложными проектами. Желтые пояса имеют еще более низкую квалификацию и, хотя они способны помогать в реализации проектов Зеленых или Черных поясов, они обычно используют свои знания “Шести сигм” в собственной ежедневной работе. Иерархия практиков “Шести сигм” представлена на рис. 3.2.

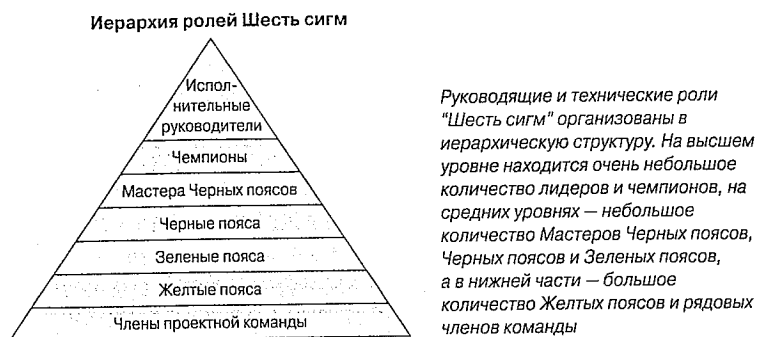


Рис. 3.2. Иерархия ролей “Шесть сигм”

В следующих разделах подробно описаны роли и квалификация практиков “Шести сигм”.

### Мастера Черных поясов

Мастера Черных поясов — это эксперты, которые всегда рядом; они выступают наставниками для Черных, Зеленых и Желтых поясов. Часто они владеют учебными планами и знаниями “Шесть сигм” для своих организаций. Как наставники Мастера Черных поясов консультируют другие Пояса по фундаментальным вопросам бизнеса, а также по проблемам конкретных проектов.

### Черные пояса

Это самые глубоко обученные эксперты, досконально знающие все методы и инструменты “Шесть сигм”. Они пользуются большим уважением за владение знаниями и навыками, необходимыми для радикального улучшения самых сложных процессов. Количество Черных поясов обычно составляет один-два процента от общей численности персонала организации, и это для них основная работа. Черный пояс выполняет следующие функции.

- ✓ Реализует те проекты “Шесть сигм”, которые, как доказали исторические примеры, приносят организации чистую прибыль в размере не менее 150 тыс. долл. Черный пояс “Шесть сигм” способен за год реализовать вплоть до четырех таких проектов.
- ✓ Для других сотрудников организации выступает наставником; обучает их применять методы и инструменты “Шесть сигм”.
- ✓ Ведет сложные проекты улучшения процессов служб, бизнес-единиц или совместных для нескольких служб процессов, для которых нужны значительные объемы данных и незаурядная аналитическая квалификация.

- ✓ Распространяет новые стратегии и инструменты через обучение, семинары, изучение практических ситуаций, местные симпозиумы и т.д.
- ✓ Находит внутренние и внешние (поставщики и потребители) возможности для новых проектов “Шесть сигм”.

### Зеленые пояса

Зеленый пояс “Шесть сигм” обучен решать большинство проблем как в операционной, так и в производственной среде. Зеленые пояса выступают лидерами процессов, собственниками процессов, администраторами, операционными специалистами, менеджерами и руководителями, обладающими значительной деловой, управленческой, статистической квалификацией, а также навыками решения проблем. Количество Зеленых поясов обычно составляет пять-десять процентов от общей численности персонала организации. Основные функции Зеленого пояса следующие.

- ✓ Реализует в год около двух проектов “Шесть сигм”, которые, как доказали исторические примеры, приносят организации в среднем чистую прибыль в размере 35 тыс. долл.
- ✓ Непосредственно обучает персонал применять стратегии и инструменты “Шесть сигм”.
- ✓ Ведет проекты улучшения процессов служб, бизнес-единиц или совместных для нескольких служб процессов в среде, для которой не требуются сложные данные или глубокий статистический анализ.
- ✓ Распространяет новые стратегии и инструменты через обучение, семинары, изучение практических ситуаций, местные симпозиумы и т.д.
- ✓ Находит внутренние и внешние (поставщики и потребители) возможности для новых проектов “Шесть сигм”.

### Желтые пояса

Любой человек в организации может использовать элементы методологии “Шесть сигм” и улучшить свою работу. Поэтому каждый способен помочь Зеленым и Черным поясам в реализации проектов. Но не каждому нужно погружаться в детали или множество проблем в такой степени, для которой требуется уровень обучения или квалификации Зеленого или Черного пояса.

Таким образом, Желтые пояса “Шесть сигм” — это “все остальные”. Желтыми поясами называют канцелярский персонал, администраторов, операционный персонал, членов проектной команды, вообще всех технических или нетехнических сотрудников. Почти каждый может определить шкалу измерения и критичные факторы процесса, собрать определенные данные, описать процесс, провести несложные улучшения, заметить выгодные шансы.

Цель Желтого пояса — думать, опираясь на данные и учитывая причинно-следственные связи, и применять такой образ мышления в своей работе. Желтые пояса поддерживают проекты Черных и Зеленых поясов и даже порой берутся за реализацию своих собственных небольших проектов.



Остерегайтесь говорить о “средней” стоимости проекта Черного, Зеленого или Желтого пояса. Отдача проектов колеблется в широких пределах. Иногда мелкие проекты приносят неожиданно высокую прибыль, тогда как изначально многообещающие проекты так никогда и не достигают своего потенциала. Упомянутые выше средние цифры основаны на долгосрочном опыте множества компаний и отраслей.

## Единая команда

Каждый ролевой игрок "Шесть сигм" работает в тесном контакте с другими членами команды, как показано на рис. 3.3, а в центре общего внимания и совместных усилий находится проект.

Карта ролевых отношений

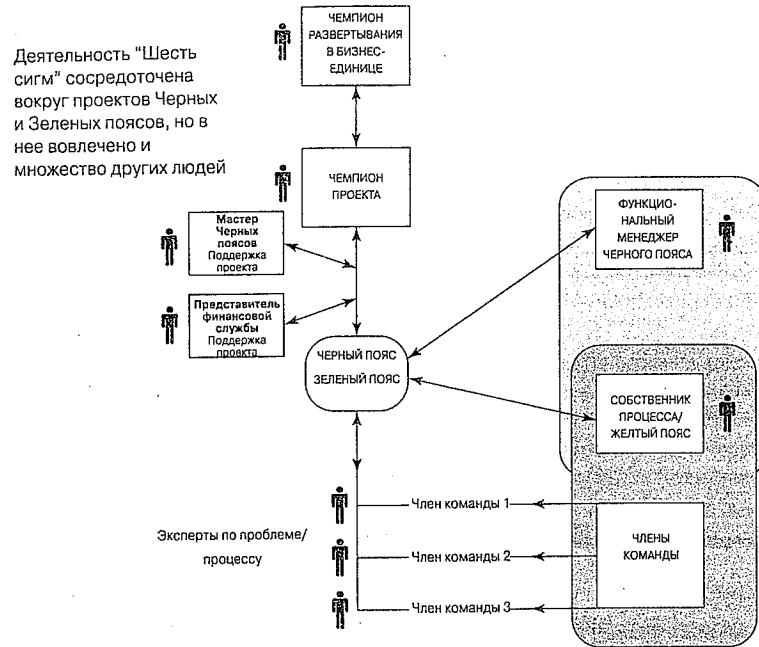


Рис. 3.3. Проект — центр всей деятельности "Шесть сигм"

## Жизненный цикл инициативы "Шесть сигм"

Инициатива "Шесть сигм" проходит пять основных стадий (рис. 3.4).

1. Первая: вы иницилируете "Шесть сигм", задавая цели и создавая инфраструктуру.
2. Вторая: вы развертываете инициативу, назначая, обучая и оснащая необходимым персоналом.
3. Третья: вы реализуете проекты и улучшаете работу организации, получая также финансовые результаты.
4. Четвертая: вы расширяете диапазон инициативы, включая в нее дополнительные организационные единицы.
5. Пятая: вы поддерживаете инициативу через реорганизацию, повторное обучение, постепенное развитие.

## Жизненный цикл Шесть сигм

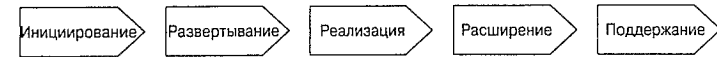


Рис. 3.4. Развитие "Шесть сигм" через пять отдельных стадий

Каждый этап детально рассмотрен в нижеследующих разделах.

## Инициирование: готовься... целься...

Инициативы "Шесть сигм" — это программы. Поэтому они требуют программной подготовки и планирования, которые начинаются с описания задач готовности. На стадии инициирования набирается основная команда, готовятся вспомогательная инфраструктура и процессы, необходимые для деятельности на следующей стадии развертывания (табл. 3.1).

Таблица 3.1. Элементы инициирования "Шесть сигм"

Основные элементы	Детализация
Планирование запуска	Полностью задокументированная система руководства "Шесть сигм", планы реализации, графики, методика наблюдения за деятельностью и отчетности о ней
Руководящие указания по управлению персоналом	Модели компетенции и отбор участников, описание должностей и ролей, компенсационные пакеты, отношения подотчетности, планирование карьеры
План коммуникаций	Общая стратегия (кто, что, когда), содержание послыла организации внешнему миру в зависимости от времени, методов, средств коммуникаций
Руководящие указания по финансовым вопросам	Определение экономии, проектное прогнозирование, методы оценки, контроль реализации. Интеграция параметров инициативы с контролем проекта и управленческим программным обеспечением
Руководящие указания по выбору проектов	Критерии определения, категория проекта, формулировка проблемы, целевые значения экономии, процесс утверждения, требования к завершению
Контроль проекта и отчетность	Определение организационной структуры, руководства пользователя, обучение, подготовка отчетности
Управленческий надзор	Для создания у персонала постоянного чувства важности и безотлагательности инициативы, для предотвращения естественного затухания инициативы
Поддержка информационными технологиями	Установка программного обеспечения, приобретение необходимых компьютеров, развитие интранета, базы данных для итоговых отчетов

В рамках программы инициирования высшие и старшие руководители проходят специальное обучение. Они всесторонне рассматривают процесс развертывания "Шесть сигм" и его предполагаемые результаты. Высшие руководители также согласовывают такие крупные вопросы, как диапазон, сроки, цели и задачи, и готовят для всех служащих и других участников официальное заявление о поддержке инициативы "Шесть сигм".



Диапазон первых этапов развертывания должен быть достаточно узким. Самые успешные инициативы "Шесть сигм" начинаются с нескольких избранных направлений бизнеса или подразделений, или видов деятельности.

## Развертывание: все приходит в движение

Когда уже создана вспомогательная инфраструктура, сформулированы корпоративные цели и заданы параметры, приходит черед выбора Чемпионов и первых кандидатов в Черные, Зеленые и Желтые пояса.

Чемпионов обучают методологии “Шесть сигм”, принципам ее внедрения и выбору проектов, практике и инструментам; после чего они начинают важнейшую работу по выбору первых проектов “Шесть сигм”.

Одновременно основная команда развертывает инфраструктуру. Это включает финансовую практику, в том числе руководящие указания для аудита финансовых показателей проектов; компьютерные программные средства для статистического анализа, управления проектами, оптимизации процессов; учебные материалы, учебные программы, календарные графики для обучения всех Поясов; мотивационные послы со стороны менеджмента. Развертывается система контроля за процессом.

Согласно плану развертывания, обучают и назначают на проекты Черные, Зеленые и Желтые пояса первой волны.



Развертывание “Шесть сигм” включает практику выполнения проектов, что является частью обучения Поясов. Все виды их обучения содержат в качестве учебных элементов определение, описание и улучшение рабочего процесса. Хотя из-за этого период обучения удлиняется, учащиеся повышают чистую прибыль своей организации уже после начального этапа обучения. Другими словами, инвестиции в обучение сразу же становятся рентабельными.

## Реализация: появляются первые успехи

После завершения обучения Поясов первой волны первые успехи становятся дополнительной движущей силой для инициативы “Шесть сигм”. По мере роста достижений количество сторонников инициативы пополняется, в нее начинают верить даже скептики.

На этой стадии практики определяют и планируют процессы, выявляют критичные для качества индикаторы, собирают рабочие данные, описывают процесс. Они выполняют статистический анализ, находят корневые причины проблем и улучшают работу. Если ваша компания начала избавляться от брака, повышать производительность, снижать затраты и уменьшать время рабочего цикла — “Шесть сигм” работает!



Важно внимательно наблюдать за процессом. Поэтому Черных поясов необходимо назначить на их проекты на полный рабочий день и предоставить им средства для повышения производительности. Помощь нужна в их проектах и Зеленым поясам, и даже Желтым. Чтобы добиться успеха, технические вопросы должны решаться квалифицированными специалистами.



Не все первые проекты удачны — по различным причинам. Если широко разрабатываемые начинания проваливаются, это ставит под угрозу успех всей инициативы. Вот почему первые проекты должны иметь управляемый диапазон, сопровождаться умеренным риском, обещать отдачу в разумных пределах. Лучше отложить проекты с высоким риском и высокой отдачей на более позднее время.

## Расширение: донести в каждый уголок

Вслед за первыми успешными волнами реализации организация расширяет “Шесть сигм” на новые географические регионы, функциональные области и все направления бизнеса.

Внедрение “Шесть сигм” в каждое новое направление бизнеса — это инициатива сама по себе, потому она включает уже знакомые нам стадии инициирования, развертывания и реализации. Уроки, усвоенные во время первого развертывания, учитываются в пересмотренных планах дальнейшей реализации.

Для расширения “Шесть сигм” на каждое новое направление бизнеса или новую функциональную область необходима определенная подгонка этой методологии под местные условия. Приведем примеры.

- ✓ В технике и конструировании “Шесть сигм” использует методы и инструменты области, известной как “Разработка для “Шесть сигм”” (РШС — см. раздел “Разработка для прорыва”), а также инструменты наподобие аксиоматического дизайна.
- ✓ “Шесть сигм” в производстве включает экономную практику.
- ✓ Высоко компьютеризованная среда может включать автоматизированные управленческие инструменты исполнения процесса.
- ✓ Для развертывания в зарубежных странах потребуются интернационализация и локализация материалов и инструментов.

Также по мере роста объема и разнообразия портфеля проектов важно использовать общие для всего предприятия инструменты контроля и управления. Подробнее эта тема рассматривается в главе 12.



Первые несколько волн проектов в любой функциональной службе или на любом направлении бизнеса захватывают так называемые “низко висящие плоды”, т.е. очевидные выгодные возможности с высокой рентабельностью. Но когда инициатива “Шесть сигм” входит в стадию зрелости, вдруг обнаруживаются следующие два явления:

- ✓ все самые крупные проекты уже выполнены;
- ✓ культура Желтых поясов успевает устранить мелкие проблемы еще до того, как они станут крупными.

На этом этапе проектно-ориентированную культуру “Шесть сигм” начинает вытеснять сложившаяся культура.

## Поддержание: культура самоизлечения

“Шесть сигм” — это методология решения проблем. При ее развертывании набор инструментов “Шесть сигм” применяется к бизнес-проблемам в серии проектов, из которых каждый посвящен техническим, рабочим, относящимся к качеству и другим проблемам основных и вспомогательных процессов организации.

Путем расширения, которое обычно длится несколько лет, инициатива “Шесть сигм” добирается до самых дальних уголков предприятия. Вскоре после этого наблюдается следующая картина: все крупнейшие проблемы уже решены, а вся связанная с этим крупная прибыль уже получена. Первый полный цикл завершен. Что дальше?

В этой точке меняется характер инициативы “Шесть сигм”. Лидер развертывания и Чемпион сменяют постоянное направление — от проектной ориентации на управление процессами, когда инструменты “Шесть сигм” начинают играть уже вспомогательную роль, обеспечивая эффективность и рациональность деловых и рабочих процессов. Инструменты “Шесть сигм” занимают место в методологическом инструментарии организации рядом с другими избранными инструментами бизнес-операций.

В фазе поддержания действует культура самоизлечения. Проект "Шесть сигм" используется как подручный инструмент для оперативного решения вопросов, возникающих в результате новых инициатив и воздействия внешних сил. Система обучения "Шесть сигм" поддерживает потребности этих проектов и интегрирована с другими методами для поддержания потребностей процесса. Обучение используют, чтобы освежать знания персонала, привлекать нужных специалистов, подрядчиков и приобретать нужные компании.

## Часть II

# Понимание и реализация стратегии прорыва (ОИАУК)

The 5th Wave

Рич Теннант



"Мы с Тедом, анализируя данные опроса, провели вместе более 120 человеко-часов, и вот что мы обнаружили: Тед постоянно одалживает шариковые ручки и никогда не отдает; он нарочно, чтобы поиграть мне на нервах, скрипит стулом; а я, приходится признать, разговариваю во сне."

## Глава 4

# Найти проблему — определить проекты

*В этой главе...*

- ✓ Картина в целом
- ✓ Согласование “Шесть сигм” с нашими потребностями
- ✓ Определение проектов
- ✓ Правильно сформулированные ожидаемые преимущества

### *В этой части...*

“Шесть сигм” повсеместно известна как стратегия прорыва ОИАУК (Определение-Измерение-Анализ-Улучшение-Контроль). Для радикального улучшения своей работы вам нужно делать только одно: просто следовать структурированному процессу улучшения, а все остальное придет само собой! Это мы вам обещаем.

**С**уть “Шесть сигм” — решать проблемы, мешающие бизнесу или отдельному человеку. Но прежде нужно правильно определить свою цель или задачу — т.е. определить фокус проекта “Шесть сигм”. Потому что определение проекта составляет 50% успеха в игре на улучшение, а поиск действительных проблем критичен для успеха организации.

Стадия “Определение” стратегии прорыва (ОИАУК) означает, что вы уже выявили некоторое количество подлежащих решению проблем, которые затем преобразуются в проекты “Шесть сигм”. Главной задачей для всех практиков и менеджеров “Шесть сигм” будет стратегический подход к этим проблемам, чтобы получить максимальную отдачу от использования методологии “Шесть сигм”.

Определить проекты означает распознать проблемные зоны бизнеса и выработать четкое направление для решения выявленных проблем. Такая задача сродни вопросу “Как съесть слона?” И правильный ответ: “По кусочку”. Проблемные зоны бизнеса (гарантированная прибыль, счета к получению, выпуск продукции, удовлетворенность потребителей) — это все бизнес-проблемы размером со слона. Чаще всего для устранения каждой такой проблемной зоны потребуется несколько проектов “Шесть сигм”; другими словами, слона надо есть по кусочку.

## *Проект “Шесть сигм”*

Прогресс “Шесть сигм” обеспечивается старомодным способом — по одному проекту за раз. Однако реализовывать проекты не обязательно один за другим, можно и параллельно, поскольку в организации применяют стратегию прорыва несколько Черных, Зеленых и Желтых поясов (подробнее о Поясах мы говорили в главе 3). Проекты, по сути, служат единицей измерения, физической сущностью, через которую осуществляется прогресс “Шесть сигм”. Они представляют — и таковым являются — уровень детализации, необходимый для управления улучшением одного процесса или крупномасштабным улучшением всего бизнеса.

## Основы проекта

Проект “Шесть сигм” начинается как некая практическая проблема, пагубно влияющая на компанию, а заканчивается как практическое решение, улучшающее работу. В проектах рабочие проблемы сформулированы количественно, а также определены ожидаемые уровни работы и сроки, как показано на рис. 4.1.

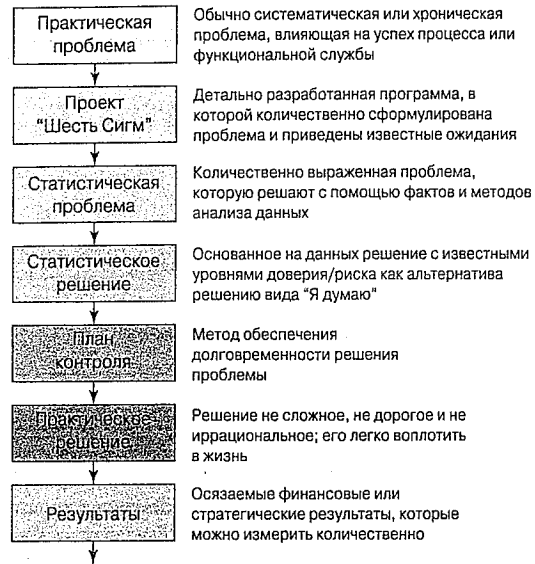


Рис. 4.1. Жизненный цикл проекта

Перечислим характеристики проекта.

- ✓ Оказывает финансовое влияние на доход или чистую прибыль до вычета налогов и процентов по заемным средствам или же имеет существенную стратегическую стоимость.
- ✓ Приносит результаты, значительно превышающие количество усилий, затраченных на улучшение.
- ✓ Решает проблему, устранение которой традиционными методами сопряжено с трудностями.
- ✓ Улучшает показатели более чем на 70% по сравнению с их текущим уровнем.

Проект направлен на решение проблемы бизнеса, которая отрицательно сказывается на ключевых элементах последнего:

- ✓ успехе организации;
- ✓ затратах;
- ✓ удовлетворенности служащих или потребителей;
- ✓ способности процесса;
- ✓ производительности;
- ✓ времени цикла;
- ✓ потенциале дохода.

## Преобразование проблемы

Когда определенную проблему выбирают как потенциальный проект "Шесть сигм", она претерпевает существенные трансформации — сначала из практической бизнес-проблемы

преобразуется в статистическую проблему, затем в статистическое решение и, наконец, в практическое. Формулируя свою проблему статистическим языком, вы начинаете искать ее решение с помощью цифр и только цифр. Отброшены в стороны внутреннее чутье, интуиция и даже "точные предположения" как способы ее решения.



Почти любая проблема решаема, если потратить на нее достаточно времени и денег. Но такое решение трудно назвать практическим, и не оно служит целью проекта "Шесть сигм". Практическим мы считаем решение несложное, простое в реализации и не требующее значительных ресурсов для получения намеченного улучшения.

## Ответственность в проекте

Методологии "Шесть сигм" присущи управленческая структура и система ответственности, которые и позволяют выявлять проблемы, определять проекты, находить решения и реализовывать улучшения. Любой проект "Шесть сигм" проходит через систему ответственности и собственности, как показано на рис. 4.2.

Ответственность в проекте

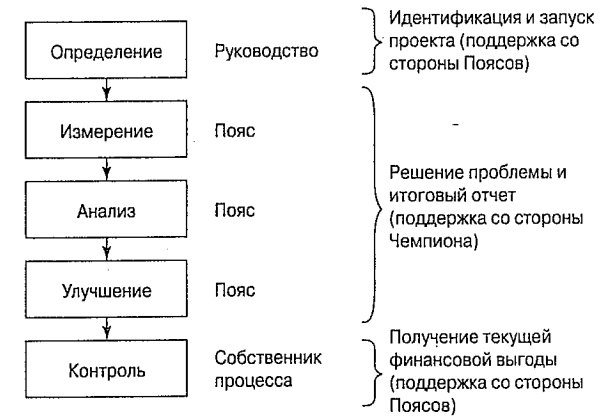


Рис. 4.2. Ответственность и собственность в проекте

Обязанности, ответственность и зоны реализации проекта распределены между менеджментом и различными Поясами, действующими для решения проблем. Менеджмент, в том числе собственник проекта, отвечает за определение приоритетов и точки приложения усилий, тогда как рядовой (не руководящий) персонал ответственен за воплощение решения в жизнь и получение преимуществ. Эти взаимоотношения, действующие на протяжении жизненного цикла проекта, исключают неудачу элементов "Шесть сигм".



"Шесть сигм" — это командная программа. Пояса не сидят, сложа руки, а помогают менеджменту даже на фазе "Определение", когда именно менеджеры отвечают за идентификацию и запуск проекта. Вообще говоря, на Пояса приходится 20% ответственности за определение и управленческое одобрение, а на руководителей — 80%. Когда же дело доходит до воплощения проекта в жизнь — до части "ИАУК" стратегии прорыва, — процентное соотношение меняется на обратное.



## Каковы ваши и мои нужды

Замечательной особенностью методологии “Шесть сигм” является повышение удовлетворенности многих заинтересованных сторон компании, таких как потребители, служащие, руководители, собственники. Общий знаменатель для всех этих групп — и то, что удовлетворяет их различные потребности, — сосредоточенность на улучшении бизнес-процессов.

Поэтому ответ на вопрос “Каковы ваши и мои нужды?” звучит так: улучшить какой-нибудь бизнес-процесс, в результате чего будут удовлетворены потребности одной или нескольких заинтересованных сторон. Таков хлеб насущный “Шесть сигм”.

Неизбежно возникает следующий вопрос: “На достижение каких преимуществ — для бизнеса или для потребителей — должны быть направлены проекты “Шесть сигм”?” Хотя ответ зависит от обстоятельств, любое улучшение бизнес-процессов обычно несет преимущества для обеих сторон.

Например, если вы производите товар с дефектом, в конечном счете пострадают потребители, независимо от того, как часто вы проверяете товар перед отгрузкой. Просто процесс инспекции не идеален, поэтому до потребителей доходит определенный процент бракованной продукции.

Реализуя проект “Шесть сигм” для улучшения конечной продукции, вы получаете положительный эффект — снижается объем проверок, переделок, брака, количество запасов на складе готовой продукции и другие смежные затраты. Положительно такой проект скажется и на потребителях, поскольку снижается вероятность отгрузки бракованной продукции, уменьшаются длительность цикла и себестоимость, а вероятность успешной доставки возрастает.

Разве теперь не очевидно, что с точки зрения потребителей им всегда выгодно усовершенствование любых бизнес-процессов? Вопрос в другом: какая проблема самая неотложная, какую решать в первую очередь? Дело не в том, кому — бизнесу или потребителям — выгоден проект “Шесть сигм”. Мы уже поняли, что обеим сторонам. Поэтому в действительности задача формулируется просто: выявить самые неотложные операционные проблемы и устранить их раз и навсегда.

### Согласование “Шесть сигм” со стратегией

“Шесть сигм” — это охватывающая все предприятие стратегия поиска проблемных зон, определения проектов улучшения, реализации основанных на данных кардинальных решений, к тому же предсказуемым и повторяемым образом, что позволяет улучшить результаты бизнеса. Чтобы извлечь из методологии “Шесть сигм” максимальную выгоду, необходимо увязать ее со стратегическими потребностями бизнеса. Данный подход отображен на рис. 4.3.



Компании определяют совокупность ключевых целей и задач для достижения видения и выполнения операционного плана. Но наряду с этим для достижения этих ключевых целей и задач компаниям приходится выявлять и решать критичные проблемы. Поэтому, выбирая проекты “Шесть сигм”, нужно иметь в виду упомянутые цели и задачи.



На рис. 4.3 представлен расширенный взгляд на стратегию прорыва, которая включает в начале шаг “Признание” и в конце — шаг “Реализация”. Общая стратегия заключается в поиске тех зон бизнеса, которые нуждаются в улучшении, чтобы достичь целей бизнеса (“Признание”). В связи с этим приходится определять проблемы, без решения которых невозможно улучшить проблемные зоны (“Определение” проектов). Далее мы находим решение проблемы, воплощаем его в жизнь и получаем соответствующие дивиденды.



Рис. 4.3. Согласование проекта с потребностями бизнеса



Начинайте с оценки потребностей более высокого порядка для вашей организации, используя любые знания, полученные от голоса потребителей (ГП (VOC)) и голоса бизнеса (ГБ (VOB)). ГП — это все потребности и ожидания ваших потребителей в отношении ваших товаров и услуг. ГБ представляет все потребности и ожидания компании. Основная идея состоит в оценке как ГП, так и ГБ, чтобы обнаружить разрывы — зоны, где ожидания компании и потребителей не совпадают. Подробнее о ГП и ГБ мы поговорим в главе 6.

Назовем обстоятельства, в которых выпукло обозначаются проблемы.

- ✓ Потребители возвращают бракованную продукцию или растут затраты на гарантийный ремонт.
- ✓ Поступают жалобы от потребителей.
- ✓ Возникают вопросы с дебиторской задолженностью и выставлением счетов.
- ✓ Растет время цикла или уменьшается быстрота реагирования.
- ✓ Неэффективные или дефектные услуги.
- ✓ Часть выпущенной продукции приходится переделывать или отправлять в брак.
- ✓ Ограничения производственной мощности.
- ✓ Растут складские запасы нерезализованной продукции.

### Описание бизнес-ситуации для идентификации проекта

Использование такого инструмента “Шесть сигм”, как “описание бизнес-ситуации”, помогает идентифицировать проблемные зоны компании, кратко охарактеризовать проблемную ситуацию и оценить потенциальную пользу проектов по улучшению. На этом этапе анализа не ставится задача четко определить проект “Шесть сигм”; необходимо только выявить зоны, где такие проекты нужны.



Описание обобщенной бизнес-проблемы не нуждается в детализации. Подробности понадобятся при определении собственно проекта, непосредственно перед фазой “Измерения” методологии ОИАУК. Приведем примеры обобщенных бизнес-проблем.

- ✓ Чрезмерное количество возвратов продукции по гарантии.
- ✓ Рост дебиторской задолженности.
- ✓ Низкая конкурентоспособность по выпуску продукции и затратам.
- ✓ Компания недостаточно оперативно выполняет заказы потребителей на поставку продукции.

Потенциальная финансовая выгода от улучшений равна текущей лучшей оценке на основе данных или знаний в настоящее время. Сначала достаточно всего лишь приблизительной цифры.

Ниже приведена схематическая бизнес-ситуация. Вы можете использовать ее как шаблон для своей организации.

У нас как у компании показатели \_\_\_\_\_ в области \_\_\_\_\_ не соответствуют \_\_\_\_\_ . В целом это вызывает проблемы \_\_\_\_\_ , которые приносят нам убыток в размере \_\_\_\_\_ в \_\_\_\_\_ .

И примеры реальных бизнес-ситуаций.

- ✓ У нас как у компании показатели *погашения дебиторской задолженности* в области *выставления счетов* не соответствуют *нормативу — 47 дней окисдания*. В целом это вызывает проблемы *с потоком наличности и бюджетом*, которые приносят нам убыток в размере *4 млн. долл. в год*.
- ✓ У нас как у компании показатель *выхода конечной продукции* в области *красок и лаков* не соответствует *целевой величине — 97%*. В целом это вызывает проблемы *с нерациональным использованием помещений, отгрузкой продукции и ресурсами*, которые приносят нам убыток в размере *900 тыс. долл. в год*.
- ✓ У нас как у компании показатели *доставки* в области *товаров для здоровья* не соответствуют *требованиям своевременности и величины затрат*. В целом это вызывает проблемы *с доставкой и удовлетворенностью потребителей*, которые приносят нам убыток в размере *3 млн. долл. недополученной прибыли и 1,5 млн. долл. издержек в год*.

### Описание бизнес-ситуации

Само по себе описание бизнес-ситуации способно раскрыть организации глаза и воодушевить ее на перемены. Процесс выполняет команда; каждому ее члену вручают 15–20 самоклеющихся листков для заметок, на которые нанесен шаблон описания бизнес-ситуации, показанный в предыдущем разделе.

Каждый член группы самостоятельно, без обсуждения с коллегами, описывает как можно больше бизнес-ситуаций. Так выявляют проблемные зоны компании. Исчерпав все свои идеи, член команды наклеивает заполненные листки на стену и ждет, пока свою часть работы завершат остальные коллеги.



Метод описания бизнес-ситуации можно использовать на уровне филиалов, подразделений, процессов и даже на индивидуальном. Он представляет собой адаптированный инструмент “Шесть сигм”, известный как *диаграмма родства* и имеющий множество сфер применения — от планирования семейного отпуска до решения сложной бизнес-проблемы.



Диаграмма родства — это результат рабочей сессии, в ходе которой члены команды записывают свои идеи на самоклеющихся листках для заметок. Затем члены команды без консультаций между собой группируют отдельные идеи в естественные категории. Конечная подборка сгруппированных идей и образует так называемую диаграмму родства. Преимущества такого модифицированного мозгового штурма заключаются в том, что удается собрать идеи всех членов команды, не сдерживаемых критикой, а также получить естественным образом сформированные важные категории идей.

Описанный процесс повторяется несколько раз (поэтому называется итерационным). Каждый член команды прочитывает все идеи по бизнес-ситуации и распределяет их по общим кластерам родства. Так идеи перемещаются из кластера в кластер, и через 10–15 минут данный шаг завершается.

Обычно в результате удается выявить пять-десять проблемных зон. Руководитель команды присваивает каждому кластеру название: “гарантийные возвраты”, “дебиторская задолженность” и т.д. Как правило, часть идей дублирует одна другую, что служит показателем ее важности.

### Завершение описания бизнес-ситуации

Сложная часть рабочей сессии закончена, начинается удовольствие. Команда, выявив пять-десять разных проблемных зон, теперь должна добавить цифры и факты и создать несколько дополнительных категорий, чтобы придать идеям доступную для реализации форму. Следующий шаг — назначить ответственного за данную проблемную зону. Поскольку решение групповое и, как правило, очевидное, этот шаг завершается быстро, а имя ответственного записывают на соответствующем листке. Наконец, определяют самого вероятного собственника всего кластера.



Поскольку все участники рабочей сессии были активно вовлечены в процесс, по всем вопросам существуют взаимное доверие и ответственность. Другое важное преимущество в том, что каждый участник рабочей сессии должен прочесть все записки и переместить их из одного кластера в другой; при этом мозг обрабатывает информацию, и человек знакомится с общими для всей организации проблемами. Так образуется общая платформа знаний и сотрудничества, и все участники рабочей сессии вовлекаются в деятельность по улучшению.

Итак, у вас есть ценный набор данных и знающая команда — все необходимое для разработки плана улучшений с помощью “Шесть сигм”. Вы также знаете, какие важные улучшения необходимо провести, распределили ответственность, оценили потенциальную экономию. Вы готовы определить конкретные проекты для решения кажущихся неподъемными проблем. Вы вступаете в фазу “Определение” методологии ОИАУК.

### Определение проекта “Шесть сигм”

При определении проекта мы углубляемся в механику “Шесть сигм”. Не стоит жалеть времени на то, чтобы сделать этот шаг правильно, поскольку успех проекта на 50% зависит от качества его определения!



Перечислим лиц, как правило, идентифицирующих потенциальные проекты (детальнее об этих ролях см. в главе 3).

- ✓ Чемпионы.
- ✓ Пояса.
- ✓ Лидеры процессов.
- ✓ Функциональные менеджеры или собственники процессов.

Вообще, предложить проект имеет право любой служащий, однако рассмотреть предложение и поддержать его должен кто-то из перечисленных лиц.



Назовем самые распространенные ошибки, возникающие при определении потенциального проекта.

- ✓ Выбрана слишком грандиозная проблема (например, решить проблему мирового голода или вскипятить океан). Симптомы этой ошибки включают рассмотрение слишком многих  $Y$  (выходных факторов, результатов) для улучшения, множественные цели, многих собственников процесса, много подразделений. Как устранить эту ошибку: разделить слишком крупную проблему на несколько проектов. В общем, это давно известная стратегия “разделяй и властвуй”.
- ✓ Проблема слишком легкая.
- ✓ Решение проблемы известно.
- ✓ Решение кажется очевидным; анализ проблемы не требуется.
- ✓ Проблема порождена просто недостатками управления, она не дотягивает до уровня “настоящего” проекта для Пояса.

### Шаги процесса определения проекта

Чтобы правильно определить проект, лучше всего выполнять известную последовательность действий (или процесс). Как правило, потребуется восемь типовых шагов.

1. Определить  $Y$ : что конкретно нужно улучшить.
2. Идентифицировать смежные процессы и их физическое место расположения.
3. Определить базовые значения для каждого выбранного  $Y$ .
4. Идентифицировать влияние проблемы и величину обусловленных ею убытков.
5. Письменно сформулировать проблему.
6. Письменно сформулировать задачу.
7. Найти кандидатов и привлечь их в проектную команду.
8. Получить одобрение, запустить проект.

Эти шаги представляют собой комбинацию двух видов работы: сбора данных и организации их в слаженный проект. Лучше всего подготовить план процесса в виде табл. 4.1.

Таблица 4.1. Рабочая таблица для определения проекта

Шаг	Действие	Информационные элементы для определения проекта	Определение/объяснение	Здесь внести информацию по реальному проекту (в табл. приведены примеры)
1. Идентифицировать конкретную и подлежащую решению проблему для бизнес-ситуации или другого источника	1A	В чем состоит конкретная проблема?	Определенное обстоятельство бизнеса или помеха на пути к успеху, сформулированные как обобщенный эффект, который проблема оказывает на компанию. Обычно проблема относится к затратам, доходам, качеству, доставке	Большие запасы нереализованной готовой продукции занимают складскую площадь, требуют затрат управленческого времени, затрудняют движение денежных средств
	1B	Где возникает проблема?	Выяснить, где возникает проблема. Указать конкретное место, такое как город, предприятие, а также общее название сферы (дебиторская задолженность, закупки, производство, работа с персоналом)	Организация контроля материалов
	1C	Как долго существует эта проблема?	Выяснить, когда впервые проявилась проблема, или период, в течение которого она существует. Например: проблема возникла в феврале 2004 года; она существует последние 15 месяцев; она существовала всегда	С января 2005 года
	1D	Какие потребители сильнее всего страдают от этой проблемы? Или внутренние или внешние потребители?	Выяснить, какие потребители сильнее всего страдают от этой проблемы. Это могут быть внутренние или внешние потребители	Розничные реализаторы нашей продукции
2. Идентифицировать конкретные выходные факторы ( $Y$ или КрдК), которые необходимо улучшить, и их базовые значения	2A	Определить характеристики или результаты процесса ( $Y$ ), которые улучшатся вследствие решения проблемы	Указать название результата ( $Y$ ), который вы надеетесь улучшить, решив проблему. Это конкретное название, как, например, результат испытаний товара, жалобы потребителей, ошибки в выставленных счетах, уровень складских запасов, оперативность реагирования (в единицах времени)	Уровень складских запасов сырья

Шаг	Действие	Информационные элементы для определения проекта	Определение/ объяснение	Здесь внести информацию по реальному проекту (в табл. приведены примеры)
	2B	Указать основной показатель для каждого Y. Этот показатель описывает проблему и используется для измерения и отслеживания процесса улучшения	Основной показатель — это комбинация названия выходного фактора (Y) и связанной с ним единицы измерения. Например, на сколько процентов фактический крутящий момента двигателя меньше указанного в технических характеристиках, ежедневное количество жалоб потребителей, количество ошибок на один выписанный счет, через сколько минут оператор перезванивает позвонившему потребителю	Сколько дней хранится на складе готовая продукция
	2C	Оценить масштаб проблемы, используя основной показатель (исходную величину)	Собрать данные, чтобы определить движение основного показателя; убедиться, что эти данные — долгосрочные, а не краткосрочные. Зависимость данных от времени удобно представить с помощью Excel-макроса и затем наблюдать за ходом улучшения. Эти данные образуют базу, от которой следует рассчитывать потенциальную финансовую выгоду проекта вследствие улучшений	Длительность пребывания товаров на складе готовой продукции: в среднем 31,2 дня, максимально — 37,1 дня, минимально — 28 дней
	2D	Указать производные показатели	Это любые другие характеристики или выходные факторы процесса, которые вы хотите отслеживать, чтобы убедиться в отсутствии отрицательного влияния на другие зоны из-за решения проблемы	Процент неудовлетворенных заказов на поставку из-за недостаточных складских запасов

Шаг	Действие	Информационные элементы для определения проекта	Определение/ объяснение	Здесь внести информацию по реальному проекту (в табл. приведены примеры)
3. Идентифицировать смежный процесс и подготовить карту макропроцессов	3A	Присвоить основным процессам названия, которые ассоциируются с проблемой	Крупные процессы обычно включают в себя подпроцессы. На этом этапе нужно идентифицировать шаги процесса, чтобы продемонстрировать масштаб проекта и позднее идентифицировать собственников процесса. При этом следует руководствоваться тем, где проблема начинается и заканчивается, и присвоить названия основным шагам	Закупки, пополнение исходных материалов, сверка складских запасов, контроль производства, планирование
	3B	Разработать карту обобщенных бизнес-процессов, чтобы указать масштаб проекта	Используя данные из предыдущих шагов, вычертить обобщенный процесс, включая как можно больше нужной информации, такой как поток операций, данные о процессе, названия	См. пример на рис. 4.5
4. Идентифицировать затраты и влияние проблемы	4A	Идентифицировать самые вероятные центры затрат, которые благодаря этому проекту получают преимущества	Кто в настоящее время несет дополнительные расходы из-за данной проблемы? Именно эти центры затрат получают преимущества в результате улучшения. В общем это означает, что в данных областях будут предприняты определенные действия	Подразделение 5422 по контролю над складскими запасами
	4B	Оценить ежегодный финансовый эффект проекта. Обычно такой прогноз составляют с доверительным уровнем 80%	С помощью финансового представителя подготовить разумную оценку или целевую экономию для данного проекта. При этом можно сослаться на "Формулировку задач", чтобы указать целевое улучшение; например, затраты могут быть выражены как расходы на оплату труда, стоимость складских запасов, производственные расходы, стоимость материалов	Достигнув лучшего по отрасли показателя оборачиваемости складских запасов, — 13,5, — мы могли бы сэкономить 250 тыс. долл. в год

## Определяем предмет улучшения

Вообще говоря, мы хотим улучшить определенный процесс, но какие именно его характеристики или результаты требуют улучшения? Поэтому наш следующий шаг — установить, какие выходные переменные процесса (Y) надо улучшить, чтобы решить бизнес-проблему (рис. 4.4). Переменные Y, требующие улучшения, должны легко идентифицироваться и выражаться количественно.



Рис. 4.4. Выбор выходного фактора процесса для улучшения



Если оказывается, что улучшить требуется более двух Y, то, вероятно, ваш проект слишком масштабен. Возможно, вам стоит разделить его на несколько проектов.

Теперь вам, вероятно, придется глубже изучить шаги процесса, обуславливающие результат Y. Это позволит понять сложность и размах (масштаб) проекта и то, кого следует к нему привлечь.

На этом этапе вам потребуется карта макропроцессов с отображением крупных потоков, создающих интересующий вас результат. (К счастью, для создания таких карт практиками “Шесть сигм” уже давно разработаны и освоены несколько программных пакетов, таких как SigmaFlow, Visio, iGrafx.) На карте изображен полный диапазон процесса, а также все основные затронутые им зоны.

На рис. 4.5 приведен пример пиццерии, где на изготовление пиццы уходит слишком много времени. Карта макропроцессов иллюстрирует основные производственные шаги.

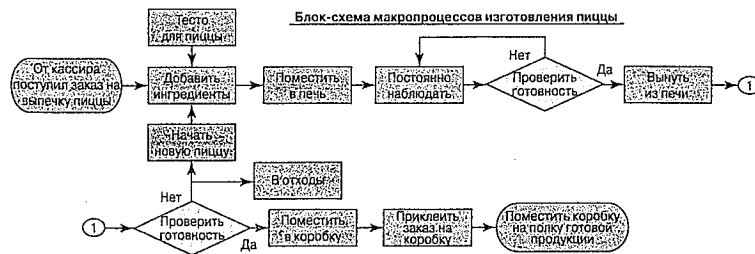


Рис. 4.5. Карта макропроцессов

## Насколько плоха ситуация?

Возможно, вы уже прочувствовали масштаб проблемы, которую вам предстоит решить. Однако согласно методологии “Шесть сигм” вы должны не просто “чувствовать” величину проблемы (или уровень дефекта), а и выразить ее в какой-нибудь единице измерения (например, часы, сантиметры, процент задержки и т.д.).



В этой фазе программы улучшения вы, возможно, еще не располагаете достаточным количеством точных данных. Хотя, безусловно, для количественной оценки величины проблемы наличие достоверной информации было бы очень кстати, но не стоит расстраиваться из-за ее отсутствия, недостаточности или невысокой точности, поскольку и объем, и достоверность данных вы значительно повысите, когда перейдете к фазе “Измерение”.

Повышение достоверности данных крайне важно, поскольку вам необходимо видеть текущие показатели (исходные), желаемые (целевые) и фактические по завершению проекта.

Сравнение данных трех видов продемонстрировано на рис. 4.6. С помощью этого графического метода — так называемого временного ряда — практики “Шесть сигм” отслеживают процесс улучшения. В данном случае на рисунке показано количество пиццы, на изготовление которой ушло больше времени, чем пиццерия планировала, чтобы не заставлять посетителей долго ждать.

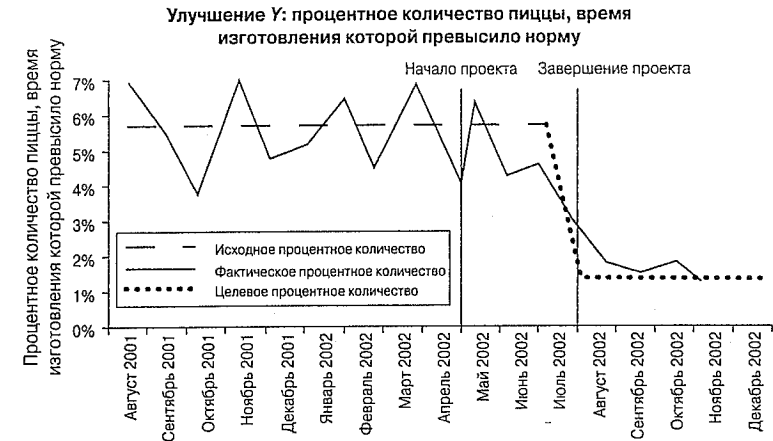


Рис. 4.6. Временной ряд для отслеживания процесса улучшения



Убедитесь, что ваши данные — длительные, а не краткосрочные. Краткосрочные данные служат всего лишь фотографией происходящего в данный момент и потому могут ввести вас в заблуждение. Кроме того, они не отражают все потенциальные источники вариации, из-за которых за длительное время и возникает проблема; примером такой вариации служат сезонные эффекты.

Итак, вы уже выяснили, что именно нужно улучшить, какие процессы порождают вашу проблему, и узнали текущие показатели. Возможно, вы также достаточно точно оценили, какие убытки приносит вам данная проблема. Задав целевой уровень улучшения, вы сможете определить финансовую выгоду от реализации проекта. Такая информация обязательно заинтересует любого неравнодушного к своей работе менеджера.



Зная исходный уровень показателей, вы без труда рассчитаете ту потенциальную финансовую выгоду, которую получите при достижении целевого уровня улучшения.

## Стоит ли игра свеч?

“Шесть сигм” в первую очередь направлена на уменьшение затрат путем устранения потерь (отходов, неэффективной работы, перерасхода материалов, переделок сделанного и т.д.), которые только увеличивают затраты, но не добавляют стоимость. Как правило, проекты “Шесть сигм” должны принести финансовый результат, прямой или косвенный, за счет снижения затрат, роста доходов, улучшения баланса или достижения стратегических целей.

Каждый проект “Шесть сигм” имеет три возможные категории экономии: твердую, мягкую и потенциальную.

- ✓ Твердая экономия уменьшает затраты и приводит к улучшению финансовых показателей.
- ✓ Мягкая экономия — это финансовые преимущества, могущие появиться вследствие проекта “Шесть сигм”, но не как его прямой результат. Мягкую экономию рассчитывают через рациональную оценку ожидаемых выгод и анализ вероятности их появления. Например, благодаря проекту “Шесть сигм” выросла удовлетворенность потребителей, и они стали размещать больше заказов. Правда, поскольку на количество заказов влияет множество факторов, не всегда удается рассчитать его изменение, вызванное проектом, хотя мы точно знаем, что проект помог. Так как невозможно обнаружить прямую причинно-следственную связь между проектом и экономией, последнюю называют мягкой.
- ✓ Потенциальная экономия представляет собой форму твердой, но чтобы ее получить, нужны определенные действия или решение. Примером служит проект, оптимизирующий дизайн нового товара. Пока не появится новый дизайн, экономия остается только потенциальной.



Вообще говоря, улучшение структуры затрат происходит вследствие уменьшения расходов на оплату труда, складских запасов, расхода материалов, стоимости денег, отходов, процентной доли простаивающего оборудования, неиспользуемых производственных площадей и т.д.

Уменьшение расходов, тем не менее, — неподходящий показатель для определения экономии “Шесть сигм”. Если улучшен какой-нибудь процесс, уже невозможно узнать, что произошло бы в будущем, не реализуй мы проект. Очень многие проекты “Шесть сигм” представляют собой непосредственное снижение затрат, что приводит к твердой экономии. А хороший способ оценить потенциальную стоимость проекта — это рассчитать, сколько бы мы сэкономили, полностью устранив проблему.

### Формулировка проблемы как ее описание

Формулировка проблемы преследует несколько целей. Во-первых, существенно проясняется текущая ситуация, поскольку в формулировке проблемы конкретно указывается то, что нужно улучшить, уровень проблемы, ее местонахождение и финансовое влияние. Она также служит превосходным коммуникационным инструментом, помогая заручиться поддержкой других служащих. Если проблема хорошо сформулирована, люди легко понимают, чего именно вы намереваетесь достичь.



Формулировка проблемы должна быть краткой и включать ряд обязательных пунктов.

- ✓ Описание проблемы и показатель для описания.
- ✓ Название и место расположения процесса, в котором возникла проблема.
- ✓ Сколько времени существует проблема.
- ✓ Размер или величина проблемы.



Избегайте слишком простых формулировок проблемы. Стремление сформулировать проблему упрощенно — естественно, поскольку вы и без того отлично ее знаете. Однако нельзя забывать: чтобы решить проблему, вам нужна помощь других людей и ресурсы, поэтому формулируйте проблему достаточно детально — ведь ее контекст и важность должны понять те, от кого вы ждете поддержки.

Ниже приведены примеры глубины и количественного определения проекта “Шесть сигм”. В каждом примере после неадекватной формулировки проблемы “Шесть сигм” приводится приемлемая формулировка.

**Пример 1. Слишком велики запасы готовой продукции, поэтому их надо уменьшить.** Правда, такая формулировка проблемы встречается достаточно часто? Действительно, затоваривание — это проблема, но формулировка, содержащая столь мало информации, снижает наши возможности предпринять конкретные действия, найти сторонников, провести улучшение.



В формулировке проблемы не должно быть никаких рассуждений о ее причине или о том, какие действия нужно предпринять для ее решения. Действительно важно, чтобы на данном этапе вы не пытались устранить проблему или не склоняли заинтересованных лиц к своему варианту решения. Это задание — найти подлинные причины и решение проблемы — выполняют данные и метод “Шесть сигм”. Таков один из способов “Шесть сигм” помешать организациям и отдельным лицам прислушиваться к своей интуиции и внутреннему чутью для решения проблемы.

Теперь предлагаем улучшенную версию вышеприведенной формулировки проблемы.

- ✓ Длительность пребывания готовой продукции компании *West Metro* на складе в Скоттсдейле превышает допустимые нормы, из-за чего загромождены складские помещения, требуется дополнительное управленческое время, возникают трудности с движением денежных средств. В среднем продукция находится на складе 31,2 дня, а максимальное значение — 45 дней. С января 2004 года эти значения превышают целевое — 25 дней — 95% времени. Достигнув целевого значения, мы сэкономили бы 250 тыс. долл. в год.



Такие формулировки проблемы привлекают внимание людей, их энергию и поддержку.

Улучшенная формулировка проблемы содержит массу ценной информации. Указано, где именно происходит проблема, как долго она существует, ее масштаб и во сколько она обходится компании.

**Пример 2. Служба управления персоналом слишком долго подыскивает специалистов.** Опять перед вами пример широко распространенной формулировки проблемы. Однако она никуда не годится, поскольку в ней недостаточно информации, чтобы предпринимать какие-нибудь действия. Ее можно переписать и привести в приемлемую для “Шесть сигм” форму.

- ✓ Поиск программистов для конструкторского бюро полетных систем в Сан-Хосе осуществляется слишком долго — 91% времени превышает целевую норму 70 дней. За последние 15 месяцев службе управления персоналом на выполнение заявки по подбору специалистов требовалось в среднем 155 дней. Это обходится нам в 145 тыс. долл. ежемесячно из-за переработок, необходимости использовать сторонних специалистов, затрат на переделку сделанной работы.

**Пример 3. В нашей больнице существует проблема с правильным заполнением заявлений на возмещение страховыми компаниями наших расходов.** Никто не будет спорить, что подавать заявления с ошибками — это плохо. Очевидно, на переписывание заявлений расходуется дополнительное рабочее время, возникают задержки с выплатой возмещения и у сотрудников больницы появляется повод понервничать. Но если проблема сформулиро-

вана подобным расплывчатым образом, станет ли кто-нибудь напрягаться, чтобы ее решить? Возможно; а возможно, и нет. Наверняка у больницы существуют и более злободневные проблемы, чем указанная в данной формулировке.

Попробуем переписать формулировку. Чтобы она произвела эффект на тех, кто даст добро на программу решения проблемы, формулировка должна содержать как минимум какое-нибудь указание на масштаб проблемы. Описанные трудности возникают у всей больницы или только какого-то ее отделения? Приведем формулировку проблемы, подготовленную по стандартам “Шесть сигм”. Она содержит информацию, необходимую для принятия информированного решения.

- ✓ Заявления в страховые компании о возмещении затрат, которые подает отделение скорой помощи больницы “Фремонт Норт Мемориал”, приводят к потере дохода, затратам на переделку, задержкам в выплатах больнице. 45% заявлений содержат ошибки — в среднем 2,3 ошибки в одном заявлении. Данная проблема существует с июня 2004 года, когда функцию подготовки заявлений передали в Канзас-сити. Если бы ошибки возникали менее чем в пяти процентах случаев, поступление денег увеличилось бы на 3,5 млн. долл. в месяц, расходы на переделку уменьшились бы на 50%, мы получили бы дополнительные 1,3% дохода. Такой уровень качества подготовки заявлений увеличит прибыль на 395 тыс. долл. в год.



Готовьте формулировку проблемы, рассматривая ее с точки зрения тех, кто ее будет читать. Помните, что вам, вероятно, придется убедить руководство организации выделить ресурсы на решение проблемы, найти единомышленников, которые будут помогать вам. Чтобы не тратить свое драгоценное время, бесконечно объясняя суть проблемы каждому очередному человеку, лучше сразу включить в ее формулировку как можно больше информации.

Возможно, вы уже убедили самого себя, что у вас стоящий проект, проблема, заслуживающая внимания, и вам по силам убедить других помогать вам. Вы точно знаете, что именно надо улучшить, чтобы всем “жить стало лучше, жить стало веселее”. Но теперь возникают такие вопросы: какой масштаб улучшений нам нужен? И какого нам по силам добиться? Итак, мы подошли к этапу формулировки цели проекта.

### Какого улучшения будет достаточно

Чтобы выбрать целевой объем улучшений для проекта, нужно одновременно рассмотреть, какое улучшение вам необходимо для выполнения требований бизнеса и какого вы бы добились, будь у вас такой шанс и мощные возможности “Шесть сигм”. Звучит непонятно? Тогда вам помогут несколько простых указаний.

Определить целевой уровень улучшения для проекта — это комплексная задача. Одним ключевым элементом будет ваше личное мнение о том, что понимать под успехом. Второй элемент — это так называемая концепция теоретического уровня (детальнее о ней сказано в следующем маркированном списке). Сравнительная проверка станет следующим элементом. Еще две составляющие: поиск скрытой деятельности и стремление добиться прорыва в улучшениях. Наконец, прислушивайтесь к желаниям ваших потребителей.

Некоторые люди сразу же все переводят в звонкую монету. Они задают определенный размер экономики и пытаются добиться улучшения, обеспечивающего ее. Хотя в некоторых случаях такой подход оправдан, лучше стремиться к существенному, но рациональному улучшению, а деньги обязательно придут как результат проделанной работы. Существует немало экспериментальных доказательств рентабельности инвестиций в проекты “Шесть сигм”.

Ищем другой, не “монетарный”, подход. Рассмотрим три вопроса.

- ✓ **Каков теоретический уровень улучшения?** Это чрезвычайно мощная концепция “Шесть сигм”, позволяющая определить потенциальный уровень улучшения. Это также концепция, открывающая вам глаза на окружающий мир и могущая, при правильном ее понимании, изменить ваш взгляд буквально на все. Теоретическим называют лучший уровень, который процесс в его текущем виде продемонстрировал в реальных условиях.



Допустим, некий бизнес-процесс в течение длительного времени демонстрирует в среднем 90%-ную производительность. Другими словами, он удовлетворяет требованиям 90% времени. Допустим далее, что однажды в течение нескольких недель или другого непродолжительного периода процесс продемонстрировал 98%-ную производительность. Такое событие можно считать либо случайностью, либо чистым везением. Можно даже с видом человека, посвященного в сакральные тайны, сослаться на особое расположение на небосклоне солнца, луны и звезд.

Однако на языке “Шесть сигм” это будет звучать так: условия или входные факторы ( $X$ ) данного процесса сложились определенным образом, и получился высокий результат процесса ( $Y$ ). (Освежить в памяти основное уравнение методологии “Шесть сигм”  $Y = f(X)$  вы можете в главе 2.) Следовательно, если вам удастся определить правильную комбинацию или правильную величину входных факторов, обеспечивающих необычно высокую производительность процесса, вы теоретически сможете поддерживать такой уровень постоянно! Вот почему этот уровень называется теоретическим.



Среди практиков “Шесть сигм” бытует поговорка: “Невозможно разделить на белок и желток взбитые яйца, но можно разделить на составные части теоретический уровень!” Другими словами, нам по силам проанализировать необычно высокий уровень процесса и понять, как сделать его обычным. Поэтому, решая, какой объем улучшения вам нужен, всегда принимайте во внимание теоретический уровень процесса.

- ✓ **Существуют другие скрытые возможности.** Подпольная фабрика (см. главу 1) — еще одна концепция “Шесть сигм”, могущая изменить ваш взгляд на деятельность вашей компании. Подпольная фабрика — это работа, которая выполняется сверх и за рамками того, что необходимо для производства товара или услуги. Это еще и работа, укореняющаяся в организации, если вы забываете спрашивать себя: “А зачем мы это делаем, если оно совсем не добавляет стоимость?”

Причины могут быть разные. Возможно, вам доводилось слышать фразу: “Больше года назад мы на скорую руку устранили проблему, а потом проверили, не сохранилась ли она”. Может ли быть, что решение проблемы “на скорую руку” стало частью нормальных процедур? В организациях часто услышишь фразу: “Мы всегда так делали”. Знайте: она служит надежным признаком того, что здесь стоит поискать скрытые операции.

На рис. 4.7 приведен пример скрытой операции. Почти в любом существующем процессе можно обнаружить похожую последовательность шагов. Работу для создания товара или услуги выполняют на протяжении шага “Операция  $i$ ”. Следующий шаг процесса обозначен “Операция  $i + 1$ ”.

Между этими двумя рабочими шагами процесса находится шаг обследования или проверки. И у нас есть все основания подозревать, что именно в нем “прячется” скрытая операция. На рис. 4.7 ниже штриховой линией находятся дополнительный анализ, ремонт, отходы и т.д. — все то, что появляется, если товар или услугу признают не соответствующими требованиям.



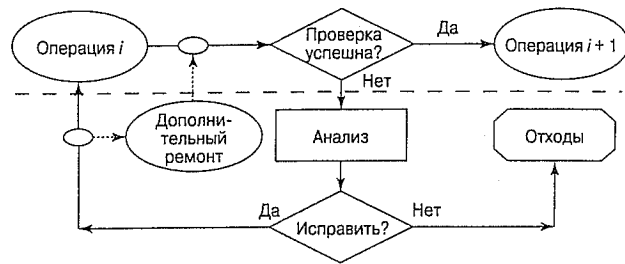


Рис. 4.7. Скрытая операция

Все эти шаги повышают затраты, потому что товар или услуга в первый раз были сделаны неправильно. Большинство организаций просто смирились с такими дополнительными шагами, оправдываясь фразой: “Вот так мы здесь работаем, и так мы работали всегда”. В своем сознании вы сами скрыли операцию.



Если найти скрытую операцию и количественно оценить ее эффект, будет проще понять потенциальный уровень целевого улучшения.

✓ **Прорыв в улучшении.** Следующий важный подход для определения целевого улучшения состоит в прогнозировании прорыва, которого можно добиться путем реализации проекта. Возможно, этот подход менее очевиден, но лишь до тех пор, пока вы на собственном опыте не убедились или не осознали, насколько эффективна методология “Шесть сигм” в решении проблем. Потому что до знакомства с ней вы, вероятно, оценивали потенциальное улучшение, исходя из опыта использования знакомых вам традиционных методов.

На рис. 4.8 показана разница между прорывом в улучшении и более привычным постепенным улучшением.

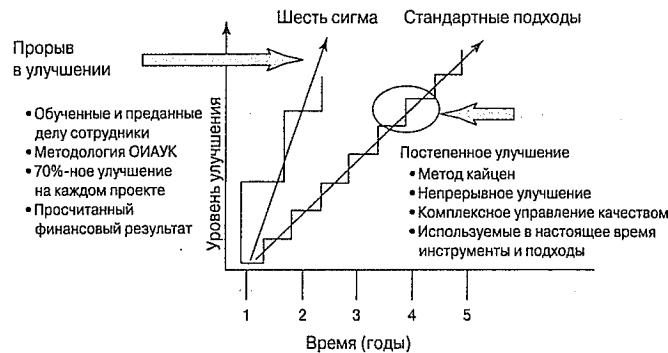


Рис. 4.8. Прорыв в улучшении



В формулировке целевого улучшения всегда ориентируйтесь на величину 70%. Такой уровень называется прорывом. Например, если на каком-то шаге процесса проблема составляет 10% определенной характеристики, то в результате проекта “Шесть сигм” удастся уменьшить ее до трех процентов и даже ниже. Это среднее значение, и для конкретных проектов оно может быть чуть больше или меньше.

## Основные элементы формулировки целевого улучшения



В целевой формулировке дается прямая ссылка на информацию, приведенную в формулировке проблемы. Подобно последней, целевая формулировка будет эффективной, только если в нее включена определенная информация. Правильная формулировка цели содержит такие элементы: улучшить определенный показатель от исходного значения до целевого за определенное количество времени и этим содействовать достижению определенной корпоративной цели или решению определенной задачи. Время, отведенное на реализацию проекта, должно быть достаточно коротким, но реалистичным.

Проще говоря, вы должны указать, какого улучшения ожидаете от данного проекта. Это конкретное, выраженное количественно улучшение от исходного уровня, указанного в формулировке проблемы. И вы также должны указать, сколько времени потребуется на завершение проекта и достижение цели.

Начинайте с исходного уровня, указанного в формулировке проблемы. Задав цель улучшения, вы оцените финансовую выгоду, которую она принесет. Оценка должна быть смелой, но одновременно реалистичной, и не надо стремиться к невозможной точности, до цента.

Финансовую выгоду рассчитывают, оценивая разницу между новым (будущим) операционным уровнем и текущим. Ваша задача — определить (с помощью финансовой службы) эту разницу и определить ежегодную выгоду.



Всегда полезно связать проекты “Шесть сигм” с ключевыми целями и задачами организации. Такой подход не только основан на здравом смысле, но также позволяет реализовывать все проекты и накапливать прибыль согласованно с целями и задачами компании. В некоторых случаях “Шесть сигм” позволила компании впервые количественно увязать работу по улучшению со стратегией.

## Подготовка формулировки целевого улучшения

В целевой формулировке указано, куда вы идете или куда вам надо прийти. Ниже мы приводим ее несколько образцов в стиле “Шесть сигм”, которые вы сможете адаптировать для своих проектов.

Допустим, вы написали неудачную целевую формулировку о чрезмерных складских запасах.

✓ Как можно быстрее уменьшить складские запасы.

Добьетесь ли вы успеха с такой формулировкой? Кого такой проект вдохновит на перестроечные подвиги? Скорее всего, ваш босс даст добро на реализацию этого проекта, только если будет пребывать в чрезвычайно благодушном настроении. Однако руководство гораздо серьезнее отнесется к формулировке следующего вида.

✓ К 1 августу 2004 года уменьшить среднюю длительность пребывания сырья на складе с нынешних 31,2 дня до 23 дней (при максимальной длительности 27 дней). Такой проект сэкономит нам 235 тыс. долл. в год за счет дополнительной прибыли, рационального использования складских площадей и рабочего времени персонала. Эти деньги приблизят нас к нашей корпоративной цели — улучшить управление активами и рентабельность инвестиций.

Теперь мы видим цель. Знаем, сколько нам отведено времени на решение проблемы и какую выгоду принесет проект. Понимаем, что усилия команды послужат благому делу. В общем, мы видим вершину, на которую надо взойти.

Еще пример. Согласились бы вы на месте менеджера, в организации которого ощущается нехватка программистов, на подобный проект, чтобы исправить ситуацию?



- ✓ Повысить оперативность службы управления персоналом при выполнении заявок на поиск специалистов.

Мало найдется желающих — разве что при полном отсутствии других вариантов — работать в таком проекте. Но людей, любящих живое дело, не оставит равнодушной следующая формулировка.

- ✓ Уменьшить среднее время поиска программистов со 155 дней до 51 дня (при максимальном значении 65 дней). В таком случае текущая максимальная цель 70 дней будет выполняться более чем в 99% времени. Новой целью мы достигнем к 1 июня 2004 года. Наша ежемесячная экономия составит 145 тыс. долл. Данный проект содействует еще одной цели — поднять качество работы персонала до уровня “Передовой службы”.

И последний пример. Точнее, это уже не просто еще один пример неудачной целевой формулировки. Дело в том, что в нее включено дополнительное обстоятельство, отбивающее у человека всякое желание браться за предложенный проект.

- ✓ Переобучить служащих, чтобы исключить ошибки при заполнении заявлений в страховую компанию.

Обстоятельством, отбивающим охоту засучить рукава, здесь выступает предложенное решение “переобучить служащих”. Если вы уже нашли выход, зачем вообще нужны всякие проекты?



Не забывайте о шаблоне целевого заявления: улучшить определенный *показатель* от *исходного* значения до *целевого* за определенное количество *времени* и этим *содействовать* достижению определенной корпоративной *цели* или *задачи*.

И вот пример формулировки, содержащей всю необходимую информацию.

- ✓ К 15 сентября 2004 года уменьшить количество ошибок с 2,3 на одно заявление до менее чем 0,1. Это увеличит сбор страхового возмещения на 3,2 млн. долл. в месяц, что принесет дополнительную месячную прибыль в размере 25 тыс. долл. при норме прибыли 8%. Данный проект содействует корпоративной цели увеличить доход на 15% в год.

Приведенные примеры демонстрируют стиль и виды формулировок проблемы и цели, которые создают участники программы улучшения “Шесть сигм”. Такие формулировки отчасти объясняют эффективность проектов “Шесть сигм” и способствуют прорыву в улучшении. Теперь, наш читатель, вы почти готовы начать свои собственные проекты улучшения. Осталось ознакомиться лишь с несколькими деталями, и ваш проект будет готов для фазы “Измерение”, о которой рассказано в главе 5.

### Запуск проекта

Ваш следующий шаг — установить, кто должен утвердить проект. Хотя этот шаг кажется очевидным и легким, он потребует некоторых усилий, поэтому отнеситесь к нему серьезно — он действительно важен! Вероятно, вам в прошлом приходилось участвовать в рабочих группах, созданных специально для решения важной задачи. Иногда бывает, что группу формируют, наделяют ее особыми полномочиями, но при этом недостаточно продумывают, кого именно в нее включить, кто должен оказывать поддержку и предоставлять ресурсы. Стоит ли рассчитывать на успех такой группы?

“Шесть сигм” подходит к данному процессу по-другому. Поскольку вы так много знаете о проблеме, о месте ее возникновения, о длительности ее существования, ее влиянии и о выгоде, которую принесет ее устранение, то вам лучше чем кому бы то ни было известно, какие лица должны одобрить проект и, что еще важнее, почему они должны это сделать. Причем заручиться одобрением и поддержкой высшего уровня руководства всегда предпочтительней в начале процесса, а не ждать до последней минуты.

Представьте себе, что вы приходите в какой-то трудовой коллектив и, предварительно ничего не согласовав с его руководителями, говорите: “Вот мы тут решили, что вы все делаете неправильно. Поэтому мы разработали проект, согласно которому вы должны по-другому решать кадровые вопросы, модернизировать такое-то оборудование и внедрить систему текущего контроля”. Очевидно, все ваши благие намерения пойдут прахом, вы испортите людям настроение, а себе наживете врагов.



Обратимся к карте макропроцессов на рис. 4.5. С ее помощью легко определить собственников процесса и других лиц, которые должны утвердить проект.

Важнее всего установить собственника процесса. Это человек, несущий основную ответственность за результаты процесса, связанного с проблемой, которую вы намереваетесь решить. Если дополнительно потребуются одобрение проекта другими лицами, вы это легко поймете после того, как познакомитесь с собственниками проекта.



Не забудьте также получить одобрение у человека, который будет руководить проектом.

Теперь вам надо решить, какой уровень квалификации в виде Поясов “Шесть сигм” потребуется для решения проблемы. В этом поможет рис. 4.9. Из опыта мы знаем, что, кроме основной проблемы, всегда существует большое количество мелких проблем, чуть меньше проблем оптимизации процессов и, наконец, несколько вопросов, которые являются скорее не проблемами процесса, а проблемами управления.



Рис. 4.9. Распределение сложности проблемы

Наконец, вы должны подобрать команду, которой предстоит реализовать проект улучшения, если только вы не собираетесь добиться цели в одиночку. Последнего варианта лучше

избегать: лишь очень немногие люди имеют все навыки, необходимые для реализации проекта улучшения процесса. Обычно достаточно трех-шести членов команды, сведущих в сферах, связанных с проектом. Если вы привлекли в свой проект собственников процесса, набрать команду не составит труда.

Итак, теперь на проект назначены люди, он запущен и готов перейти в фазу "Измерение" стратегии прорыва (см. главу 5). Вы уже вступили на путь к прорыву в улучшении!

## Глава 5

# Измерение разрывов

*В этой главе...*

- ✓ Основы статистики и измерений
- ✓ Разница между краткосрочной и долгосрочной вариациями
- ✓ Представление данных в виде наглядных графиков

**П**одготовка формулировки проблемы и цели — это только первый шаг к лучшей работе организации. Второй шаг методологии "Шесть сигм" заключается в измерении текущих показателей, чтобы выявить те несколько ключевых факторов, которые влияют на ваш процесс.

Как правило, измерение оказывается самой сложной и требующей больше всего времени фазой методики ОИАУК. Но если сделать ее хорошо — а в первый раз еще и правильно, — то вы избавите себя от большой головной боли в будущем и максимально повысите свои шансы добиться улучшения. Единственный способ не сплеховать на столь ответственной фазе — это измерять и отслеживать критичные характеристики, КрД (об этом термине мы рассказывали в главе 1).

Вступая в мир измерений и статистики, мы обнаруживаем лучший источник силы для решения проблем — данные. Хотя данные — они же цифры, числа, математика — не вызывают у некоторых людей особого воодушевления, практик "Шесть сигм" всегда рад иметь с ними дело, поскольку без них невозможно улучшить процесс, операционную единицу или всю организацию.

## *Азбука статистики*

Статистика — это процесс, подобный перегонке сырой нефти. Только при перегонке чисел, данных и результатов измерений вместо нефтепродуктов получают знания и понимание процессов. Небольших статистических знаний достаточно, чтобы извлечь максимальную пользу из имеющейся информации.

## Почему именно статистика

Вариация присутствует повсюду, и она уменьшает наши возможности стабильно получать качественные результаты, выдерживать графики, оставаться в рамках выделенного бюджета. Вот почему у организаций возникают проблемы в их работе, а нам приходится готовить формулировки проблемы и цели, чтобы улучшить ситуацию.

Какой же наш следующий шаг? С какой стороны взяться за досадную проблему вариации и добиться целевого улучшения? В 1891 году знаменитый ученый лорд Кельвин произнес мудрые слова, никогда не теряющие своей актуальности.

- ✓ Мы немного знаем только о том, что способны измерить и описать в цифрах. Если же наши знания невозможно выразить в цифрах, это скудные и неудовлетворительные знания. Возможно, это начало знаний, но с ними мы лишь незначительно, в наших мыслях, приближаемся к научному состоянию.

Другими словами, пока вы не введете науку, измерения и числа в ваши усилия по улучшению, вы не покинете мир интуиции, просвещенной догадки, незначительных возможностей улучшения. Даже упорно и добросовестно работая, привлекая значительные ресурсы, вы получите лишь скудные и неудовлетворительные результаты.

Вот здесь в игру и вступает статистика. Статистика — это математическая дисциплина для описания явлений с помощью измерений и чисел (не поверите, но многие люди всю свою жизнь посвятили развитию теории, методов и практического использования статистики). Статистика уводит нас из области интуиции и догадок и приводит в царство объективной истины.

А вы, наш читатель, не отшатываетесь в ужасе, услышав упоминание о статистике? Если и так, не переживайте: не вы первый, не вы последний. Кроме страха, обусловленного на первый взгляд сложными формулами, статистика у некоторых людей вызывает еще и презрение, обусловленное тем, что в разные периоды истории с ее помощью недобросовестно манипулировали фактами. Распространенное мнение о статистике кратко выразил А. Э. Хаусман: “Статистика в руках инженера подобна фонарному столбу для пьяницы — служит скорее поддержкой, чем источником света”. Приведем еще слова британского премьер-министра Бенджамина Дизраэли: “Есть три вида лжи: ложь, большая ложь и статистика”.

Однако другие люди разглядели за страхом и злоупотреблениями подлинную силу статистики. Одним из них был Герберт Уэллс, предсказавший, что когда-нибудь статистическое мышление будет столь же необходимо для полноценного человека, как и умение читать и писать. Вот почему вы держите сейчас в руках эту книгу. Потому что вы тоже признаете (во всяком случае, в достаточной мере, чтоб вообще взяться за чтение нашей книги): статистика, как и ее воплощение в “Шесть сигм”, подобна овощам — не всегда мы хотим их есть, но знаем, что они полезны и поэтому есть их надо.

На самом деле эффективность “Шесть сигм” зависит от того, что именно и насколько точно мы измеряем. Только в таком случае мы, согласно лорду Кельвину, переведем наши усилия по улучшению на научную основу.

## 101 измерение

Начнем наше путешествие в мир измерений и статистики “Шесть сигм” с такой задачи: допустим, вы хотите узнать, сколько времени требуется, чтобы заполнить определенную форму заказа на приобретение. Каждый раз при заполнении формы вы замеряете время с точностью до секунды и отмечаете результат точкой на горизонтальной временной шкале. Первые три измерения — 41, 50 и 47 секунд — показаны на рис. 5.1.

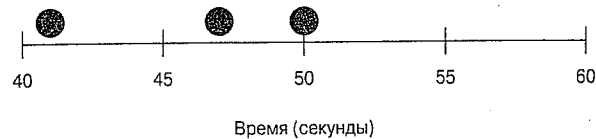


Рис. 5.1. Первые три измерения длительности заполнения формы заказа на приобретение

Как видим, отмеченные результаты обнаруживают присутствие вариации в данном процессе. Для продолжения исследования следует заполнить сто форм и отметить время. Если результат измерения повторяется (допустим, 47 секунд), точку ставим над уже существующей. Полная диаграмма, на которой отмечены все сто измерений, показана на рис. 5.2.

Из рис. 5.2 видно, что значения, которые встречаются чаще, отмечены большим количеством точек. Например, чаще всего на заполнение формы требуется 50 секунд. Следовательно, соответствующий столбец точек — самый высокий (15 точек). Чем реже наблюдается оп-

ределенный результат, тем ниже столбец, а результаты, не случившиеся в этом эксперименте ни разу, вообще не представлены точками.

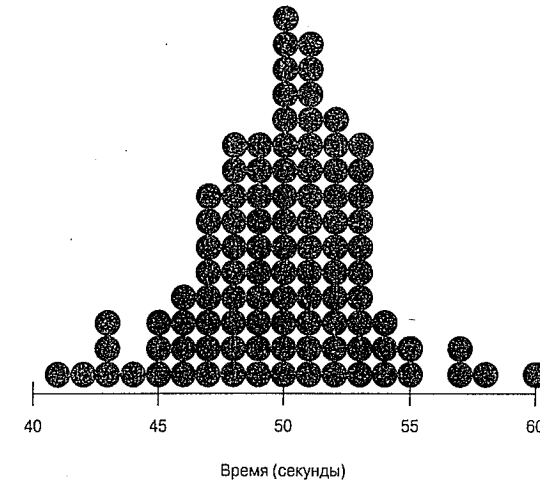


Рис. 5.2. Сто измерений длительности заполнения формы заказа на приобретение

На рис. 5.2 графически изображено *распределение* измеряемой величины вдоль шкалы времени. Исходя из данной диаграммы, мы вправе предположить, что и в других циклах измерения самая вероятная длительность заполнения формы тоже составит приблизительно 50 секунд. Значения меньше или больше 50 секунд менее вероятны, чем ближайшие к этой цифре. Например, вряд ли удастся заполнить форму всего лишь за 30 секунд; но и самый медлительный служащий не будет возиться с ней 80 секунд.

*Распределение* — это статистический термин, которым описывают относительную вероятность наблюдения значений переменного фактора. Синонимичные термины: *распределение вероятности* и *функция плотности вероятности*.



Распределения крайне важны для подготовки формулировок проблемы и цели для проекта “Шесть сигм”. (Подробно о том, как создать эффективные формулировки проблемы и цели, рассказано в главе 4.) Дело в следующем: чтобы правильно определить, какие улучшения нужны, вы должны знать текущие показатели процесса.

Распределения также позволяют понять изменение критичных характеристик (КрД) процесса — тех немногих факторов или переменных, которые определяют качество и стабильность ожидаемого результата. Если выходным показателем будет “время заполнения формы заказа на приобретение”, то обязательно есть и входные факторы, которые можно “Измерять”, “Анализировать”, “Улучшать” и “Контролировать”.

## Меры положения вариации

Допустим, вы знаете, что время заполнения формы заказа на приобретение — это переменная с распределенными выходными значениями. Но, помня предостережение лорда Кельвина, мы можем спросить: “Как описать это распределение численно?” Где оно расположено (где его центральная тенденция) на шкале измерения?

Распределение может иметь бесконечно много точек, поэтому важно определить его центральную тенденцию и вариацию вокруг нее. Для данной цели статистики разработали три разные меры положения распределения — мода, среднее и медиану.

### Мода

*Мода* — это значение, которое встречается чаще всего и ассоциируется с самым высоким пиком распределения. Если десять студентов сдают экзамен, и трое из них получили 60 баллов, три — 70, а четверо — 80, то модой будет 80, поскольку это значение встречается чаще других.



Хотя мода проста и интуитивна, использовать ее в качестве меры положения вариации не совсем удобно. Многие распределения не имеют одного четко выраженного пика, а некоторые имеют более одного пика приблизительно одной высоты. В таких случаях использование только моды не расширяет наших знаний о вариации.

### Среднее

Самая распространенная мера центральной тенденции — это *среднее*, которое часто называют *средним значением*. Примеры средних значений встречаются повсюду. Вспомним средний промышленный индекс Доу-Джонса, среднюю оценку в учебном классе, среднюю температуру в данной местности или, как в анекдоте, по больнице и т.д.

Важно понять, что среднее — величина скорее теоретическая, чем реальная. Даже если среди ваших измерений собственно среднее значение и не встречалось, все равно именно его с наибольшей вероятностью можно ожидать *следующим* в последовательности (или генеральной совокупности) данных. Таким образом, среднее служит мысленной моделью, с помощью которой практик “Шесть сигм” проводит сравнения, делает прогнозы, интерпретирует данные и выполняет аналитическую работу для того, чтобы сэкономить деньги организации, повысить удовлетворенность потребителей, улучшить товары и услуги.

Так как же рассчитывают среднее? Очень просто. Допустим, имеется десять бумажных стаканчиков, и в каждом свое количество воды. Каково среднее по десяти стаканчикам количество воды? Чтобы получить ответ, мысленно сольем всю воду в одну большую емкость. Измеряем объем жидкости и делим на десять. Именно такое количество воды — *среднее значение* — было бы в каждом стаканчике, если бы ее разделили поровну.

Математически процесс вычисления среднего имеет следующий вид:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

где

- ✓  $\bar{x}$  (читается “икс с чертой”) — символ, представляющий расчетное среднее;
- ✓  $\Sigma$  — греческая прописная буква сигма. В математике ею обозначают сумму всех отдельных измерений;
- ✓  $x_i$  представляет каждое отдельное значение измерения;
- ✓  $n$  — количество отдельных измерений в нашем наборе данных.

Значит, в примере с длительностью заполнения формы заказа на приобретение, который мы рассматривали в предыдущем разделе, среднее ( $\bar{x}$ ) находим, суммировав все сто значений времени ( $n=100$ ) и разделив полученное число на сто ( $n=100$ ). Получим результат  $\bar{x} = 49,9$  секунды. Рассчитать среднее для любого другого распределения ничуть не сложнее.

### Медиана

*Медиана* — это точка на шкале измерения, которая делит количество данных ровно пополам, т.е. половина данных находится ниже этой точки, а другая половина — выше. Если собранные данные содержат выбросы, т.е. точки, намного оторвавшиеся от основной массы измерений, то медиана будет предпочтительной мерой вариации. *Выброс* — это зарегистрированное наблюдение, намного удаленное от диапазона вариации остальных данных.

Например, именно медианой часто описывают цены на жилье, потому что она обычно лучше отражает центральную тенденцию распределения цен. Допустим, есть несколько домов по цене 158 тыс. долл., 200 тыс., 178 тыс., 125 тыс. и 535 тыс. Средняя цена равна 239,2 тыс. долл. Однако медиана равна 178 тыс. долл. На рис. 5.3 показаны исходные цены на жилье, а также указаны среднее и медиана. Заметим, что медиана представляет положение распределения жилищных цен лучше, чем среднее. Это объясняется наличием выброса — дома по необычно высокой цене 535 тыс. долл., — из-за чего среднее искаженно отражает истинное положение распределения.

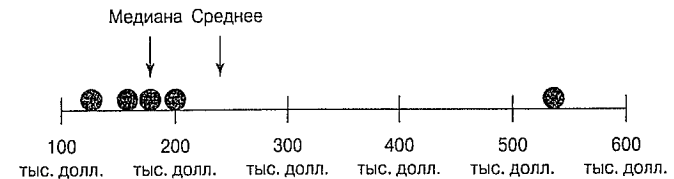


Рис. 5.3. Графическое сравнение среднего и медианы



Медиана служит предпочтительной мерой вариации, когда исходные данные содержат выбросы.



Когда некоторую распределенную величину описывают только средним значением, это может ввести в заблуждение. Если при расчете среднего учли выброс (случайно или намеренно), оно будет искажено.

### Три меры вместе

В табл. 5.1 приведены мода, среднее и медиана положения вариации. Но хотя без этих трех мер не обойтись, они еще не полностью описывают положение распределения. Ни одна из них не сообщает нам очень важную информацию о разбросе данных, т.е. о том, насколько широк или узок диапазон их распределения вокруг центральной точки. О дополнительных статистических мерах вариации мы поговорим в следующем разделе.

Таблица 5.1. Три статистические меры положения вариации

Мера положения вариации	Определение	Примечания
Мода	Пик (высшая точка) распределения	Проблематичная мера, редко используется
Среднее (среднее значение)	$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$	Самая распространенная и знакомая
Медиана	Точка, которая делит количество данных ровно пополам	Используется в тех случаях, когда данные содержат выбросы

## Насколько велика вариация?

Две группы измерений с одинаковыми средними могут, тем не менее, существенно различаться между собой по распределению данных. Поэтому в дополнение к такой статистической мере, как среднее, нужна еще одна мера, которая скажет нам, насколько широк или узок диапазон разброса данных вокруг их центрального положения.

Простейшей мерой разброса данных служит размах. *Размахом* распределения называется разность между наибольшим и наименьшим значениями наблюдаемых данных (или просто “наблюдений”). Математически это записывается так:

$$R = x_{MAX} - x_{MIN},$$

где

- ✓  $R$  — расчетный размах;
- ✓  $x_{MAX}$  — наибольшее наблюдаемое измерение;
- ✓  $x_{MIN}$  — наименьшее наблюдаемое измерение.

В предыдущем примере с формой заказа на приобретение размах равен просто разности между самой высокой продолжительностью заполнения формы (60 секунд) и самой низкой (41 секунда), т.е.  $R = 19$  секунд.

Размах рассчитывают одинаково, независимо от количества наблюдений — два их или тысяча. Но, очевидно, выбросы непосредственно влияют на расчетную величину. (По самой своей природе выбросы становятся  $x_{MAX}$  и  $x_{MIN}$ , с помощью которых рассчитывают размах.)



Можно ли каким-нибудь другим способом количественно выразить разброс распределения, чтобы избежать проблемы выбросов? Рассмотрим каждое отдельное измерение. Насколько оно удалено от среднего значения группы данных? Математически ответ выглядит так:

$$x_i - \bar{x},$$

где

- ✓  $x_i$  представляет любое отдельное измерение из группы данных;
- ✓  $\bar{x}$  представляет расчетное среднее собранных наблюдений.

$x_i - \bar{x}$  служит числовой оценкой (в статистике используют термин “отклонение”) каждого отдельного наблюдения. Как в гольфе, чем меньше эта оценка, тем лучше (тем меньше данное наблюдение отличается от центральной тенденции).

Даже элементарной математической подготовки достаточно, чтобы увидеть здесь проблему: когда  $x_i$  меньше среднего  $\bar{x}$ , разность  $(x_i - \bar{x})$  будет меньше нуля. Отрицательное отклонение нам не нужно; нам важна удаленность индивидуального значения от среднего, а не то, сверху или снизу от среднего находится это индивидуальное значение. Отрицательные отклонения только все запутывают. Поэтому нам надо найти способ избавиться от отрицательных чисел, чтобы оценка характеризовала только расстояние индивидуального значения от среднего. И такой способ есть: надо возвести отклонение  $(x_i - \bar{x})$  во вторую степень:

$$(x_i - \bar{x})^2.$$

Напомним, что возвести число во вторую степень (или “возвести в квадрат”) означает умножить это число на самое себя, т.е.  $(x_i - \bar{x})^2 = (x_i - \bar{x}) \times (x_i - \bar{x})$ . Например,  $(2)^2 = 2 \times 2 = 4$ , а  $(-3)^2 = (-3) \times (-3) = 9$ . Как видим, независимо от знака числа при возведении его во вторую степень всегда получаем положительный результат.



Площадь такой геометрической фигуры, как квадрат, равна длине любой его стороны (обозначают буквой  $l$ ), умноженной на самое себя, т.е. площадь равна  $l^2$ . Вот почему возведение во вторую степень математики еще называют *возведением в квадрат*, а результат этого математического действия называют *квадратом*. В “Шесть сигм” термин “квадрат” употребляется очень часто. Теперь он нас не будет удивлять.

Возведение в квадрат позволяет нам избавиться от отрицательных чисел, однако этот прием имеет еще одно дополнительное преимущество: удаленные от среднего значения точки “наказаны” непропорционально сильнее, чем ближние. На рис. 5.4 графически показана зависимость  $(x_i - \bar{x})^2$  от  $(x_i - \bar{x})$ , или, на математическом языке, изображен график второй степени аргумента  $(x_i - \bar{x})$ .

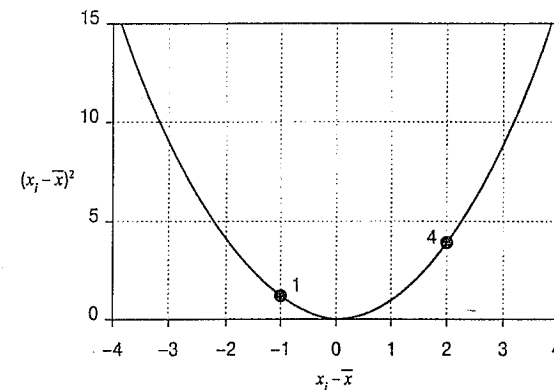


Рис. 5.4. Возведение в квадрат как способ оценить отдельные отклонения от центрального положения

Проанализируем рис. 5.4. Если отдельное значение удалено от центрального положения на одну единицу (независимо от того, в какую сторону), то  $(x_i - \bar{x}) = 1$  и  $(x_i - \bar{x})^2 = 1$ . Однако если другая точка находится на вдвое большем расстоянии от среднего, то оценка будет не вдвое, а *вчетверо* хуже:  $(x_i - \bar{x}) = 2$  и  $(x_i - \bar{x})^2 = 4$ .

Чтобы найти оценку всей группы данных, нужно просто просуммировать индивидуальные квадратические отклонения. Математическое выражение:

$$\sum (x_i - \bar{x})^2.$$



$\Sigma$  — греческая прописная буква сигма. В математике ею обозначают сумму всех отдельных квадратических отклонений.

Статистики называют этот результат *суммарной квадратической ошибкой*.



В сфере статистики *ошибка* не означает ничего нехорошего. Этот термин подразумевает просто расчетное отклонение от значения, с которым сравнивают. В данном случае ошибка представляет собой разность между средним значением и отдельным наблюдением.

Мы просуммировали отдельные квадратические оценки; а какова же типичная (средняя) квадратическая оценка? Чтобы найти ее, разделим суммарную квадратическую ошибку на количество *независимых* данных в нашей группе:

$$\sigma^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1},$$

где  $n$  — общее количество собранных вами данных.

Статистики называют эту усредненную квадратическую ошибку *дисперсией* и обозначают ее символом  $\sigma^2$  (“сигма квадрат”).

Только что, наш читатель, произошла одна из двух вещей. Либо вы невнимательно читали предыдущий материал, либо воскликнули: “Минуточку! Почему в знаменателе стоит не полное количество собранных нами данных ( $n$ ), а уменьшенное на единицу ( $n-1$ )?”

Отличный вопрос! Обратите внимание, что в уравнение дисперсии включено среднее ( $\bar{x}$ ). При этом одно из собранных вами измерений потеряло *независимость*.

Объясним на примере. Если вы разливаете воду из одного ведра по десяти другим, то количество воды в первых девяти ведрах можете выбрать произвольно, т.е. независимо от количества в других. Однако количество воды в десятом ведре зависит от того, сколько было налито в предыдущие девять: вы сможете налить в десятое только оставшуюся в исходном ведре воду. Точно так же использование среднего значения ( $\bar{x}$ ) уменьшает количество *независимых* измерений, доступных для расчета дисперсии.

Теперь нам осталось только найти меру, характеризующую, насколько широк или узок диапазон распределения собранных данных. В каких единицах измерения выражается наша расчетная дисперсия? В ранее рассмотренном примере с формой заказа на приобретение мы измеряли длительность заполнения в секундах. Значит, дисперсия выражена в таких единицах, как секунда<sup>2</sup>. Но разве в реальном мире существуют секунды в квадрате? Этого никто не знает (а от тех, кто утверждает, что знает, лучше держаться подальше).

Человек, первым разрешившим эту проблему, должно быть, знал ответ с самого начала. Заметим, что дисперсию обозначают символом  $\sigma^2$ . Поэтому, как вы, вероятно, уже догадались, нам остается просто вернуться от второй степени к первой. Математики называют действие, обратное возведению в квадрат, *извлечением квадратного корня* и обозначают специальным знаком ( $\sqrt{\quad}$ ).

Смело применив это действие к нашей дисперсии, мы получим столь желанную меру, а именно *стандартное отклонение*:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}.$$

Стандартное отклонение служит самой популярной мерой для измерения разброса. Обозначенное строчной греческой буквой сигма, оно на каждом шагу встречается и в статистике, и в “Шесть сигм” (эта методика повышения качества даже обязана сигме своим названием).

А каков реальный смысл стандартного отклонения? Оно выражается в тех же единицах измерения, что и исходные наблюдения. Поэтому в примере с формой заказа стандартное отклонение измеряется в секундах. Итак, стандартное отклонение представляет собой предполагаемое типичное (среднее) расстояние отдельного измерения от центрального положения. В табл. 5.2 приведены очередные три статистические меры.

Таблица 5.2. Три статистические меры разброса вариации

Мера разброса вариации	Определение	Примечания
Размах	$R = x_{MAX} - x_{MIN}$	Простая мера. Ее предпочтительно использовать в случае небольшого количества данных (два-пять). Недостаток: очень сильно зависит от выбросов
Дисперсия	$\sigma^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$	Теоретически полезна, но напрямую не связана с реальностью
Стандартное отклонение	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$	Используется чаще всего

Вооруженные двумя количественными мерами — мерой положения и мерой разброса, — мы теперь готовы описать научным языком распределение любого вида. Лорд Кельвин гордился бы нами.

## Долгосрочная и краткосрочная вариации

Мы уже сняли с луковицы несколько слоев. Но нам надо узнать еще об одном аспекте вариации: разнице между ее долгосрочной и краткосрочной формами.

### Краткосрочная вариация

Допустим, вы в течение длительного периода времени отслеживаете определенные характеристики некоторого процесса — например, количество входящих звонков в потребительский колл-центр за один час. Через каждый час вы измеряете и записываете количество поступивших звонков. Для удобства вы отметили собранные измерения на графике — в виде последовательности соединенных между собой точек вдоль оси, представляющей время (рис. 5.5).

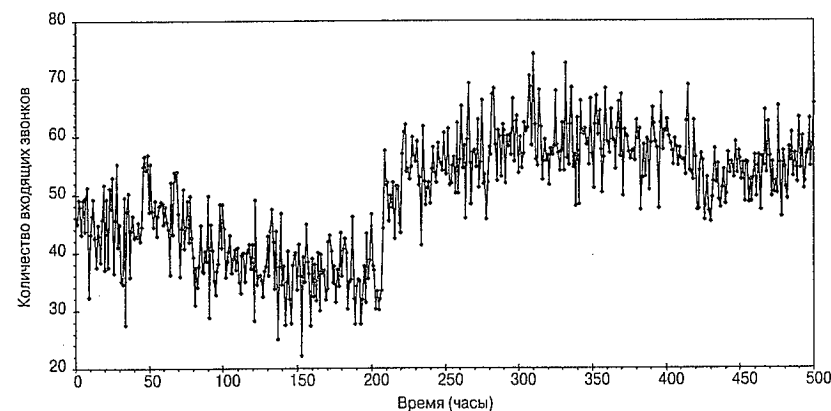


Рис. 5.5. Количество входящих звонков в потребительский колл-центр за длительный период времени

Хотя отдельные точки на рис. 5.5. представляют количество входящих звонков за час, они могли бы представлять и любой другой процесс в любой другой компании. Характеристики

любых процессов меняются циклически: точная длина изготовленных карандашей, необходимое для заполнения счета-фактуры время, количество входящих звонков за час и т.д.

Если увеличить участок графика, как показано на рис. 5.6, то по разбросу точек можно убедиться, что выходной фактор действительно интенсивно варьирует в каждом цикле измерений. Но мы также видим: вариация не безгранична. Значения колеблются между верхней и нижней границами, обозначенными на рисунке горизонтальными штриховыми линиями.

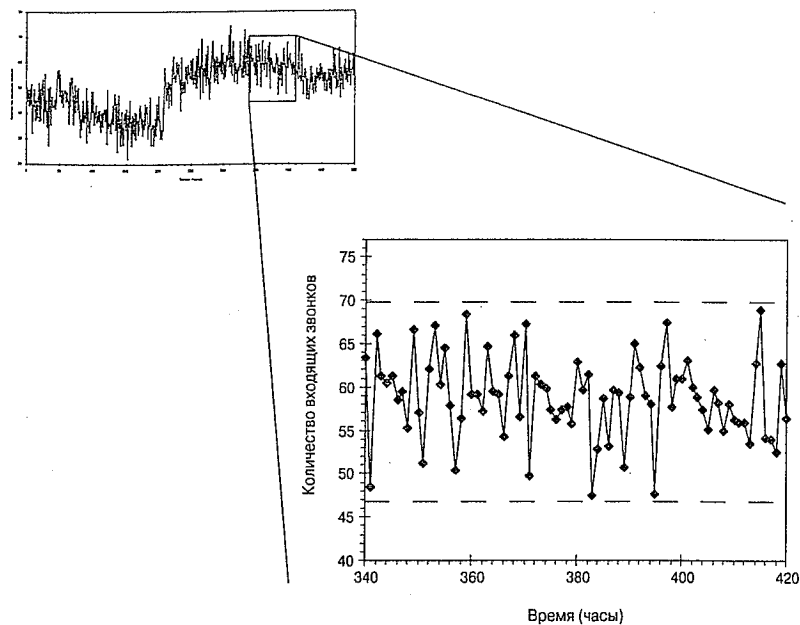


Рис. 5.6. Увеличенное изображение узкого сегмента графика за длительный период

В действительности для любого выбранного короткого периода времени процесс варьирует приблизительно в одних и тех же границах. (Убедитесь в этом сами. Выберите любой краткосрочный участок на рис. 5.5 и двумя пальцами, указательным и большим, зафиксируйте расстояние между верхней и нижней границами вертикальной вариации. Теперь этим импровизированным измерительным прибором проверьте высоту диапазона вариации в других местах графика. Как видите, почти все точки любого краткосрочного участка попадают в этот диапазон.)

Эта естественная вариация процесса называется *краткосрочной* (ее обозначают аббревиатурой *КС (ST)*). Она абсолютно *случайна*. Другими словами, как и при игре двумя костями, невозможно предсказать, каким будет следующее значение. Научись вы его предсказывать, и всего за неделю обанкротили бы весь Лас-Вегас!

Краткосрочная вариация вызвана совокупным влиянием всех тех мелких факторов, которые почти невозможно учесть при изучении процесса. Даже Эйнштейн не объяснил бы, как микроскопическая структура игральные кости взаимодействует с суконным покрытием игрового стола или как завихрение воздуха на уголках игровой кости влияет на ее вращение. Но все эти факторы — и еще многие другие — вполне реальны и определяют, какой гранью вверх упадет игральная кость.

Такова реальность краткосрочной вариации во всех без исключений процессах, от бросания игральные кости и приготовления пищи до заполнения форм или запуска космической ракеты: полная причинно-следственная цепочка неизвестна и непознаваема. Как и в случае игральные кости, мы не способны познать всю причинно-следственную глубину любого процесса.

Поскольку эти мелкие силы в разной степени присутствуют во всех процессах, их называют *общими*. Поэтому краткосрочную вариацию, ими вызванную, иногда называют *вариацией по общим причинам*.

Мы разобрались, что же такое краткосрочная вариация. Теперь научимся оценивать ее количественно. Формула для расчета стандартного отклонения, приведенная в табл. 5.2, не объясняет ни краткосрочные, ни длительные эффекты. С ее помощью оценивают общую вариацию всех измерений. Но нас это не должно обескураживать, поскольку трудолюбивые статистики уже давно разработали способ выделить краткосрочную вариацию из общей.

До краткосрочной вариации проще всего добраться, проанализировав разности между последовательными измерениями важной характеристики. Такую разность можно рассматривать как своего рода размах между двумя значениями. Допустим, имеем последовательность измерений:

$$x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n.$$

Разность или размах между первым и вторым измерениями запишем так:

$$R_1 = |x_1 - x_2|.$$

В общем виде разность между любыми двумя последовательными измерениями равна:

$$R_i = |x_i - x_{i+1}|.$$

А средний размах или разность между последовательными точками рассчитывается так:

$$\bar{R} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} R_i.$$

Чтобы рассчитать краткосрочное стандартное отклонение по этим последовательным (между двумя соседними точками) размахам, нужно их среднее умножить на специальный корректировочный коэффициент, отражающий размах между двумя последовательными измерениями:

$$\sigma_{КС} = \frac{\bar{R}}{1,128}.$$



Никогда не пытайтесь рассчитать краткосрочное стандартное отклонение характеристики по другим, а не последовательным, измерениям. Другими словами, для расчета результаты измерения должны следовать в том же порядке, в каком выполнялись замеры. Такое требование объясняется тем, что краткосрочное стандартное отклонение основано на естественном размахе между измерениями характеристики; если порядок измерений изменить, будет искажено расчетное значение краткосрочного стандартного отклонения.

## Все течет, все меняется: долгосрочная вариация

Теперь рассмотрим длительный график процесса, изображенный на рис. 5.5 в предыдущем разделе, с другой точки зрения. Здесь имеет место еще и какое-то другое явление, кроме чисто случайной вариации. Диапазон краткосрочной вариации, оставаясь приблизительно не-



изменным, постоянно перемещается вверх-вниз по вертикали. Эти перемещения — так называемые *возмущения процесса* — хорошо заметны, если их выделить наложенной поверх линией, как на рис. 5.7.

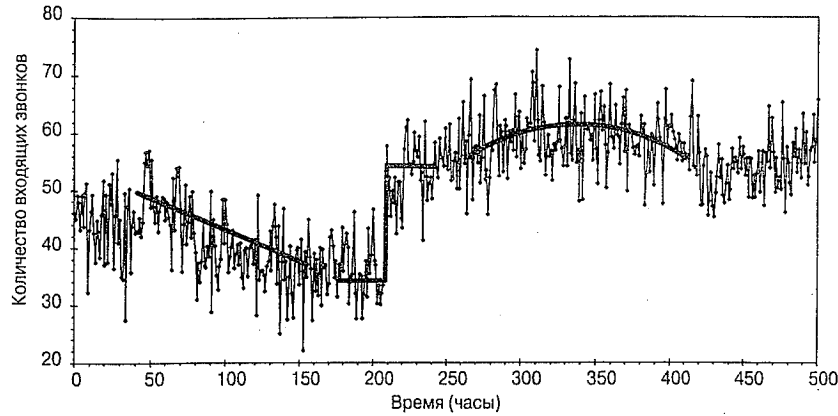


Рис. 5.7. Неслучайные возмущения, наложенные поверх протяженного во времени процесса

Комбинация этих возмущений с естественной краткосрочной вариацией называется *долгосрочной (ДС (LT)) вариацией процесса*.

В отличие от случайной, т.е. краткосрочной, вариации эти возмущения за длительное время будут *неслучайными*. Их можно аппроксимировать (изобразить приближенно) прямой линией, ступенчатой, кривой или повторяемыми элементами. Играющие в Лас-Вегасе хорошо знают, что долгосрочное возмущение закончится для них потерей всех их денег. (*Примечание:* избежать этого можно, выйдя из игры во время краткосрочного удачного периода.)

Прекрасная особенность долгосрочной вариации заключается в том, что обнаружить ее по силам не только Эйнштейну. Имея соответствующие методы и инструменты, вы поймете, какие части вашего процесса подвержены влиянию неслучайных сил. Если процесс заключается в подготовке определенного документа, а критичный выходной фактор процесса — его длительность, то надо обратить внимание на вариацию этого выходного фактора (результата).

На рис. 5.7 показана как раз *вариация результата*, или количества звонков, поступающих в колл-центр за час. Если выходной показатель меняется неслучайным образом, мы можем уверенно утверждать, что на количество входящих звонков повлияла комбинация особых причин.



Говоря *особая причина*, мы подразумеваем: результат менялся настолько сильно, что это нельзя объяснить только нормальным, краткосрочным, естественным — или случайным — влиянием. Мы знаем, что произошло нечто неслучайное, поэтому нам по силам обнаружить причину и решить проблему.

Продемонстрировать разницу между краткосрочной и долгосрочной вариациями процесса удобно с помощью двух графиков распределения вероятности, как показано на рис. 5.8. Заметим, что за длительный период долгосрочная вариация шире естественной, краткосрочной.

Неслучайная вариация вызвана *особыми* силами, чье влияние на процесс несложно увидеть и понять. Следовательно, эту неслучайную вариацию также называют *вариацией по особой (или неслучайной) причине*.

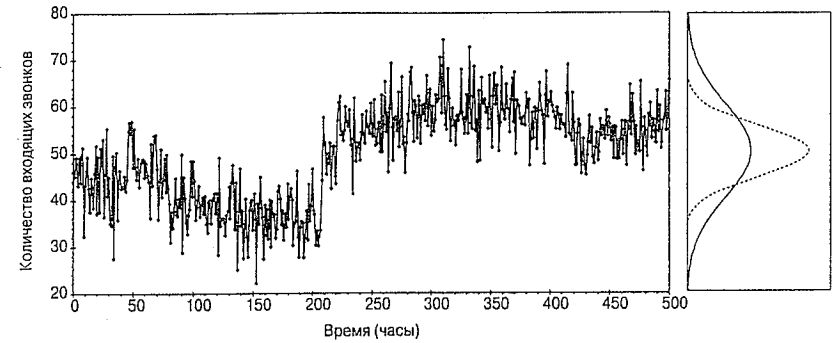


Рис. 5.8. Долгосрочная (ДС) и краткосрочная (КС) вариации процесса, представленные в виде распределения вероятности

Долгосрочную вариацию характеристики вычисляют так же, как полную вариацию. Значит, с помощью формулы полного стандартного отклонения можно количественно оценить уровень долгосрочной вариации характеристики (табл. 5.3).

Таблица 5.3. Формулы для вычисления краткосрочного и долгосрочного стандартного отклонения

Краткосрочное стандартное отклонение	Долгосрочное стандартное отклонение
$\sigma_{\text{КС}} = \frac{\bar{R}}{1,128}$	$\sigma_{\text{ДС}} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$



Расчетная краткосрочная вариация всегда должна быть меньше или равна расчетной долгосрочной вариации.

В этом и заключается ключевая разница между вариацией по общим причинам и вариацией по особым причинам: если даже при достаточно глубоком анализе вам не удастся понять, почему происходит вариация, то вы действительно не в силах предотвратить ее повторное появление (вспомним пример с игральными костями). С другой стороны, если вам удастся увидеть и понять причину проблемных вариаций, то у вас есть хороший шанс вообще их устранить.



Для любых примеров вариации по особым причинам вы почти всегда можете найти немедленное решение проблемы. Можно заранее разработать для разных проблемных ситуаций простые и понятные для всех решения. Допустим, предусмотреть дополнительные системы на случай выхода из строя оборудования или потери ключевого лидера. И так далее.

*Пока-Йоке* — это японский термин, который означает “защищенный от ошибок”. Такой фундаментальный принцип создания процессов столь легких и простых, что они под силу даже ребенку. По сути, Пока-Йоке — это процесс, “привитый” от ошибок (подробно Пока-Йоке рассмотрен в главе 10).



## Раскройте полностью: теоретический уровень

Для любого процесса существует естественная, краткосрочная вариация, происходящая одновременно с долгосрочной, непостоянной. Краткосрочный компонент вызван необъяснимыми общими причинами, корящимися в процессе, тогда как долгосрочный компонент является результатом факторов, которые мы способны обнаружить — особыми причинами. Допустим, вы хотите снизить общий уровень вариации в вашем процессе. Что следует предпринять? Насколько вам помогут новые знания о краткосрочной и долгосрочной вариациях?

Представьте себе, что вы идентифицировали и устранили все неслучайные, особые причины, воздействующие на ваш процесс. Теперь вы остались с процессом, на который влияет только случайная, краткосрочная вариация. И вы обнаруживаете, что дальнейшее уменьшение вариации результата осложнено, причем очень и очень осложнено, поскольку вам придется раскрыть о внутренней работе процесса то, что прежде было неизвестно. Вы должны идентифицировать, понять и устранить мириады укоренившихся, общих факторов, искажающих результат процесса.

Это труднопреодолимое препятствие на пути к улучшению приводит нас к идее теоретического уровня. *Теоретическим* называется уровень вариации, естественным образом встроенной в процесс. Это то количество вариации, которое проявляется в процессе при самых лучших условиях — даже когда все особые причины идентифицированы и устранены. (Конечно, вы понимаете, что мы говорим просто о другом названии уже знакомой нам краткосрочной вариации.)

### В чем разница между краткосрочной и долгосрочной вариациями?

Краткосрочная вариация — это синоним вариации по общим причинам, потому что за короткое время все неслучайные факторы влияния просто не успевают проявиться и изменить результат. С другой стороны, долгосрочная вариация синонимична вариации по особым причинам, поскольку времени для того, чтобы проявились неслучайные факторы влияния и изменили результат, достаточно. Не существует единой для всех процессов определенной длительности периода времени, служащей границей перехода краткосрочной вариации в долгосрочную. Точка перехода зависит от вида процесса и того времени, которое требуется, чтобы в достаточной мере охарактеризовать процесс.

На производстве *неслучайными причинами*, порождающими долгосрочную вариацию, могут быть разные события.

- ✓ **Износ инструмента.** Сверло, которым сверлят отверстия в деталях письменного стола типа “собери сам”, изрядно износилось. И вот вам, а также еще 500 другим людям, купившим изделия из одной товарной партии, приходится хорошенько помучиться, чтобы собрать дома новый стол. Слова, которыми вы при этом “благодарите” производителя, мы не приводим здесь по эстетическим соображениям.
- ✓ **Появляется новый оператор.** Джек заменил Джилл на рабочем месте оператора печатной машины. Новичок не отличается добросовестностью и потому не выполняет необходимое текущее техническое обслуживание. Качество печати снижается, потребители недовольны, и начинается поиск виновных.
- ✓ **Различия в сырье.** Но даже когда оператором была добросовестная Джилл, временами качество печати ухудшалось неслучайным образом. Просто иногда поставщик доставлял в типографию краску похуже, чем обычно, или же отличного качества, но немного нестандартного цвета.

В сфере услуг тоже бывают свои проблемы (*неслучайные причины*).

- ✓ **Поломка оборудования.** Ломается компьютер, и колл-центр уже не в состоянии обслуживать потребителей на высшем уровне. Самолет, доставляющий экспресс-почту, вынужден приземлиться в промежуточной точке маршрута для незапланированного технического обслуживания, и все отправления будут доставлены получателям с опозданием.
- ✓ **Внешние силы.** Частые дорожные пробки в определенном географическом регионе отрицательно сказываются на производительности транспортной компании. Скапливаются товары на складах, не выдерживаются сроки доставки.
- ✓ **Проблемы со здоровьем у лица, оказывающего услуги.** Ведущий участник важного судебного дела заболел и не в состоянии исполнять свои обязанности. А его коллеги недостаточно опытные и не вполне разбираются в данном конкретном деле, чтобы заменить заболевшего.



Долгосрочная вариация всегда больше краткосрочной, или теоретической, вариации.

Именно краткосрочную, или теоретическую, вариацию используют для сравнения разных процессов по их способности решать определенную задачу. Например, изготовление фигурной пластмассовой детали на формовочной машине имеет теоретическую вариацию  $\pm 0,05$  мм. С другой стороны, при изготовлении на фрезерном станке теоретическая вариация составляет  $\pm 0,01$  мм. Как видим, процесс с использованием фрезерного станка имеет в пять раз меньший теоретический уровень вариации, т.е. естественной, краткосрочной вариации.

Фундаментальная задача “Шесть сигм” состоит в том, чтобы наблюдать процессы и выяснять уровни их краткосрочной и долгосрочной вариаций. Но единственный способ действительно определить способность процесса — собрать и проанализировать достаточное количество данных о нем. При этом вы вступите в святая святых “Шесть сигм”: измерение и устранение разрывов между текущими и теоретическими показателями.

## Лучше один раз увидеть...

...Чем сто раз услышать. В этом разделе мы поговорим о графических изображениях. Преобразование исходных чисел и данных в статистические меры — такие как среднее значение и стандартное отклонение — позволяет нам количественно оценить внутреннюю работу и внешние влияния процесса. Однако графические изображения данных часто служат более интуитивному пониманию процесса. И уж точно графики и диаграммы удобнее, когда вы хотите рассказать другим людям то, что уже сами знаете о процессе.



Графический материал также выступает лучшим средством повысить приверженность членов проектной команды идее прорыва “Шесть сигм”. Когда люди собственными глазами видят на графиках текущую ситуацию, их желание ее изменить растет. Руководители, которых вам надо убедить в необходимости предложенного вами проекта, тоже лучше поддаются влиянию графиков, чем столбцов цифр.

## Как представить данные графически

Представляя данные графически, мы преследуем главную цель: изобразить центральную тенденцию и разброс вариации. Сделать это можно двумя разными способами; каждый имеет свои преимущества и недостатки.

## Точечные диаграммы и гистограммы

Оба вида решают одну задачу — показывают, где происходит вариация критичной характеристики. Сконцентрирована ли она в узком интервале? Или равномерно распределена по широкому диапазону? Ответ дает как точечная диаграмма, так и гистограмма.

Собрав измерения или данные для некоторой характеристики, мы строим по ним *точечную диаграмму* или *гистограмму*. Решаем задачу в четыре шага.

1. Проведите горизонтальную линию, которая будет служить шкалой измерения для характеристики.

Единицу измерения выбирайте в соответствии с видом характеристики: миллиметры для длины, килограммы для веса, минуты для времени, количество дефектов для проверяемой детали или любая другая единица для количественной оценки интересующей нас характеристики.

2. Разделите горизонтальную шкалу измерения на равные отрезки.

Ширину отрезка выбирайте так, чтобы между наибольшим и наименьшим наблюдаемыми значениями характеристики уместилось 10–20 равных отрезков.

3. Для каждого наблюдаемого измерения характеристики найдите его место на шкале и поставьте точку в центре соответствующего отрезка.

Если в тот же отрезок попадают другие измерения, точки располагайте одну над другой.

Использовать именно точки не обязательно. Выбирайте любой символ по своему вкусу или по соображениям удобства изображения на бумаге.

4. Повторяйте шаг 3 до тех пор, пока не нанесете все измерения на график.

Чтобы построить гистограмму (исключительно с целью поразить окружающих своим знанием такого мудреного термина), просто замените каждый столбец точек сплошным вертикальным столбцом той же высоты.

## Анализ точечных диаграмм и гистограмм

Точечная диаграмма и ее причудливая сестра, гистограмма, — богатый источник информации о вариации значений характеристики.

✓ **Форма вариации.** Всегда ли вариация характеристики сконцентрирована вокруг одного значения? Или же она равномерно распределена вдоль диапазона значений? Одного взгляда на точечную диаграмму или гистограмму достаточно, чтобы получить ответы на эти вопросы. На рис. 5.9 представлена форма вариации, распределенной *нормально*, т.е. имеющей колоколообразную форму. При так называемом нормальном распределении большинство наблюдаемых значений характеристики располагаются вблизи центральной точки, и по мере удаления в обе стороны от нее значений остается все меньше. А на рис. 5.10 представлено *равномерное* распределение вариации характеристики.

Во втором случае вариация равномерно распределена вдоль определенного ограниченного диапазона. Другими словами, мы с равной вероятностью можем наблюдать некоторое значение характеристики на противоположных концах интервала или в любом месте между ними.

На рис. 5.11 показано *асимметричное* распределение, при котором одна из двух сторон простирается на большее расстояние, чем другая.

✓ **Мода вариации.** Модой распределения называют самое вероятное значение или, другими словами, его пик. Обычно распределение имеет один пик, как показано на рис. 5.12.

Гистограмма с двумя или больше выраженными пиками называется *многомодальной*. Другими словами в вариации доминирует два или больше значений. Однако редко встречаются распределения, имеющие несколько крупных пиков. В таких случаях мы вправе предполагать наличие какого-то фактора, настолько влияющего на характеристику, что вся система проявляет шизофреническое поведение.

И все же иногда характеристика имеет две или больше моды, как показано на рис. 5.13.

Гистограмма нормального распределения

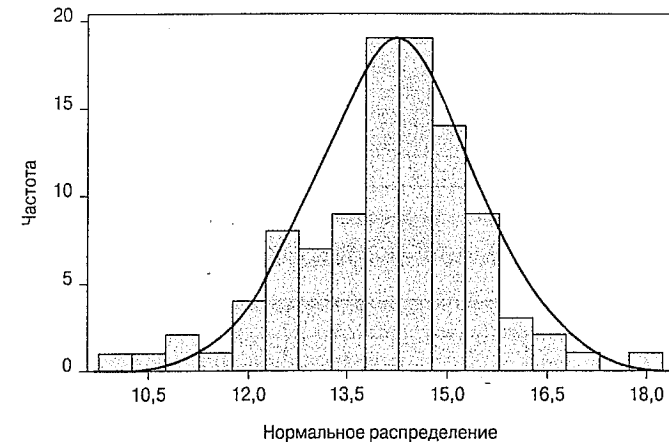


Рис. 5.9. Гистограмма нормально распределенной вариации

Гистограмма равномерного распределения

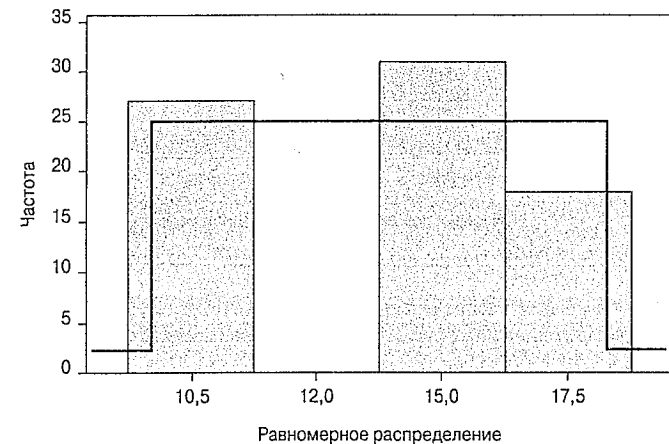


Рис. 5.10. Гистограмма равномерно распределенной вариации

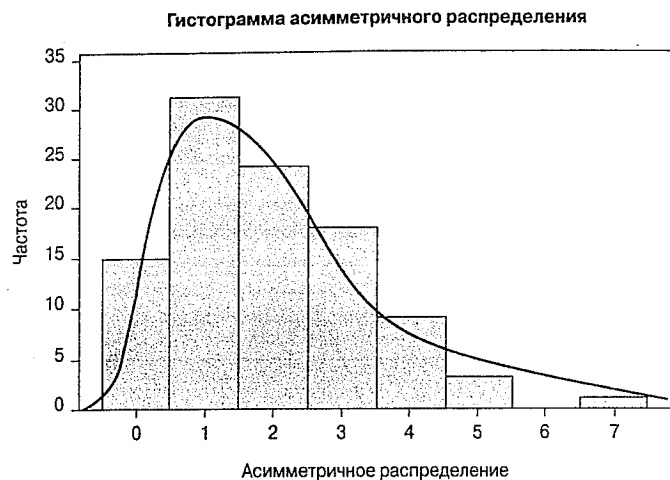


Рис. 5.11. Гистограмма **асимметричного** распределения

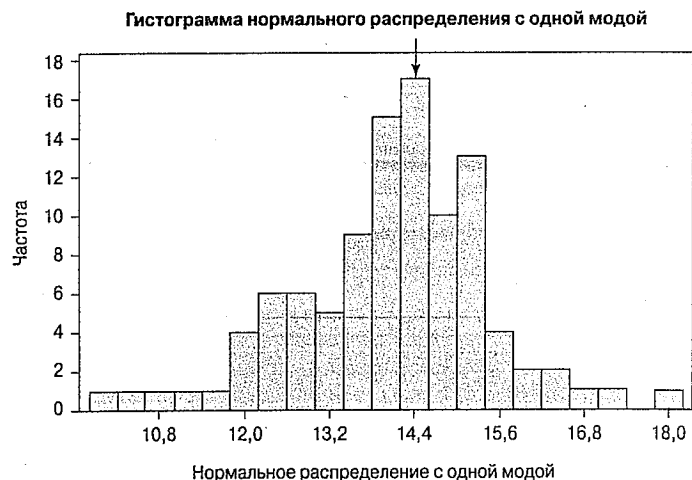


Рис. 5.12. Гистограмма с **одной** модой вариации

Встречая многомодальное распределение, всегда копайте глубже, чтобы обнаружить фактор или факторы, вызывающие шизофреническое поведение характеристики.



✓ **Среднее значение вариации.** По точечной диаграмме или гистограмме можно, не утруждая себя вычислениями, зрительно оценить среднее значение характеристики. Прижмите указательный палец к горизонтальной оси точечной диаграммы или гистограммы. Перемещайте его влево-вправо до тех пор, пока вертикальная линия, проведенная через его кончик, не разделит площадь всей диаграммы приблизительно пополам. Вуаля! Эта точка на горизонтальной оси и будет средним значением вариации.

**Гистограмма бимодального распределения**

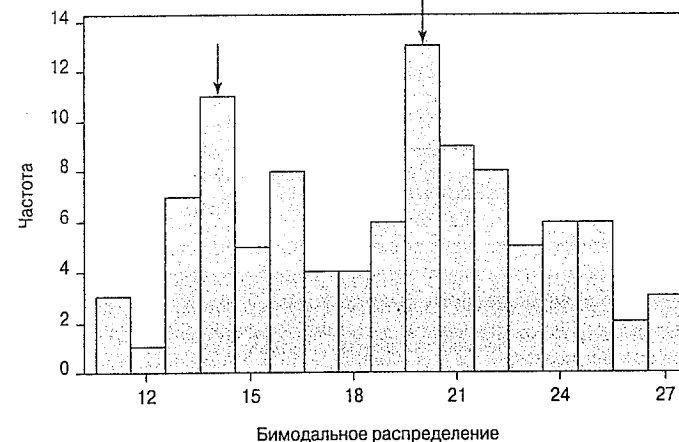


Рис. 5.13. Гистограмма **бимодального** распределения

- ✓ **Размах вариации.** Разность между наибольшим и наименьшим наблюдаемыми значениями на диаграммах ( $x_{MAX}$  и  $x_{MIN}$  соответственно) называется размахом распределения ( $R$ ). Формула для вычисления размаха:  $R = x_{MAX} - x_{MIN}$ .
- ✓ **Выбросы.** Выбросы — это измеренные наблюдения, существенно удаленные от зоны концентрации остальных наблюдений. Поскольку выбросы расположены слишком далеко слева или слишком далеко справа от остальных данных, они вряд ли возникли в результате тех же обстоятельств, которые привели к появлению всех других точек. Но как раз в этом и заключается ценность выбросов. Их присутствие на точечной диаграмме или гистограмме свидетельствует о каких-то отклонениях в условиях процесса, или в его исполнении, или в способе измерения. Поэтому внимательно изучите все выбросы. Постарайтесь понять, почему их значение столь резко отличается от всех других наблюдений. При этом почти всегда удастся обнаружить факторы, ухудшающие характеристику.



Из точечных диаграмм и гистограмм можно извлечь также ценную числовую информацию. Например, рассчитать долю наблюдений, попавших в какой-нибудь интересующий вас интервал. Или спрогнозировать вероятность возникновения в будущем определенных значений. (Уметь предсказывать будущее весьма полезно!)

Допустим, вы измерили характеристику 50 раз. Подсчитав и просуммировав количество точек в столбцах (или измерив высоту столбцов гистограммы), вы обнаружили, что между значениями, скажем, 5 и 6, было 17 измерений. Значит, 17 из 50 измерений (а это 34%) попадают в рассмотренный интервал. Теперь можно спрогнозировать будущее: если поведение этой характеристики останется таким же, как и во время ваших измерений, то 34% будущих наблюдений попадут в интервал между 5 и 6. Бизнес казино Лас-Вегаса процветает, поскольку эти заведения используют “Шесть сигм” и знают, что произойдет, когда вы решите, допустим, сыграть в кости.

## Создание диаграмм “ящик с усами”

Недостаток точечных диаграмм и гистограмм состоит в том, что они позволяют рассмотреть только одну характеристику. При необходимости сравнить несколько распределений лишь немногие другие методы позволяют сделать это быстрее и проще, чем так называемые диаграммы “ящик с усами” (или просто “ящичные диаграммы”). Подобно тому как два человека становятся друг к другу спинами, чтобы сравнить, кто из них выше, ящичные диаграммы позволяют непосредственно сравнить два или больше распределений вариации.



Как мы уже сказали, диаграммы “ящик с усами” иногда называют просто *ящичными диаграммами*. Такая диаграмма состоит из *ящичка*, представляющего центральную массу вариации, и тонких линий, так называемых *усов*, протянувшихся по обе стороны от ящичка и представляющих убывающие хвосты распределения. Пример ящичной диаграммы показан на рис. 5.14.

Ящичная диаграмма характеристики

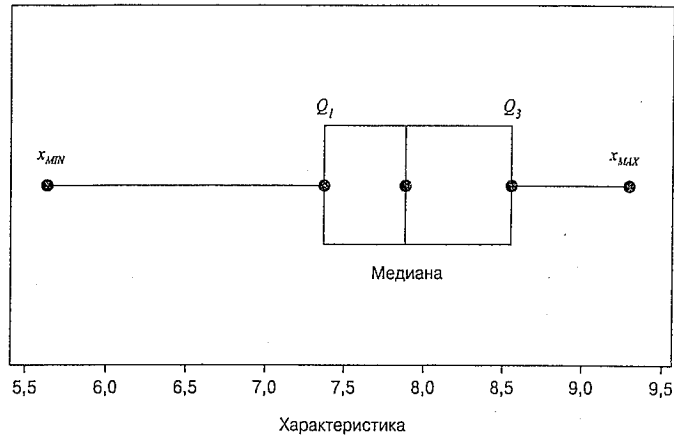


Рис. 5.14. Пример диаграммы “ящик с усами”

Рассмотрим процесс построения ящичной диаграммы.

### 1. Ранжируйте все собранные измерения характеристики.

Для этого нужно расположить все собранные данные в порядке возрастания от наименьшего к наибольшему.

### 2. Определите медиану данных.

Следует найти среди расположенных по возрастанию данных наблюдение, ниже и выше которого находится ровно по половине измерений.

Если количество точек в группе нечетное, то медианой будет  $\left[ \frac{n+1}{2} \right]$ -ное значение в ранжированном ряду.

В случае четного количества точек в наборе данных медиана вычисляется как среднее арифметическое двух значений:  $\left[ \frac{n}{2} \right]$ -ного и  $\left[ \frac{n}{2} + 1 \right]$ -ного.

### 3. Найдите первый квартиль $Q_1$ .

Первый квартиль — это точка в ранжированном ряду, ниже которой расположены 25% наблюдаемых данных.

### 4. Найдите третий квартиль $Q_3$ .

Третий квартиль — это точка в ранжированном ряду, ниже которой находятся 75% наблюдаемых данных.

### 5. Найдите наибольшее наблюдаемое значение $x_{MAX}$ .

### 6. Определите наименьшее наблюдаемое значение $x_{MIN}$ .

### 7. Проведите горизонтальную линию, представляющую шкалу измерения для характеристики.

Единица измерения выбирается в соответствии с видом характеристики: миллиметры для длины, килограммы для веса, минуты для времени, количество дефектов для проверяемой детали, или любая другая единица для количественной оценки интересующей нас характеристики.

### 8. Начертите ящик.

Для этого следует начертить ящик, протянувшийся от первого квартиля  $Q_1$  до третьего  $Q_3$ , и провести вертикальную линию внутри него, соответствующую расчетному значению медианы.

### 9. Начертите усы.

Проведите две горизонтальные линии: одну от значения  $Q_1$  до наименьшего наблюдаемого значения  $x_{MIN}$ , другую от значения  $Q_3$  до наибольшего наблюдаемого значения  $x_{MAX}$ .

### 10. Повторите шаги 1–9 для каждой дополнительной характеристики, которую вы хотите вычертить и сравнить с другими на той же шкале измерения.



Если для некоторой характеристики собрано очень много данных, то, возможно, будет достаточно протянуть усы только до 10-го и 90-го перцентилей, или до 5-го и 95-го, и т.д. Если же выбросы окажутся еще дальше, чем окончания усов, их (выбросы) можно отметить на диаграмме отдельными точками или звездочками. Так мы графически покажем присутствие выбросов в наших данных.

## Анализ диаграмм “ящик с усами”

Ящичные диаграммы идеальны для сравнения двух или больше распределений вариации. Например, можно сравнить два состояния процесса или характеристики — до и после перемены. Или же сопоставить несколько альтернативных способов выполнения некоторой операции. По сути, для того чтобы быстро узнать, отличны ли между собой (или идентичны) два или больше распределений вариации, ящичные диаграммы подойдут как нельзя лучше. На рис. 5.15 показан пример сравнения распределений *A*, *B* и *C* с помощью ящичных диаграмм.

Как видно из рис. 5.15, у распределения *B* самый низкий уровень. Но даже при этом его значения частично совпадают со значениями распределения *A*, поэтому, возможно, эти два распределения не столь различны. С другой стороны, распределение *C* имеет гораздо большее значение и совершенно не совпадает с распределениями *A* и *B*. К тому же у него гораздо более широкий разброс.

Ниже перечислены элементы, на которые следует обращать внимание при сравнении ящичных диаграмм.

- ✓ Различия или подобия в положении медианы.
- ✓ Различия или подобия в ширине ящичков.

- ✓ Различия или подобия в размахе между концами усов.
- ✓ Совпадения значений или разрывы между распределениями.
- ✓ Асимметрия вариации в распределениях.
- ✓ Присутствие выбросов.

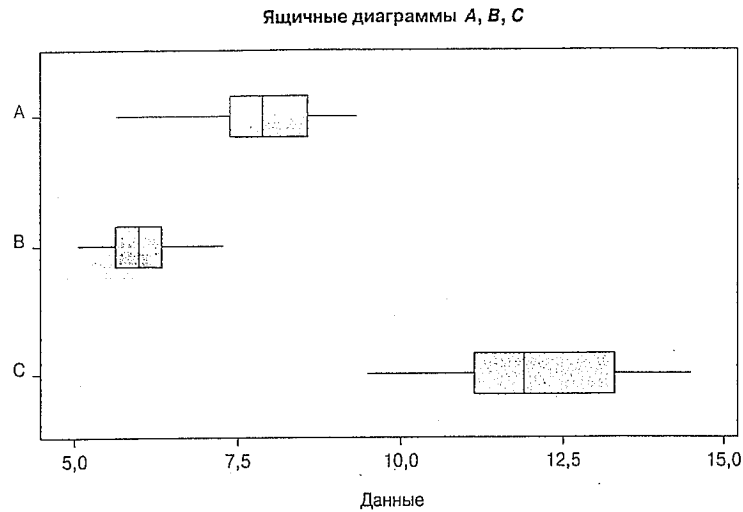


Рис. 5.15. Графическое сравнение трех распределений вариации с помощью диаграмм "ящик с усами"

### Построение диаграмм рассеяния

Точечные диаграммы, гистограммы и ящичные диаграммы отражают за один раз только одно распределение (одну характеристику). Однако часто приходится исследовать связь между двумя характеристиками. Для этого подойдет *диаграмма рассеяния*. Такое название эти диаграммы получили из-за своего внешнего вида — рассеянной группы точек.

Ключ к построению диаграммы рассеяния — в способе выполнения измерений. Чтобы исследовать связь между двумя характеристиками  $X$  и  $Y$ , измерять их значения нужно одновременно.

Двумя характеристиками, для которых строят диаграмму, могут быть два входных фактора. Или же одна характеристика — входной фактор, а вторая — выходной. Неважно, какие факторы вы наносите на диаграмму, главное, чтобы измерения производились одновременно.

Рассмотрим процесс построения диаграммы рассеяния по одновременно собранным данным.

#### 1. Сформируйте пары измеренных данных.

Для каждого отдельного измерения следует образовать пары одновременно измеренных значений двух характеристик; такую пару  $x$ -у можно будет отметить точкой на диаграмме в двух осях.

#### 2. Создайте диаграмму с двумя осями.

Проведите две оси, горизонтальную и вертикальную; каждая соответствует одной из двух исследуемых характеристик.

Единицу измерения выбирайте в соответствии с видом характеристики: миллиметры для длины, килограммы для веса, минуты для времени, количество дефектов для проверяемой детали или любая другая единица для количественной оценки интересующей нас характеристики.

#### 3. Отметьте каждую пару измерений точкой на диаграмме в двух осях.

На рис. 5.16 представлен пример одновременно измеренных значений и соответствующей диаграммы рассеяния.

Номер наблюдения	$X_3$	$Y$
1	2,02	5,75
2	1,97	6,16
3	1,67	7,21
4	1,99	5,85
5	2,04	5,79
6	2,19	5,11
7	2,16	5,00
8	2,04	5,53
9	2,05	6,04
10	2,06	5,82
11	1,88	6,78
12	2,01	5,89
13	1,96	6,28
14	2,22	5,36
15	2,12	5,40
16	2,05	5,84
17	1,80	6,76
18	1,83	5,91
19	1,94	6,70
20	1,96	6,13
21	1,96	5,71
22	2,31	4,50
23	1,65	6,83
24	2,34	4,46
25	1,83	6,96
26	1,64	7,87
27	2,21	4,88
28	1,98	6,35
29	1,56	7,65
30	2,30	4,59

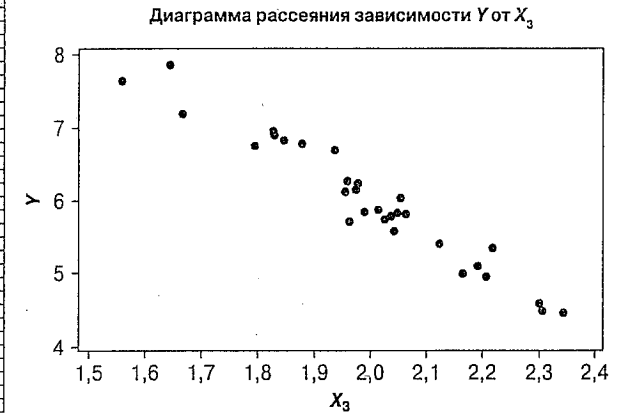


Рис. 5.16. Диаграмма рассеяния, отражающая зависимость выходной характеристики  $Y$  от входной характеристики  $X_3$

Диаграмму рассеяния можно построить и в случае, если одна из двух характеристик измеряется не по непрерывной шкале, а дискретными категориями. Например, диаграмма зависимости объема продаж (измеряется по непрерывной шкале в долларах) от выбранного маркетингового плана — №1 или №2 (т.е. имеем две дискретные категории). Образец такой диаграммы приведен на рис. 5.17.

### Анализ диаграмм рассеяния

Диаграмма рассеяния графически показывает нам, как связаны две характеристики. Связь между ними может быть сильной или вообще отсутствовать, и это сразу видно на диаграмме рассеяния. Термин *корреляция* (взаимосвязь) количественно характеризует силу связи между двумя характеристиками.

Перечислим элементы, на которые надо обращать внимание при сравнении диаграмм рассеяния.

- ✓ **Величина корреляции.** Если две характеристики между собой не связаны, то диаграмма рассеяния представляет собой облако случайно разбросанных точек, как на рис. 5.18. Нет ни определенной структуры, ни тренда (направления), ни выраженной группы точек.

С другой стороны, в случае связанности двух характеристик возникает определенная структура или тренд, или группа точек. Например, на рис. 5.19 представлена диаграмма рассеяния с рис. 5.16 с наложенной поверх нее линией тренда.

Диаграмма рассеяния зависимости объема продаж (в тыс. долл.) от выбранного маркетингового плана

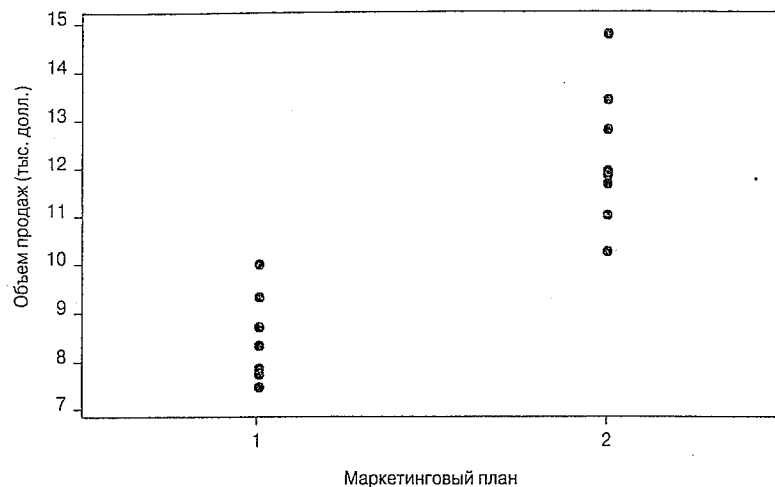


Рис. 5.17. Образец диаграммы рассеяния для категориальных данных

Диаграмма рассеяния зависимости Y от X<sub>2</sub>

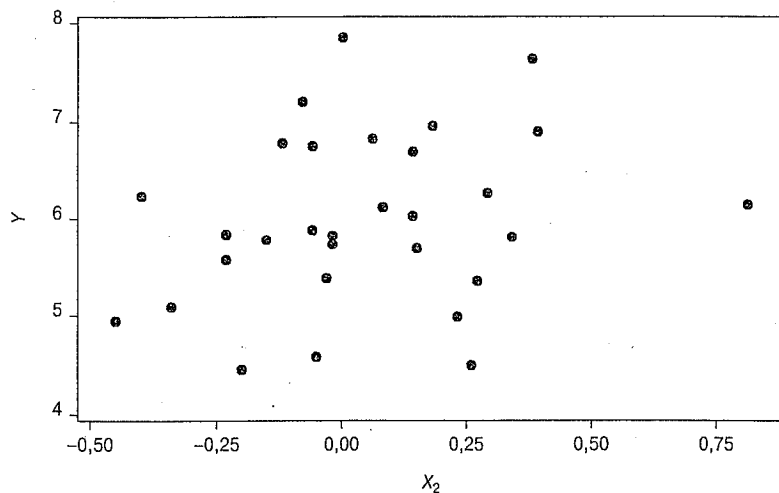


Рис. 5.18. Пример диаграммы рассеяния для двух характеристик Y и X<sub>2</sub>, не связанных между собой (отсутствует какая бы то ни было структура в расположении точек)

Если удастся естественным образом провести прямую линию через группу точек на графике, как на рис. 5.19, это свидетельствует о корреляции характеристик. Величина корреляции определяется тем, насколько близко точки расположены к линии тренда. Если линия лишь приблизительно отражает расположение точек, корреляция характеристик низкая;

с другой стороны, плотная группировка точек вокруг линии тренда свидетельствует об их высокой корреляции.

Диаграмма рассеяния зависимости Y от X<sub>3</sub>

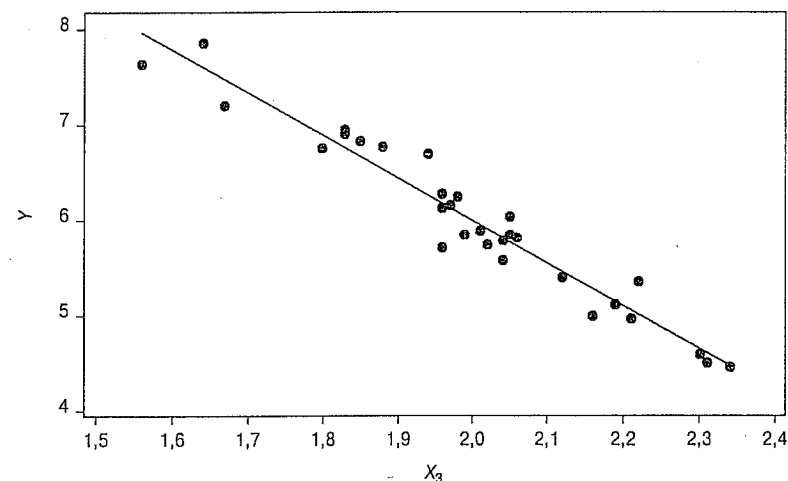


Рис. 5.19. Пример диаграммы рассеяния двух характеристик Y и X<sub>3</sub>, связанных между собой

Сила связи между определенными входными и выходными факторами интересует нас потому, что мы пытаемся обнаружить операционный леверидж, т.е. ищем факторы или переменные, могущие положительно повлиять на успешность нашего проекта по улучшению (на результат, указанный в формулировке цели). Эта тема была подробно рассмотрена в главе 2.



Насколько плотно точки на диаграмме должны прилегать к линии тренда, чтобы можно было говорить о существовании значительной корреляции? Хорошим практическим правилом служит *тест толстого карандаша*. Положите толстый карандаш прямо на линию тренда. Если он покрывает точки, то наши характеристики “выдержали экзамен”. Мы вправе утверждать: между ними существует достаточно сильная, чтобы считаться значимой, корреляция.

✓ **Направление корреляции.** Две характеристики *положительно коррелированы*, если увеличение одной из них вызывает увеличение другой. На рис. 5.20 показана диаграмма рассеяния с положительной корреляцией двух характеристик.

С другой стороны, две характеристики *отрицательно коррелированы*, если увеличение одной из них вызывает уменьшение другой, и наоборот. На рис. 5.19 показана диаграмма рассеяния с отрицательной корреляцией между двумя характеристиками.

✓ **Сила эффекта.** Диаграммы рассеяния также графически показывают силу или величину влияния одной характеристики на другую. Но не путайте данный показатель с величиной корреляции! Между двумя характеристиками может существовать сильная корреляция (т.е. точки на диаграмме плотно группируются вокруг линии тренда), однако даже крупное изменение одной характеристики вызывает всего лишь небольшое изменение другой. С другой стороны, бывают ситуации, когда небольшое изменение одной характеристики приводит к существенному изменению другой.

О силе эффекта между двумя характеристиками судят по углу наклона линии тренда. На рис. 5.21 показаны три диаграммы рассеяния, отражающие влияние трех входных характеристик на выходную характеристику  $Y$ . Чем круче линия тренда, тем сильнее эффект, т.е. тем сильнее данная входная характеристика влияет на выходную.

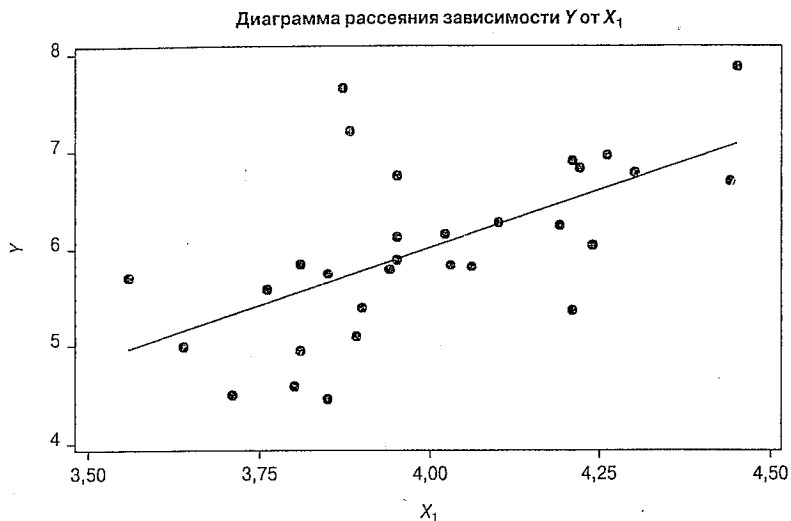


Рис. 5.20. Диаграмма рассеяния, показывающая положительную корреляцию между двумя характеристиками

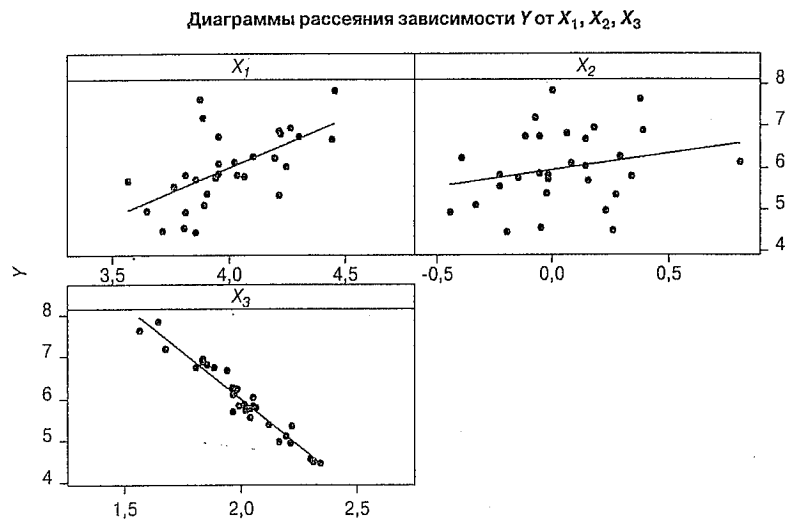


Рис. 5.21. Три диаграммы рассеяния, по одной для трех входных характеристик  $X_1, X_2, X_3$ , влияющих на одну выходную характеристику  $Y$



Наклон линии показывает, насколько круто она поднимается (или опускается). Математически наклон определяют как отношение величины подъема по линии в вертикальном направлении к величине перемещения по линии в горизонтальном направлении: отношение *подъема* к *перемещению*.

Например, рассмотрим на линии тренда две точки —  $(x_1, y_1)$  и  $(x_2, y_2)$ . Наклон рассчитываем по формуле:

$$\frac{\text{подъем}}{\text{перемещение}} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

Если расчетный наклон равен нулю, это говорит о том, что линия тренда горизонтальна. Отрицательный наклон имеет линия, которая опускается слева направо. Линия с положительным наклоном поднимается слева направо.

Чем больше абсолютная (т.е. независимо от знака) величина наклона, тем больше крутизна линии. Если величина наклона равна бесконечности (со знаком плюс или минус), то линия тренда строго вертикальна.

На рис. 5.21 можно сравнить по наклону линии тренда для зависимости выходной характеристики  $Y$  от входных характеристик  $X_1, X_2, X_3$ . Диаграмма рассеяния с наибольшим наклоном линии тренда соответствует наибольшему влиянию входного фактора на выходной. Так, на рис. 5.21 сильнее всего на  $Y$  влияет  $X_3$ .

Эту же мысль можно выразить другими словами. Чтобы добиться единичного изменения результата  $Y$ , нужно изменить любой из трех входных факторов  $X_1, X_2, X_3$ , причем  $X_3$  придется изменять на наименьшую величину. Поэтому среди входных характеристик именно  $X_3$  обеспечивает наибольший левередж.

Диаграмму рассеяния, используемую для определения силы эффекта одной характеристики на другую, часто называют *диаграммой основных эффектов*. Подробнее о ней будет рассказано в главе 9.

Диаграммы рассеяния — простой, но чрезвычайно мощный инструмент для изучения и количественной оценки связи между двумя или более характеристиками. Это исходная точка на пути к фундаментальной зависимости  $Y = f(X)$  программы улучшения “Шесть сигм”. Именно благодаря диаграммам рассеяния мы начинаем понимать, как одни переменные влияют на другие и как определенные входные факторы содействуют или противодействуют нашей способности получать желаемые результаты.

## Взгляд в прошлое: диаграммы изменения во времени

Все рассмотренные нами диаграммы — точечные, гистограммы, “ящик с усами” и рассеяния — имеют общий недостаток: в них игнорируется один критичный элемент — время. Ни в одном из этих графических методов не принимается во внимание порядок наблюдения измеренных данных. Однако время или порядок — критичные факторы, особенно при попытке понять причины вариации и изменения процесса во времени.

### Построение диаграммы изменения характеристики или процесса во времени

Чтобы изучить изменение характеристики или процесса во времени (еще говорят “поведение” характеристики или процесса), отложим наши наблюдаемые измерения на шкале, представляющей время или порядок, точно в той же последовательности, в какой производились измерения в действительности.

Для построения диаграммы поведения характеристики или процесса необходимо выполнить следующие шаги.



1. Создайте горизонтальную шкалу, представляющую время или порядок выполнения измерений.

Обычно создают ось для порядка выполнения измерений, который называют *порядком следования измерений*.

2. Создайте вертикальную шкалу, представляющую шкалу измерения для данной характеристики.

Единицу измерения выбирайте в соответствии с видом характеристики: миллиметры для длины, килограммы для веса, минуты для времени, количество дефектов для проверяемой детали или любая другая единица для количественной оценки интересующей нас характеристики.

Установите максимальное и минимальное значения на вертикальной оси соответственно немного выше и ниже максимального и минимального наблюдений.

3. Отметьте на диаграмме каждое измерение точкой с двумя координатами — по шкале времени и основной шкале измерений.
4. Соедините точки между собой.

Так изменения между последовательными точками будут лучше заметны.

На рис. 5.22 показан пример диаграммы поведения для времени выполнения сборочного процесса.

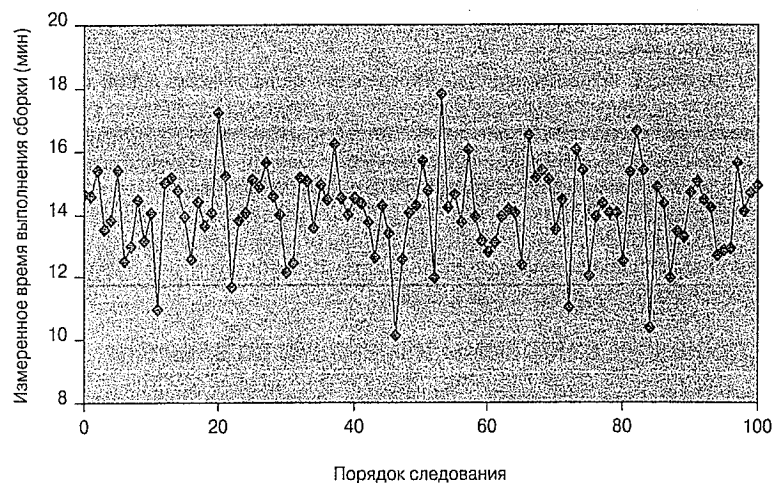


Рис. 5.22. Пример диаграммы поведения характеристики или процесса. Каждое наблюдение характеристики отмечено в порядке ее измерения

### Анализ диаграммы поведения характеристики или процесса

В нормальных условиях процесс или характеристика должны и вести себя нормально. Данное утверждение кажется очевидным, но на самом деле оно значительно глубже. Любая характеристика или процесс имеют естественную вариацию. А диаграмма поведения графически показывает ее изменения во времени.

Как видно по рис. 5.22, вариация процесса или характеристики скачет вокруг центральной горизонтальной линии диаграммы поведения. Большая часть наблюдаемой вариации сконцентрирована вокруг этой центральной линии. А время от времени возникают отклонения на большее расстояние от нее. Во времени вариация абсолютно случайна, в ней отсутствуют какие бы то ни было закономерности или тренды. Такое поведение называется *нормальным*, и оно аналогично теоретическому уровню вариации, рассмотренному выше в разделе "Раскройте полностью: теоретический уровень".

Но диаграмма поведения не только позволяет увидеть нормальное поведение процесса или характеристики — с ее помощью можно также сразу же обнаружить *ненормальное* поведение, т.е. вариации, превышающие ожидаемый нормальный уровень. Причины ненормального поведения неслучайны, и о них уже говорилось выше в данной главе; в длительной перспективе они ухудшают теоретический уровень процесса или характеристики. Диаграммы поведения составляют основу поиска корневой причины ненормального поведения.

Ниже перечислены элементы, на которые следует обращать внимание при анализе диаграмм поведения процесса или характеристики.

- ✓ **Вариация выходит за ожидаемые пределы.** Выбросы — это наблюдения, которые выходят за пределы ожидаемой нормальной краткосрочной вариации процесса или характеристики.

Выбросы представляют собой отклонение от нормы, потому что мы не ожидаем их увидеть. Например, при игре в кости мы не ожидаем, что пять раз подряд будут выпадать дубли. Теоретически это возможно, но когда такое происходит, мы сразу начинаем подозревать что-то необычное — допустим, что кости поддельные (именно поддельные кости ведут себя ненормально).

На рис. 5.23 приведен пример диаграммы поведения, когда вариация выходит за ожидаемые пределы.

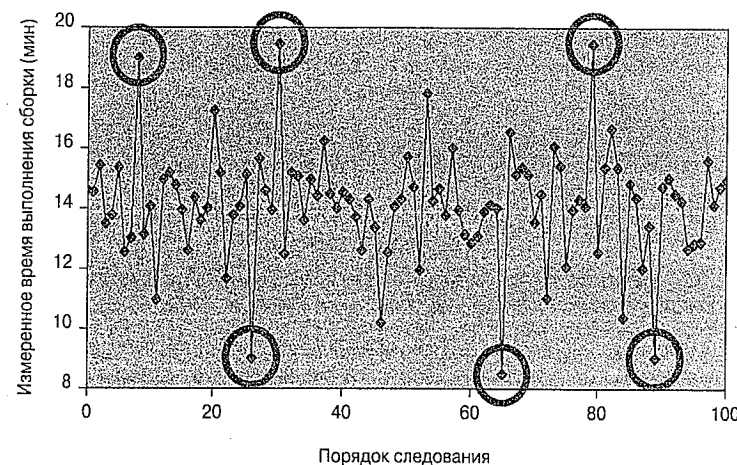


Рис. 5.23. Диаграмма поведения, на которой вариация выходит за ожидаемые нормальные пределы

При появлении избыточной вариации нужно с помощью шкалы времени или порядка следования диаграммы поведения выяснить, какие условия или факторы вызва-



ли ее. Вернитесь назад к точке возникновения вариации и спросите себя, что такого необычного произошло в тот момент и спровоцировало ненормальное поведение характеристики или процесса? Ответив на этот вопрос, вы обнаружите факторы влияния и сможете управлять ими.

Типичные причины выбросов — это невнимательность работника, ошибки измерения и другие однократные изменения обстоятельств процесса или характеристики. Например, среди значений длительности обработки заказа на покупку могут возникнуть выбросы из-за нештатной ситуации — в конторе отсутствуют сразу два человека, поэтому заказы на покупку дольше ждут своей очереди.

В главе 10 будет больше рассказано о том, как обнаруживать среди значений процесса или характеристики такой тип вариации по особым причинам.

- ✓ **Тренды.** Тренд — это устойчивое, постепенное увеличение или уменьшение во времени центральной тенденции процесса или характеристики. Если все условия системы остаются неизменными, то и уровень процесса или характеристики тоже не меняется и на графике отражается горизонтальной линией. Однако наклонная линия тренда свидетельствует о том, что произошло нечто необычное, повлиявшее на поведение процесса или характеристики. На рис. 5.24 показан пример тренда на диаграмме поведения процесса.

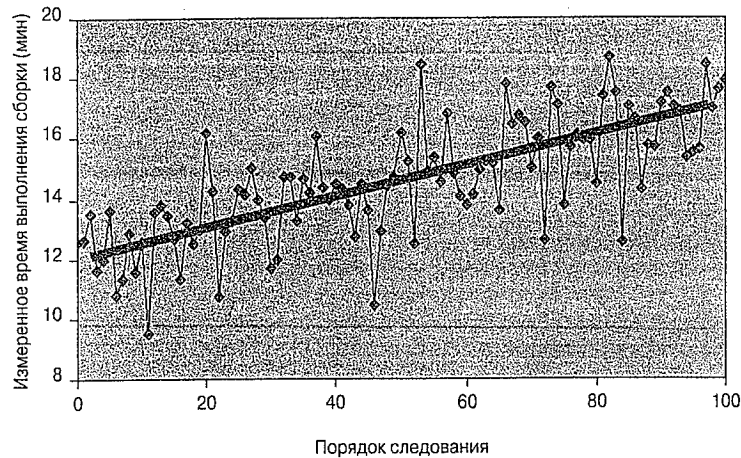


Рис. 5.24. Диаграмма поведения, свидетельствующая о наличии тренда в положении центра вариации во времени

Как и в любых других случаях ненормального поведения, при наличии тренда на диаграмме поведения нужно детально проанализировать систему и разобраться, в чем причина изменения.

Тренды в работе системы почти всегда вызваны системными факторами, постепенно меняющимися во времени, такими как температура, износ инструмента, текущее техническое обслуживание оборудования, рост затрат и т.д.

- ✓ **Серии.** Это последовательность наблюдений, в которой каждое очередное чуть больше или меньше предыдущего. Пример двух серий — одна возрастающая, другая убывающая — на диаграмме поведения приведен на рис. 5.25.

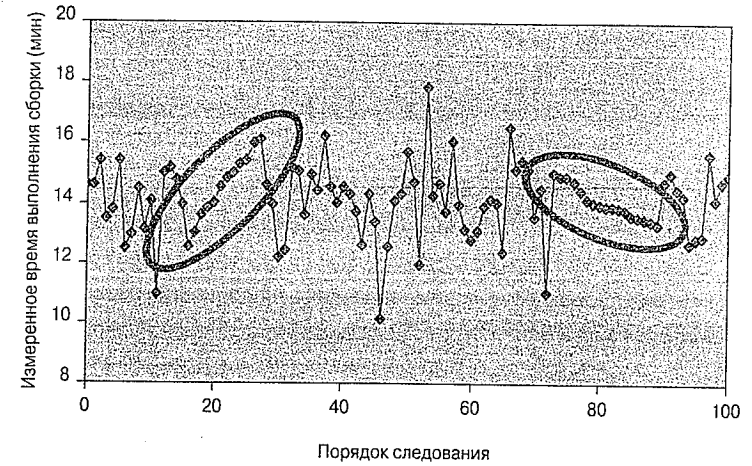


Рис. 5.25. Диаграмма поведения, отображающая серии. Возрастающая или убывающая последовательность точек — это ненормальное поведение

Серии возникают, среди прочего, из-за дефектов оборудования, проблем калибровки и кумулятивных (совокупных, накопленных) эффектов.

- ✓ **Сдвиги.** Это внезапные скачки вверх или вниз центра вариации процесса или характеристики, обусловленные какими-то безвозвратными изменениями в системе. Допустим, это может быть элемент оборудования или появление нового оператора, или поставка другого материала, или ввод новой процедуры. Очевидно, сдвиги тоже не назовешь нормальным поведением.

На рис. 5.26 приведен пример процесса или характеристики, испытавшей сдвиг центра вариации.

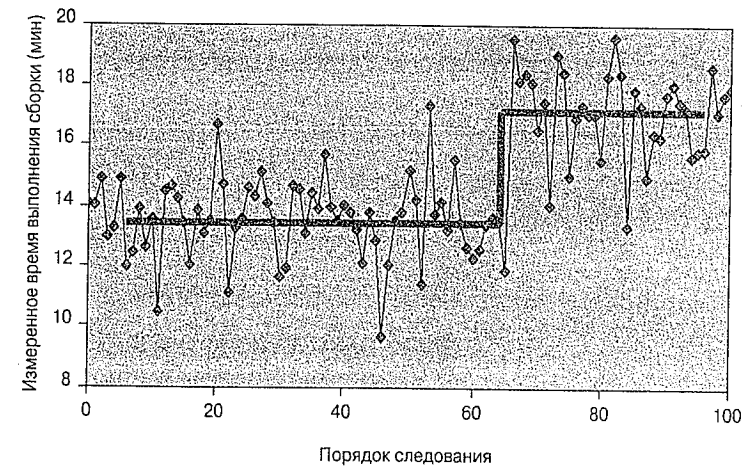


Рис. 5.26. Диаграмма поведения, свидетельствующая о наличии ненормального сдвига в уровне центральной тенденции вариации

## Глава 6

# Измерение способности

В этой главе...

- ✓ Спецификации и их связь с дефектами и ошибками
- ✓ Расчет и интерпретация мер производительности и уровня дефектов
- ✓ Вычисление и интерпретация сигма-значения ( $Z$ ) процесса или характеристики
- ✓ Вычисление и интерпретация индексов краткосрочной и долгосрочной способности ( $KCC_{П}$  ( $C_{P}$ ),  $KCC_{ПК}$  ( $C_{PK}$ ),  $DCC_{П}$  ( $P_{P}$ ),  $DCC_{ПК}$  ( $P_{PK}$ ))

Обработав измерения процесса или характеристики и рассчитав статистические меры, такие как среднее  $\bar{x}$  и стандартное отклонение  $\sigma$ , мы теперь можем описать свойства процесса или характеристики. При многократном повторении процесса характеристика каждый раз принимает новое значение, несколько отличное от предыдущего. Данная вариация влияет на результаты работы более широкой системы и, в конечном счете, отражается на потребителях.

Настоящая глава посвящена двум голосам — процесса и потребителя — и их влиянию друг на друга. В “Шесть сигм” эти взаимоотношения называют *способностью*. Другими словами, какова способность голоса процесса или характеристики звучать в унисон с голосом потребителя, т.е. насколько процесс отвечает ожиданиям последнего.

В стратегии ОИАУК используется расчет способности для количественной оценки и количественного отражения фактических значений характеристик и процессов в сравнении с требуемыми. Эти меры способности позволяют понять, на чем сосредоточить внимание, и оценить фактическое улучшение.

## Спецификации: голос потребителя

Когда вы как потребитель покупаете кока-колу, то ожидаете получить напиток с определенными характеристиками. Причем каждый раз, открывая банку, вы надеетесь, что эти характеристики будут такими же, как всегда. Если один раз напиток окажется слишком сладким, а в другой в нем будет не хватать того самого секретного ингредиента, вы заметите это и останетесь недовольны покупкой. Компания *Coca-Cola* знает за своим потребителем такую придирчивость, поэтому очень тщательно контролирует состав напитка и количество каждого ингредиента.

*Coca-Cola* контролирует свои продукты через *спецификации*. Каждая спецификация показывает, что требуется для удовлетворенности потребителя.

## Насколько близко “достаточно близко”, или Зачем нужны спецификации

До 1800-х годов все товары производились ремесленниками поштучно. Оружейный мастер, например, сначала изготавливал ствол для ружья, а затем искусно вырезал из деревянной заготовки один приклад, точно под размеры уже имеющегося ствола. Поэтому проблема ответственности между деталями возникала крайне редко.

Революция в производстве произошла вместе с разделением труда: каждый специалист изготавливал только какой-то один компонент товара. Сосредоточившись на меньшей области, человек добивался в ней большего качества и экономичности. В целом люди стали производить товары и услуги гораздо быстрее и с куда меньшими затратами.

Именно в эту пору экономической революции и родились спецификации. Чтобы стволы одного мастера-оружейника хорошо подходили под деревянные приклады другого мастера, приходилось прибегать к формальной координации действий. Спецификации содержали указание каждому специалисту, какого размера или какой формы деталь ему изготавливать. Благодаря такому подходу все детали при сборке подходили друг другу.

## Что такое спецификации

Спецификации — это значения характеристики или процесса, отклонение от которых считается неприемлемым. Так, для вашего личного бюджета, скорее всего, неприемлемо расходовать более 200 долл. в месяц на билеты в кино. А как насчет 100 долл.? Или 50 долл.? Какие расходы на кино приемлемы или неприемлемы? *Спецификация* — это значение, отделяющее приемлемое от неприемлемого. Такое определение применимо ко всем характеристикам и процессам.

Существует несколько разных видов спецификаций (рис. 6.1).



Рис. 6.1. Целевое значение и пределы спецификации для характеристики или процесса

- ✓ **Предел спецификации (ПС (SL)).** Любое значение, отделяющее приемлемое от неприемлемого.
- ✓ **Односторонняя спецификация.** Предел спецификации, обозначающий только одну точку перехода от приемлемого к неприемлемому. Например, для нас важно, чтобы параметры характеристики или процесса не превысили определенное верхнее значение, это и есть односторонняя спецификация.
- ✓ **Двусторонняя спецификация.** Пара пределов спецификации, образующая интервал приемлемых значений.
- ✓ **Верхний предел спецификации (ВПС (USL)).** Значение, указывающее на верхний предел, выше которого параметры процесса или характеристики неприемлемы.
- ✓ **Нижний предел спецификации (НПС (LSL)).** Значение, указывающее на нижний предел, ниже которого параметры процесса или характеристики неприемлемы.

✓ **Целевое значение (ЦЗ (T)).** Некое оптимальное значение для работы характеристики или процесса. (Целевое значение — это *идеал*. Но вариация мешает тому, чтобы процесс или характеристика каждый раз демонстрировали это идеальное для нас целевое значение.)



Правильно заданные спецификации представляют тот разброс значений характеристики, при которых она все еще приемлема для потребителей. Зачастую производитель непосредственно не контактирует с потребителем и точно не знает его предпочтений. Но спецификации служат для вас *голосом потребителя* (или ГП (VOC), для краткости), т.е. они вместо него говорят вам, какие значения характеристики для него приемлемы.

## А вы танцуете румбу? Создание реалистичных спецификаций

Спецификации нельзя выбирать произвольно. Если они действительно не будут отражать значения, отделяющие хорошие показатели от плохих, то станут препятствием на пути развития. Если спецификации заданы недостаточно жестко, то потребителя не удовлетворят или даже возмутят ваши товар или услуга, хотя формально они соответствуют спецификациям. С другой стороны, слишком жесткие спецификации вынуждают вас расходовать больше ресурсов, чтобы вогнать товар в очень узкие рамки.

Представьте себе спецификацию, согласно которой вы должны доставить клиенту пиццу с температурой в пределах от 48,8°C до 48,9°C. Чтобы удержаться в столь узких температурных рамках, пиццерии придется принять очень сложные и дорогостоящие меры. Возможно, доставлять пиццу не в картонных коробках, а в контейнерах, изготовленных из термостойкой керамической плитки, которой снаружи обшивают космические корабли. В любом случае, столь требовательной к себе пиццерии придется изрядно потрудиться и пойти на большие затраты.

Но нужен ли потребителям такой высочайший контроль над температурой пиццы? Вероятно, нет. Поэтому менее требовательной спецификацией, к тому же вполне удовлетворяющей потребителя, будет температурный диапазон, скажем, 45–50°C.

В “Шесть сигм” для оценки пригодности ваших спецификаций используют акроним, в английском написании совпадающий с названием зажигательного латиноамериканского танца — *RUMBA*. На русском языке употребляется аббревиатура РПИПД.

- ✓ **Реалистичная.** Основана ли эта спецификация на реалистичной оценке истинных нужд потребителей? Имеет ли она прямое отношение к характеристике?
- ✓ **Понятная.** Спецификация должна быть понятно и однозначно сформулирована, чтобы исключить ее различные толкования.
- ✓ **Измеримая.** Можно ли измерить значения характеристики, чтобы сопоставить их со спецификацией? Если это невозможно, то вам грозят споры с потребителями по поводу того, соответствует ли товар спецификации.
- ✓ **Правдоподобная.** Лично вы поверили в такую спецификацию? А ваши коллеги по работе?
- ✓ **Достижимая.** Достижим ли уровень и диапазон этой спецификации?

Каждую спецификацию нужно подвергнуть тесту РПИПД. Если она не выдерживает проверки хотя бы по одной категории теста, необходимо планомерно привести спецификацию в норму.



Очень часто при подготовке проекта улучшения обзор включенных в него спецификаций выполняют слишком поверхностно или поспешно, хотя в дальнейшем показатели характеристики или процесса изменять уже нельзя. Поэтому всегда делайте обзор пригодности спецификаций на начальном этапе вашего проекта “Шесть сигм”.

## Главное — не нажимай эту большую красную кнопку! Что происходит, если превысить спецификацию

Так что же произойдет, если значение характеристики превысит спецификацию? Система тут же перестанет работать? Ответ зависит от обстоятельств. Если значения характеристики существенно выходят за пределы спецификации, то система иногда действительно ломается. А что будет в случае небольших отклонений?

На рис. 6.2 представлены четыре возможных сценария.

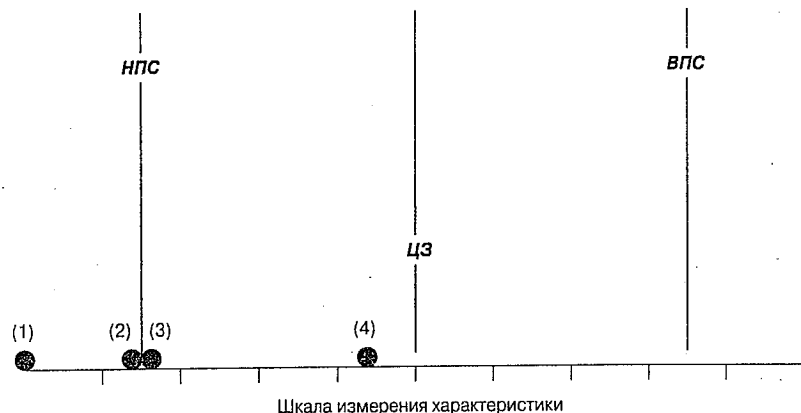


Рис. 6.2. Четыре разных сценария использования спецификации

Очевидно, лучший вариант на рис. 6.2 — это точка 4; она ближе всего к идеальному целевому значению характеристики. Точка 1 значительно вышла за нижний предел спецификации, поэтому она — худший вариант. А как мы оценим точки 2 и 3? Намного ли вероятнее возникновение дефекта в точке 2, чем в точке 3? Ответ отрицательный. Точки 2 и 3 приблизительно одинаковы по вероятности возникновения дефекта. Тогда почему мы должны по-разному оценивать наблюдения в них?

Традиционный взгляд на качество был таким:

$$\text{качество} = \text{соответствие спецификациям}$$

Но такой подход “до или за пределом” ошибочен. Низкое качество и сопряженные с ним затраты редко меняются скачком при переходе предела спецификации. В действительности проблемы и связанные с ними расходы постепенно нарастают по мере того, как фактические значения характеристики удаляются от идеального целевого значения. Поэтому лучше определить качество так:

$$\text{качество} = \text{целевое значение с минимально возможной вариацией}$$

Именно целевое значение, а не пределы, служит важнейшим элементом спецификации. Поэтому задачей проекта улучшения и снижения затрат должна стать характеристика, демонстрирующая целевое значение при как можно меньшей вариации.

На рис. 6.3 представлено графическое сравнение двух взглядов — ошибочного традиционного и “Шесть сигм” — на спецификации и их связь с качеством.



Изображенную на рис. 6.3 параболу (кривую, подобную латинской букве U) часто называют *функцией потерь Тагучи*, благодаря основополагающей работе доктора Генричи Тагучи в сферах оптимизации и прочности конструкции. Как видно из рисунка, традиционный взгляд — это “попал или промахнулся”, т.е. товар считается качественным вплоть до предела спецификации, но как только этот предел (верхний или нижний) перейден, товар признается некачественным, и вдруг откуда ни возьмись возникают затраты, вызванные низким качеством. Взгляд “Шесть сигм” другой: дополнительные затраты нарастают постепенно, по мере того как фактические значения удаляются от целевого.

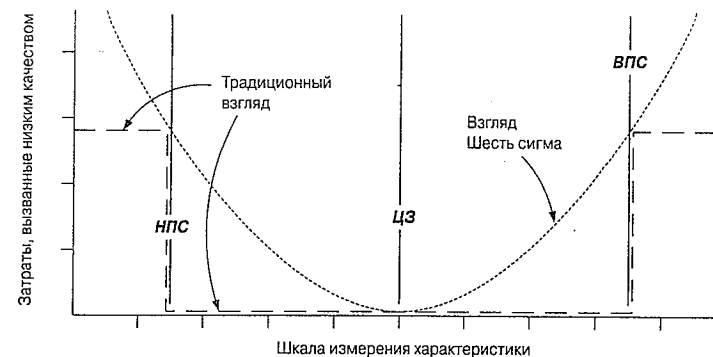


Рис. 6.3. Два взгляда — традиционный и “Шесть сигм” — на спецификации и затраты, вызванные низким качеством

## Способность: сравниваем голоса потребителя и процесса

Создать спецификацию — это только полдела. Далее необходимо добиться соответствия процессов и характеристик этим спецификациям, что и является ключевой задачей “Шесть сигм”.

### Измеряем производительность

Проще говоря, процесс или характеристика может либо соответствовать, либо не соответствовать своей спецификации. Как при сборе урожая мы оцениваем качество и количество яблок, снятых с одного дерева, так же мы оцениваем соответствие производительности процесса или характеристики спецификациям.

### Традиционный взгляд: сравнение выходных факторов с входными

Традиционно производительностью называют отношение “правильных” (т.е. соответствующих спецификациям) единиц продукта на выходе процесса к количеству единиц сырья, которое подается на вход процесса. Традиционный взгляд на производительность представлен на рис. 6.4.

Рассмотрим процесс наполнения шин воздухом на сборочном конвейере автозавода. Если в течение рабочего дня через компрессорную установку прошло 352 автомобиля, но на выходе только 347 из них имели давление в шинах, соответствующее спецификации, то традиционную производительность процесса ( $\Pi$  ( $Y$ )) определяют так:

$$\Pi = \frac{\text{выход}}{\text{вход}} = \frac{347}{352} = 0,986, \text{ или } 98,6\%$$

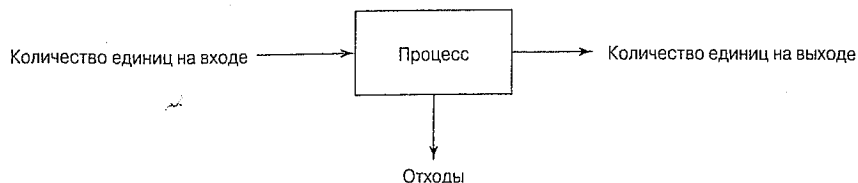


Рис. 6.4. Традиционный взгляд на производительность как сравнение выходных факторов с входными



Чтобы перейти от дробного числа 0,986 к более привычным процентам, нужно всего лишь умножить результат деления на 100, а от процентов к десятичным дробям, наоборот, разделив на 100.



Все математические действия всегда выполняйте только с числами, а не с процентами.

Традиционные вычисления производительности часто используются на последней, заключительной проверочной стадии процесса, чтобы оценить его общую эффективность.

### Взгляд “Шесть сигм”: производительность первого раза, ППР (FTY)

Расчет производительности процесса традиционным методом вводит нас в заблуждение. Рассмотрим процесс наполнения шин воздухом подробнее (рис. 6.5).

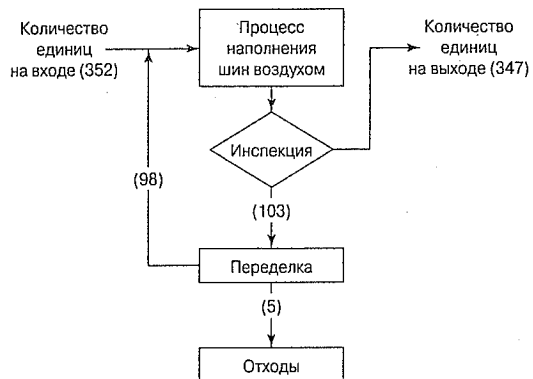


Рис. 6.5. Детальный взгляд на процесс наполнения автомобильных шин воздухом

После наполнения шин воздухом сразу же проверяют (на шаге *инспекция*), соответствует ли давление в них спецификации. В нашем примере обнаружилось, что 103 шины накачаны недостаточно, поэтому их направили на повторное наполнение воздухом (на *переделку*). Даже после этого не удалось добиться необходимого давления в пяти шинах, и их отправили в *отходы*, но 98 шин признаны годными.

Теперь, изучив детали процесса наполнения шин воздухом, получаем другую долю изделия, успешно прошедших этот процесс с *первого раза*:

$$\frac{249}{352} = 0,707, \text{ или } 70,7\% .$$

Такой расчет называется *производительностью первого раза*, или, сокращенно, ППР (*FTY*). Часто производительность первого раза существенно отличается от традиционной производительности. Это объясняется тем, что в ППР учтена грубая действительность эффективности процесса, включающая проверки и переделки, тогда как, используя традиционную производительность, мы смотрим на мир через розовые очки.

### Выводим на свет подпольную фабрику

На рис. 6.6 вновь представлен уже знакомый нам процесс наполнения шин воздухом, но теперь с отображением ранее скрытых частей процесса.

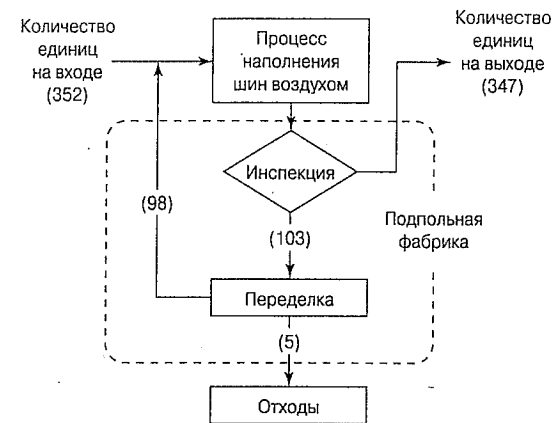


Рис. 6.6. Подпольная фабрика, порожденная инспекцией и переделками

Подпольная фабрика — это естественный результат неспособности с первого раза выдержать спецификации процесса. То здесь, то там по всей организации возникают подпольные фабрики и даже укореняются как безмолвные приложения к стандартным процессам. Чтобы использовать метод оценки производительности первого раза, необходимо объективно проанализировать процессы и честно оценить их эффективность.

В примере с автомобильными шинами подпольная фабрика, включающая два процесса — инспекцию и переделку, — снижает производительность на 27,9% (98,6% – 70,7%). А в совокупности подпольные фабрики, работающие по всей организации, съедают массу ценных ресурсов и времени.

### Сквозная производительность, СП (RTY)

В действительности отдельные процессы связаны вместе и образуют общую процессную структуру для решения сложных задач. Один из существующих в “Шесть сигм” способов оценки сложности системы заключается в подсчете количества входящих в нее отдельных процессов.

Например, на рис. 6.7 изображен полный процесс обработки заказа на покупку, который состоит из пяти отдельных процессов — так называемых этапных процессов.

Как рассчитать общую производительность цепочки процессов? Перемножить производительности первого раза всех этапных процессов, получив так называемую *сквозную производительность, СП (RTY)*.

Рассчитаем сквозную производительность пятиэтапного процесса для примера с заказом на покупку.

$$\begin{aligned}
 \text{СП} &= \text{ППР}_1 \times \text{ППР}_2 \times \text{ППР}_3 \times \text{ППР}_4 \times \text{ППР}_5 \\
 \text{СП} &= 0,75 \times 0,95 \times 0,85 \times 0,95 \times 0,90 \\
 \text{СП} &= 0,518
 \end{aligned}$$



Рис. 6.7. Сложный процесс состоит из совокупности нескольких меньших этапных процессов

Поясним смысл полученной величины: шанс того, что заказ на покупку пройдет весь процесс с первого раза, без переделки и попадания в отходы, составляет всего 51,8%! (Последний этап, “подтверждение”, служит заключительным тестом. Хотя его производительность равна 90%, по всей цепочке процессов работает несколько подпольных фабрик, поскольку сквозная производительность упала до 51,8%.)



Подобно тому как крепость всей цепи определяется прочностью ее самого слабого звена, так и сквозная производительность не может быть выше самой низкой производительности первого раза внутри системы. Чтобы немедленно повысить уровень работы всей системы, в первую очередь надо направить свои усилия на отдельный этапный процесс с наименьшей производительностью первого раза. Затем перейти к этапу со второй снизу ППР, и так далее.



Формулу сквозной производительности запишем в таком компактном виде:

$$\text{СП} = \prod_{i=1}^n \text{ППР}_i,$$

где прописная греческая буква *π* (Π) означает произведение всех входящих в систему значений производительности первого раза.

В табл. 6.1 приведены меры производительности.

Таблица 6.1. Меры производительности процессов и характеристик

Название, расчетная формула и описание меры
<b>Традиционная производительность, П (У)</b>
$  \text{П} = \frac{\text{выход}}{\text{вход}} = \frac{\text{вход} - \text{отходы}}{\text{вход}} = 1 - \frac{\text{отходы}}{\text{вход}}  $
Взгляд, который вводит нас в заблуждение, поскольку в нем не учтены инспекции и переделки
<b>Производительность первого раза, ППР (FTY)</b>
$  \text{ППР} = \frac{\text{вход} - \text{отходы} - \text{переделка}}{\text{вход}} = 1 - \frac{\text{отходы} + \text{переделка}}{\text{вход}}  $
Показывает вероятность того, что продукт успешно пройдет процесс с первого раза. Учтены эффекты инспекции, переделки и отходов
<b>Сквозная производительность, СП (RTY)</b>
$  \text{СП} = \prod_{i=1}^n \text{ППР}_i  $
Совокупная общая производительность всей цепочки процессов. Показывает вероятность того, что продукт с первого раза успешно пройдет по всей цепочке процессов

Даже если значения производительности первого раза отдельных этапных процессов высоки, с усложнением общего процесса (т.е. с увеличением количества этапных процессов) сквозная производительность все больше ухудшается. На рис. 6.8 показано, как сложность ухудшает сквозную производительность при различных уровнях индивидуальной производительности первого раза.

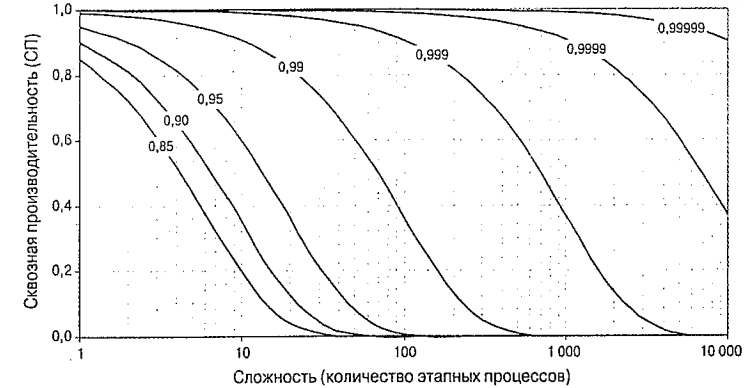


Рис. 6.8. Зависимость сквозной производительности (СП) от сложности общего процесса при различных постоянных значениях ППР

Для очень сложных систем — таких как автомобили, самолеты, коммутаторная аппаратура, бизнес-процессы на уровне предприятия и т.д. — необходимо добиваться максимально высоких значений индивидуальной производительности первого раза в надежде получить приемлемую сквозную производительность.

## Измеряем уровень дефектов

Дополнительное измерение к производительности — дефекты. Если производительность равна 90%, то, естественно, уровень дефектов составляет 10%. Измерять дефекты и рассчитывать их уровень (или частоту их возникновения) — это, образно говоря, оборотная сторона медали производительности.

### Дефекты аналогичны сбою

Если процесс (или характеристика) не соответствует своим спецификациям, его называют дефектным. Или, другими словами, возникает ситуация несоответствия, именуемая *дефектом*.

Определение дефекта как несоответствия спецификациям кажется слишком упрощенным. Неужели просто из-за того, что характеристика выходит за пределы спецификации, система сломается или перестанет функционировать? Разве она не сможет работать дальше? Возможен и тот, и другой вариант. Например, неправильно написанная фамилия потребителя на счете (это дефект, или несоответствие спецификации) может подтолкнуть — или не подтолкнуть — человека подать жалобу (это сбой процесса), реакция на которую потребует затрат.

Но эксперты неоднократно убеждались в том, что сбой товара или процесса напрямую зависят от соответствия спецификациям; чем оно меньше, тем вероятнее сбой или поломка.

Учитывая этот факт, вы всегда должны добиваться соответствия спецификациям. Отсутствие или уменьшение несоответствия обязательно приведет к уменьшению сбоев или поломок при использовании ваших товаров и услуг потребителями.



## Количество дефектов на вездесущую единицу

Методология “Шесть сигм” применима ко всем сферам бизнеса и производительной деятельности — производству, конструированию, продажам, канцелярской работе, работе с дебиторами, здравоохранению, финансам и т.д. В каждой из этих сфер обрабатывают и производят самые разные вещи — товары, услуги, процессы, среду, решения и прочее.

Чтобы связать все эти разные дисциплины, в “Шесть сигм” принято универсальное название для объекта деятельности — *единица*. Единицей может быть поштучно производимое изделие. Или накладная, которую положили вам на рабочий стол. Или месячная стоимость непрерывно производимого товара. Или больничный пациент, или новая конструкция. В общем, все, над чем вы работаете, в “Шесть сигм” называется *единицей*.

Базовой оценкой способности характеристики или процесса служит количество дефектов, приходящееся на единицу (*КДЕ (DPU)*). Чтобы рассчитать КДЕ, нужно знать количество дефектов, приходящееся на известное количество единиц, и разделить первую величину на вторую:

$$КДЕ = \frac{\text{количество наблюдаемых дефектов}}{\text{количество проинспектированных единиц}}$$

Например, если за месяц вы обрабатываете 23 заявления на предоставление кредита и обнаруживаете 11 дефектов — ошибочно написана фамилия, отсутствует информация о предыдущем месте жительства, неточно указаны суммы займа и т.п., — то КДЕ обработки заявлений на предоставление кредита равно:

$$КДЕ = \frac{11}{23} = 0,478.$$

Другими словами, на каждые обработанные вами два заявления приходится приблизительно один дефект.

### Всех под одну гребенку: количество дефектов на одну возможность (*КДВ (DPO)*) и на миллион возможностей (*КДМВ (DPMO)*)

КДЕ 0,478 для автомобиля воспринимается совсем по-другому, чем такое же КДЕ для велосипеда. Это объясняется тем, что в автомобиле со всеми его тысячами деталей, параметров и интегрированных систем существует гораздо больше возможностей возникновения дефекта, чем в велосипеде. Поэтому КДЕ 0,478 свидетельствует о куда более низком уровне дефектов для автомобиля, чем для такого относительно простого изделия, как велосипед. Значит, сравнивать объекты совершенно разной сложности с помощью КДЕ некорректно.

Чтобы решить данную проблему, надо преобразовать уровень дефектов в некую величину, общую для всех единиц, независимо от их вида и сложности.

“Общим знаменателем” для разных единиц будет возможность возникновения дефекта. Для любого товара, процесса, услуги, транзакции или среды *возможность* — это особая характеристика, могущая обернуться либо дефектом, либо успехом. Успех или сбой для возможности определяется как ее соответствие своей спецификации.

Приведем примеры возможностей.

- ✓ В товаре: критичный диаметр автомобильной оси.
- ✓ В транзакционном процессе: указанный в заявлении почтовый адрес претендента на кредит.
- ✓ В больнице: правильно заполненная медицинская карточка пациента.
- ✓ В проекте интерьера розничного магазина: расположение полок с товарами для продажи.
- ✓ В производственном процессе: затянуть винт до правильного значения крутящего момента.

Присущее единице, независимо от ее вида, количество возможностей дефекта/успеха служит непосредственной мерой ее сложности. Когда нам нужно определить, насколько сложна единица, мы вычисляем или оцениваем количество возможностей для сбоя или успеха. Для любой отдельной характеристики, критичной для работы системы и имеющей спецификацию, можно оценить количество возможностей.

Чтобы создать равные условия для прямого сравнения уровней дефектов систем, существенно различающихся по сложности, нужно определить уровень дефектов на одну возможность. Такое измерение способности называется *количеством дефектов на одну возможность, КДВ (DPO)* и рассчитывается по формуле:

$$КДВ = \frac{\text{количество наблюдаемых дефектов на единицу}}{\text{количество возможностей на единицу}}$$

Теперь, зная расчетные КДВ, мы можем корректно сравнить автомобиль с велосипедом. Например, в автомобиле мы наблюдаем 158 отклонений от спецификации. После дополнительного исследования мы также выясняем, что в автомобиле есть 14 550 возможностей для успеха или сбоя. Значит, КДВ для автомобиля равно:

$$КДВ = \frac{158}{14\,550} = 0,011.$$

С другой стороны, для велосипеда мы из 173 критичных характеристик обнаружили только две, не соответствующие спецификации. Рассчитываем КДВ:

$$КДВ = \frac{2}{173} = 0,012.$$

Хотя автомобиль и велосипед — два совершенно разных предмета с очень разными уровнями сложности, расчет КДВ показывает нам, что у них примерно один и тот же фактический уровень дефектов. В автомобиле мы наблюдаем больше дефектов лишь потому, что он имеет больше возможностей для их возникновения.



Избегайте преувеличенной оценки количества возможностей в единице. Иначе существует опасность, что вы искусственно получите более привлекательное, чем в действительности, КДВ ваших товара, процесса или услуги. Например, внести (правильно или с ошибкой) фамилию пациента в его медицинскую карточку — это одна возможность для дефекта. Но при желании можно считать одной такой возможностью правильное написание, еще одной — правильный выбор шрифта, еще одной — правильный выбор уровня серого цвета в напечатанном тексте, еще одной — расположение фамилии пациента на странице, и т.д. Но такие игры с подсчетом возможностей лишь сокращают вашу способность честно оценить уровень дефектов системы и реально ее улучшить.

Когда количество возможностей в единице растет, а количество наблюдаемых дефектов уменьшается, расчетные КДВ становятся настолько малыми, что с ними уже сложно работать. Например, две катастрофы на гражданских авиалиниях, приходящиеся на шесть миллионов полетов в год, дают такой КДВ:

$$КДВ = \frac{2}{6\,000\,000} = 0,000\,000\,333.$$

Да уж, не слишком удобное число для работы!

Иногда нам интересно заглянуть в будущее, чтобы узнать, сколько дефектов накопится в результате выполнения процесса или наблюдения за характеристикой в течение длительного времени. В конце концов, КДЕ и КДВ характеризуют только одну единицу и только одну возможность.

Простой способ сразу решить обе проблемы — это подсчитать количество дефектов при большем количестве возможностей. Например, сколько дефектов приходится на миллион возможностей? Такой уровень дефектов называется *количеством дефектов на миллион возможностей, КДМВ (DPMO)*, и очень часто используется в “Шесть сигм”.

Когда процесс многократно повторяется — как сборка автомобилей, размещение заказа через Интернет или регистрация поступающих в больницу новых пациентов, — КДМВ становится удобным способом измерения способности. “Шесть сигм” известна своим стремлением к очень низкому уровню дефектов, а именно 3,4 дефекта на миллион возможностей.

Правда, при расчете КДМВ вовсе не нужно действительно замерять количество дефектов на миллион возможностей. Уж слишком много времени на это потребуется. Удобнее рассчитать КДМВ, используя КДВ в качестве оценки, по такой формуле:

$$КДМВ = КДВ \times 1\,000\,000.$$

И обратный переход от КДМВ к КДВ:

$$КДВ = \frac{КДМВ}{1\,000\,000}.$$



Общепотребительной альтернативной формой КДМВ выступает КДЧМ (DPPM) — *количество дефектных частей на миллион*. КДЧМ часто используют при оценке уровня дефектов непрерывного материала или процесса, где “часть” выступает возможностью. Например, в случае непрерывной поставки болтов совокупное количество бракованных изделий относительно общего их количества, отгруженного за определенное время, можно выразить величиной КДЧМ.

В табл. 6.2 приведены меры уровня дефектов.

Таблица 6.2. Меры уровня дефектов

Название, расчетная формула и описание меры
<b>Количество дефектов на единицу, КДЕ (DPU)</b>
$КДЕ = \frac{\text{количество наблюдаемых дефектов}}{\text{количество проинспектированных единиц}}$
КДЕ показывает среднее количество дефектов, приходящихся на одну единицу
<b>Количество дефектов на одну возможность, КДВ (DPO)</b>
$КДВ = \frac{\text{количество наблюдаемых дефектов на единицу}}{\text{количество возможностей на единицу}}$
КДВ показывает количество дефектов, возникающих на одну возможность успеха или неудачи. Этот коэффициент позволяет корректно сравнить уровни дефектов вещей совершенно разной сложности
<b>Количество дефектов на миллион возможностей, КДМВ (DPMO)</b>
$КДМВ = КДВ \times 1\,000\,000$
КДВ показывает среднее количество дефектов, возникающих на миллион возможностей успеха или неудачи. Данный коэффициент лучше всего подходит для многократно повторяющихся процессов или характеристик
<b>Количество дефектных частей на миллион, КДЧМ (DPPM)</b>
$КДЧМ = КДВ \times 1\,000\,000$
КДЧМ — это синоним КДМВ

## Связь между производительностью и уровнем дефектов

Мы можем рассчитать производительность процесса или характеристики. Мы также можем рассчитать уровень дефектов процесса или характеристики. Это сразу наводит на мысль, что данные две меры как-то связаны между собой. Действительно, так оно и есть.

Рассмотрим общий процесс с относительно низким уровнем дефектов, скажем, КДЕ меньше 0,10 (или 10%). Для него мы можем математически связать уровень дефектов с общей (т.е. сквозной) производительностью:

$$СП = e^{-КДЕ},$$

где  $e$  — это математическая константа, округленно равная 2,718. Любой математический (инженерный) калькулятор или компьютерная электронная таблица содержат встроенную функцию возведения числа  $e$  в любую степень. (На калькуляторе это клавиша  $e^x$ .)



На самом деле десятичные знаки числа  $e$  продолжают бесконечно, причем не повторяясь. Для справки укажем только первые несколько десятичных знаков: 2,71828182845905... Но чтобы преуспеть в “Шесть сигм”, вовсе не нужно запоминать или использовать всю эту бесконечную цепочку цифр и познавать всю глубину загадочного числа  $e$ .

Ценность математической связи между производительностью и дефектами в том, что, измерив только одну из этих величин, можно легко рассчитать другую.

Простое алгебраическое действие дает нам уравнение для расчета количества дефектов на единицу по известной сквозной производительности процесса:

$$КДЕ = -\ln(СП),$$

где  $\ln$  — это натуральный логарифм. (Подсказка: клавиша  $\ln$  тоже есть на любом инженерном калькуляторе.)

## Сигма-значение Z

Как мы уже знаем, так называемый уровень качества “Шесть сигм” — это 3,4 дефекта на миллион возможностей. Но что же такое это знаменитое количество сигм? Оно встречается настолько часто, что нам просто необходимо понять его суть и метод его вычисления.

### Сколько поместится стандартных отклонений

На рис. 6.9 показано распределение значений характеристики в сравнении с ее односторонней спецификацией.

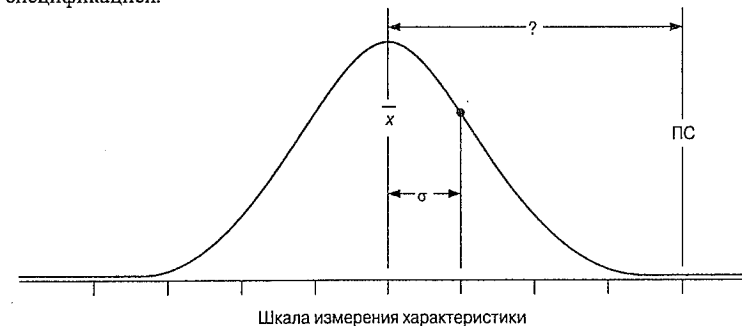


Рис. 6.9. Распределение значений характеристики, ее среднее значение  $\bar{x}$  и стандартное отклонение  $\sigma$



Центральная тенденция распределения определяется его средним значением  $\bar{x}$ , а величина вариации, или ширина распределения, его стандартным отклонением  $\sigma$ . Возникает вопрос: сколько стандартных отклонений поместится между средним процессом или характеристикой и его пределом спецификации ПС?

Количество стандартных отклонений — так называемое сигма-значение, или  $Z$ , — можно приблизительно оценить зрительно по диаграмме. Так, из рис. 6.9 видно, что между средним и пределом спецификации помещается четыре стандартных отклонения. Но точное число рассчитывается по формуле (причем диаграмма при этом вообще не нужна):

$$Z = \frac{ПС - \bar{x}}{\sigma}$$

Расчет *сигма-значения* ( $Z$ ) дает точное количество стандартных отклонений, уместившихся между средним значением и пределом спецификации любого процесса или характеристики.



В статистике данную величину обычно называют  $Z$ -значение, или *нормальное значение*. Однако в «Шесть сигм» нужно следить за тем, чтобы не спутать количество сигм (иногда еще говорят *оценка сигм* или просто *сигма*) со стандартным отклонением, которое представлено греческой буквой  $\sigma$ .  $Z$ -значение,  $Z$ -оценка,  $Z$ , сигма-значение, сигма-оценка и  $\sigma$  — это все разные названия числа, показывающего, сколько стандартных отклонений помещается между средним значением и пределом спецификации. Но иногда возникает путаница, если практики называют стандартное отклонение сигмой согласно его греческому символу  $\sigma$ . Поэтому мы в настоящей книге будем всегда называть стандартное отклонение только стандартным отклонением. Во избежание путаницы рекомендуем читателям всегда, когда они читают или говорят о  $\sigma$ , даже не произносить слово «сигма», а употреблять термин «стандартное отклонение».



Сигма-значение  $Z$  можно использовать только при приблизительно нормальном распределении характеристики. Другими словами, если график распределения имеет колоколообразную форму. Если же распределение далеко от нормального, формула для расчета сигма-значения  $Z$  не работает. Быстрее всего проверить степень близости данного распределения к нормальному путем построения точечной диаграммы или гистограммы (см. главу 5).

Низкое сигма-значение  $Z$  означает, что существенная часть хвоста распределения протянулась далеко за предел спецификации. Поэтому чем выше сигма-значение  $Z$ , тем меньше дефектов. Процесс или характеристика имеет хорошее сигма-значение, когда распределение вариации находится на безопасном расстоянии от обрыва спецификации.

Сигма-значение  $Z$  меняется в трех случаях.

- ✓ Точка положения центральной тенденции распределения, или среднее, приближается к пределу спецификации или удаляется от него.
- ✓ Диапазон распределения, который выражен в стандартных отклонениях  $\sigma$ , становится шире или уже.
- ✓ Точка положения предела спецификации ПС удаляется от вариации процесса или приближается к ней.

В действительности среднее  $\bar{x}$  и стандартное отклонение  $\sigma$  обычно меняются одновременно и так же одновременно способствуют изменению расчетного сигма-значения  $Z$ .

### Краткосрочное и долгосрочное сигма-значение

Зная среднее  $\bar{x}$  и стандартное отклонение  $\sigma$ , вы можете вычислить сигма-значение  $Z$ . Но при этом нужно учитывать еще один нюанс: с каким стандартным отклонением мы имеем де-

ло — краткосрочным  $\sigma_{КС}$  или долгосрочным  $\sigma_{ДС}$ ? (О существенном различии между ними говорилось в главе 5).

Поэтому существует два вида сигма-значения, и каждое рассчитывается по своей формуле.

Если используется краткосрочное стандартное отклонение  $\sigma_{КС}$ , получаем краткосрочное сигма-значение  $Z_{КС}$ :

$$Z_{КС} = \frac{ПС - \bar{x}}{\sigma_{КС}}$$

При использовании долгосрочного стандартного отклонения  $\sigma_{ДС}$  получаем долгосрочное сигма-значение  $Z_{ДС}$ :

$$Z_{ДС} = \frac{ПС - \bar{x}}{\sigma_{ДС}}$$

Краткосрочная вариация, количественно выраженная краткосрочным сигма-значением  $Z_{КС}$ , представляет лучшую вариацию, какую только можно ожидать от процесса в его нынешней конфигурации. Это *идеалистическая* мера способности. К тому же ее проще всего определить — нужно всего лишь сделать относительно небольшое количество измерений вашего процесса или характеристики.

Но в реальном мире процесс или характеристика не ведут себя так идеально, как в течение короткого времени. Поведение процесса (характеристики) искажается смещением, сдвигом, трендами.

В основу «Шесть сигм» положен метод, объединивший лучшее из двух миров. Он позволяет использовать экономность краткосрочной вариации и в то же время составлять реалистичные прогнозы долгосрочного поведения в рамках спецификаций процесса или характеристики.

### Как с помощью смещения 1,5 сигмы связать краткосрочную способность с долгосрочной вариацией

На рис. 6.10 представлены краткосрочная и расширенная, долгосрочная вариация процесса или характеристики.

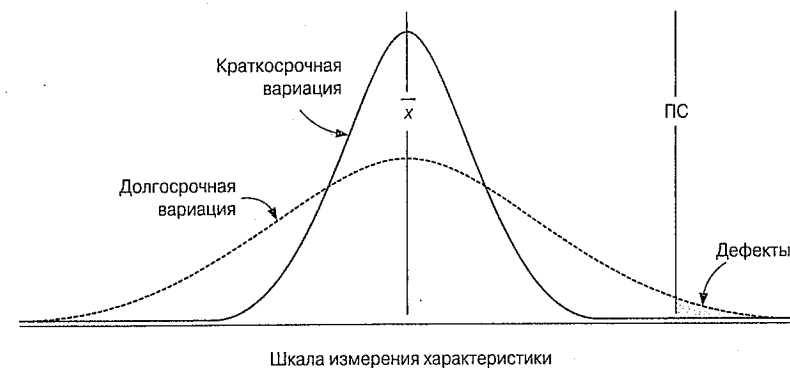


Рис. 6.10. Характеристика с краткосрочной вариацией соответствует спецификациям, но при расширенной, долгосрочной вариации возникают дефекты

В течение короткого времени характеристика (или процесс), показанная на рис. 6.10, остается в пределах спецификации. Создается впечатление, что никаких проблем нет. Однако за длительное время вариация расширяется и иногда возникают дефекты, превышающие предел спецификации.

Один математический способ смоделировать эффект столь пагубных долгосрочных влияний заключается в искусственном перемещении краткосрочного распределения ближе к пределу спецификации до тех пор, пока количество дефектов для краткосрочного распределения не станет равным количеству дефектов для долгосрочного. Данный подход показан на рис 6.11.

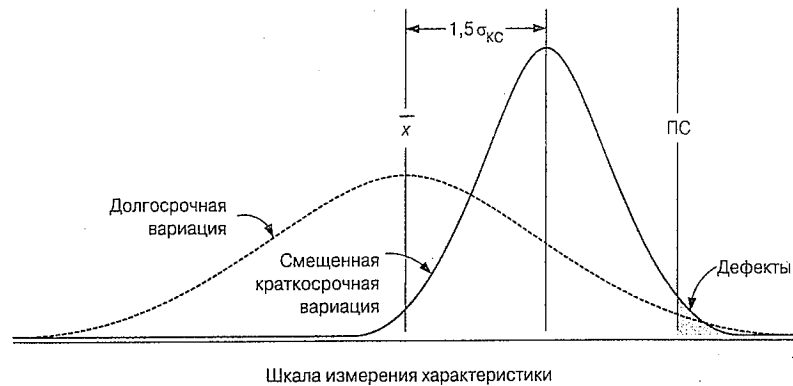


Рис. 6.11. Математически смещенное краткосрочное распределение используется для оценки долгосрочной вариации

Первые практики “Шесть сигм” предложили для приблизительной оценки количества дефектов, возникающих за длительный срок, математически перемещать краткосрочное распределение характеристики (или процесса) к пределу спецификации на полтора краткосрочных стандартных отклонения  $\sigma_{КС}$ . Этот подход можно применить непосредственно к расчетным краткосрочному и долгосрочному сигма-значениям  $Z$ .

Поскольку  $Z_{КС}$  — это количество краткосрочных стандартных отклонений, которые умещаются между центром вариации и пределом спецификации, то сигма-значение смещенного распределения равно:

$$Z_{\text{смещенное}} = Z_{КС} - 1,5.$$

Но так как по уровню дефектов смещенное распределение эквивалентно долгосрочному, то предыдущее уравнение можно представить в таком виде:

$$Z_{ДС} = Z_{КС} - 1,5.$$

Практики “Шесть сигм” измеряют краткосрочную изменчивость процесса (или характеристики) и вычисляют его краткосрочное сигма-значение  $Z_{КС}$ . Затем преобразуют эту величину в ожидаемый долгосрочный уровень дефектов, используя смещение на полтора краткосрочных стандартных отклонения. Это долгосрочное сигма-значение  $Z_{ДС}$  выражают через количество дефектов на миллион возможностей (КДМВ).

Табл. 6.3 представляет собой справочную таблицу, с которой никогда не расстаются практики “Шесть сигм”. Они используют ее столь часто, что в конце концов заучивают наизусть (если до того она полностью не изотрется). С помощью этой таблицы практики “Шесть сигм” переводят  $Z_{КС}$  любого процесса (или характеристики) в долгосрочный уровень дефектов КДМВ или наоборот.

### Какая у тебя сигма, крошка?

В организации, использующей методику “Шесть сигм”, можно услышать такой вопрос: “Какова сигма вашего процесса?” На что прозвучит ответ: “Две сигмы” или “3,3 сигмы” и т.п. Под столь коротким вопросом на самом деле подразумевается следующий: “Каково краткосрочное сигма-значение  $Z_{КС}$ , соответствующее долгосрочному уровню дефектов данного процесса?”

Таблица 6.3. Таблица перевода сигма-значений  $Z$  в КДМВ и наоборот ( $Z \leftrightarrow$  КДМВ)

$Z$	КДМВ
0,0	933 193
0,5	841 345
1,0	691 462
1,5	500 000
2,0	308 538
2,5	158 655
3,0	66 807
3,5	22 750
4,0	6210
4,5	1350
5,0	233
5,5	32
6,0	3,4

**Примечание.** Парные табличные значения — это долгосрочное для КДМВ и краткосрочное для  $Z$  (например, долгосрочное КДМВ 6210 является результатом процесса с краткосрочным сигма-значением 4,0). Чтобы получить краткосрочные эквиваленты КДМВ, нужно прибавить 1,5 к соответствующим  $Z$ -значениям (например, краткосрочное КДМВ 32 является результатом процесса с краткосрочным сигма-значением 4,0).

Лишь после того, как вы несколько раз определите по табл. 6.3 сигма-значения, вы начнете чувствовать эту знаменитую шкалу способности. Вы даже научитесь приблизительно называть сигма-значение для промежуточных уровней дефектов, не указанных в таблице. Допустим, КДМВ равно 20 000. Но в таблице есть только 6210 и 22 750. Вы на глазок определяете, что сигма-значение рано приблизительно 3,6 — немного больше, чем 3,5, соответствующее табличному КДМВ 22 750.

Сигма-значение применимо для характеристики работы любого объекта, имеющего спецификацию и уровень дефектов: доставляет ли почта письма по правильным адресам; изготавливает ли автозавод дверь автомобиля так, чтобы она хорошо закрывалась, не превышая допустимого зазора; вовремя ли выполняет отдел многократный бюджетный процесс.

По этим сигма-значениям можно напрямую оценить способность процесса или характеристику. Когда мы выражаем эту способность сигма-значением, то все, причастные к “Шесть сигм”, без труда понимают, о чем вы говорите.

## Индексы способности

Для количественной оценки способности процесса или характеристики соответствовать спецификациям существует еще один набор мер. Это индексы, позволяющие напрямую сравнить голос процесса с голосом потребителя.

### Индекс краткосрочной способности ( $KCC_{П}$ ( $C_p$ ))

Простейший индекс способности называется  $KCC_{П}$  ( $C_p$ ) (краткосрочная способность процесса). Он сравнивает ширину двусторонней спецификации с рабочей краткосрочной шириной процесса. Определить ширину двусторонней спецификации легко — это расстояние между двумя жестко заданными ее пределами, верхним (ВПС ( $USL$ )) и нижним (НПС ( $LSL$ )). Но как определить ширину процесса, ведь существуют хвосты вариации?

Чтобы преодолеть это препятствие, практики “Шесть сигм” рассматривают не фактические, а *рабочие пределы* любого процесса, которые находятся на расстоянии трех стандартных отклонений от среднего уровня. При такой договоренности эти пределы охватывают 99,7% вариации процесса (т.е. практически ее всю). Рабочая ширина процесса показана на рис. 6.12.



Рис. 6.12. Рабочая ширина процесса (или характеристики) равна  $\pm 3$  стандартным отклонениям и включает 99,7% вариации процесса

Для сравнения ширины спецификации с краткосрочной шириной процесса используем формулу:

$$KCC_{\Pi} = \frac{ВПС - НПС}{6\sigma_{КС}}$$

где ВПС – НПС — это требования голоса потребителей, а  $6\sigma_{КС}$  — собственный голос процесса.

Расчетное  $KCC_{\Pi}$ , равное 1 (единице), означает, что голос потребителя равен голосу процесса. Если  $KCC_{\Pi}$  меньше 1, то процесс шире спецификации, и дефекты “выплескиваются” за ее пределы. Если же  $KCC_{\Pi}$  больше 1, то рабочая ширина вариации процесса меньше необходимой спецификации, и дефектов обнаруживается меньше.



$KCC_{\Pi}$  служит мерой краткосрочной способности процесса или характеристики. Для ее расчета применяйте только краткосрочное стандартное отклонение. Использование долгосрочного стандартного отклонения приведет к ошибочным результатам.

### Скорректированный индекс краткосрочной способности ( $KCC_{ПК}$ ( $C_{ПК}$ ))

Недостаток индекса краткосрочной способности  $KCC_{\Pi}$  заключается в том, что он сравнивает спецификацию и процесс только по ширине. Данная проблема изображена на рис. 6.13.

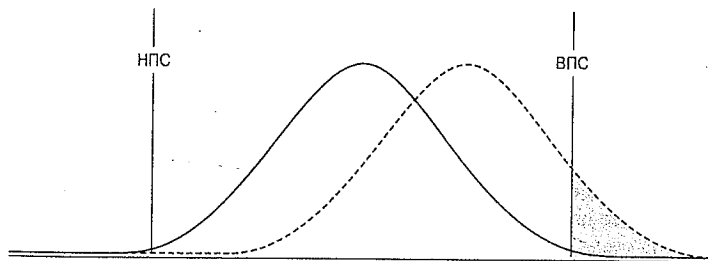


Рис. 6.13. Два распределения: одно по центру, второе смещено относительно пределов спецификации

На рис. 6.13 оба распределения — отображенное сплошной линией и штриховой линией — имеют равные расчетные краткосрочные способности процесса  $KCC_{\Pi}$ , поскольку у обоих одна и та же ширина спецификации и одна и та же ширина процесса. Но в действительности эти распределения не равны по своей способности. Изображенное штриховой линией смещено относительно центра, поэтому оно имеет намного больше дефектов, чем распределение, выраженное сплошной линией.

Для устранения этого недостатка следует подкорректировать расчет  $KCC_{\Pi}$  на величину смещения. Мы просто сравниваем расстояния от центра распределения  $\bar{x}$  до каждого предела спецификации с половиной ширины краткосрочной вариации, т.е. с расстоянием от центра распределения до предела спецификации. Приведем формулы:

$$KCC_{ПВ} = \frac{ВПС - \bar{x}}{3\sigma_{КС}}, \text{ и}$$

$$KCC_{ПН} = \frac{\bar{x} - НПС}{3\sigma_{КС}}$$

Меньшая из двух расчетных величин ( $KCC_{ПВ}$  ( $C_{PV}$ ) и  $KCC_{ПН}$  ( $C_{PN}$ )) называется скорректированным индексом краткосрочной способности  $KCC_{ПК}$  ( $C_{ПК}$ ). Формулу запишем в таком виде:

$$KCC_{ПК} = \min (KCC_{ПВ}, KCC_{ПН}) = \min \left( \frac{ВПС - \bar{x}}{3\sigma_{КС}}, \frac{\bar{x} - НПС}{3\sigma_{КС}} \right),$$

где оператор *min* в уравнении означает выбор меньшей из двух величин в скобках.



Если вариация характеристики (или процесса) расположена по центру между ее пределами спецификации, то расчетное значение  $KCC_{ПК}$  равно расчетному значению  $KCC_{\Pi}$ . Но как только вариация процесса смещается от центра спецификации, способность уменьшается пропорционально величине смещения.

Индекс  $KCC_{ПК}$  очень полезен и широко применяется благодаря тому, что позволяет сравнить ширину спецификации с шириной процесса, причем с учетом любых ошибок в положении центральной тенденции. Это гораздо более реалистичный подход, чем метод  $KCC_{\Pi}$ .



Как правило,  $KCC_{ПК}$  выше 1,33 указывает на способность процесса или характеристики в краткосрочной перспективе. Значения, меньшие этой величины, свидетельствуют: либо вариация слишком широка в сравнении со спецификацией, либо положение вариации смещено от центра спецификации, либо мы имеем комбинацию двух факторов (ширины и положения). Единственный способ точно узнать это — построить график и проанализировать детали.

### Индексы долгосрочной способности ( $DCC_{\Pi}$ ( $P_{\Pi}$ ) и $DCC_{ПК}$ ( $P_{ПК}$ ))

Те же индексы способности, которые мы рассчитывали для краткосрочной вариации ( $KCC_{\Pi}$  и  $KCC_{ПК}$ ), можно рассчитать и для долгосрочной. Их обозначения:  $DCC_{\Pi}$  ( $P_{\Pi}$ ) и  $DCC_{ПК}$  ( $P_{ПК}$ ). Единственным отличием в расчетных формулах будет использование долгосрочного стандартного отклонения  $\sigma_{ДС}$  вместо краткосрочного  $\sigma_{КС}$ .

Индексы долгосрочной способности важны, поскольку не существует процессов и характеристик, работающих только короткое время. Со временем каждый процесс преобразуется в долгосрочный. В табл. 6.4 приведены индексы краткосрочной и долгосрочной способности.

### Рекомендованный план повышения способности

Теперь, зная индексы краткосрочной и долгосрочной способности процесса или характеристики, как мы используем их для подготовки плана повышения способности?

В табл. 6.5 приведены различные сценарии, которые могут возникнуть при измерении способности процесса или характеристики, а также рекомендованы планы повышения способности.

**Таблица 6.4. Индексы краткосрочной и долгосрочной способности процесса**

Название, расчетная формула и описание индекса
<b>Индекс краткосрочной способности, <math>KCC_{П}</math> (<math>C_P</math>)</b>
$KCC_{П} = \frac{ВПС - НПС}{6\sigma_{КС}}$
Сравнивает ширину спецификации с краткосрочной шириной процесса
<b>Скорректированный индекс краткосрочной способности, <math>KCC_{ПК}</math> (<math>C_{PK}</math>)</b>
$KCC_{ПК} = \min (KCC_{ПВ}, KCC_{ПН}) = \min \left( \frac{ВПС - \bar{x}}{3\sigma_{КС}}, \frac{\bar{x} - НПС}{3\sigma_{КС}} \right)$
Сравнивает ширину спецификации с краткосрочной шириной процесса, причем с учетом его смещения относительно центра спецификации
<b>Индекс долгосрочной способности, <math>DCC_{П}</math> (<math>P_P</math>)</b>
$DCC_{П} = \frac{ВПС - НПС}{6\sigma_{ДС}}$
Сравнивает ширину спецификации с долгосрочной шириной процесса
<b>Скорректированный индекс долгосрочной способности, <math>DCC_{ПК}</math> (<math>P_{PK}</math>)</b>
$DCC_{ПК} = \min (DCC_{ПВ}, DCC_{ПН}) = \min \left( \frac{ВПС - \bar{x}}{3\sigma_{ДС}}, \frac{\bar{x} - НПС}{3\sigma_{ДС}} \right)$
Сравнивает ширину спецификации с долгосрочной шириной процесса, причем с учетом его смещения относительно центра спецификации

**Таблица 6.5. Рекомендованные планы повышения способности процесса**

Симптом	Диагноз	Рекомендация
$KCC_{П} = KCC_{ПК}$ и $DCC_{П} = DCC_{ПК}$	В целом ваш процесс (или характеристика) расположен по центру между пределами спецификации	При необходимости постарайтесь уменьшить долгосрочную вариацию вашего процесса (или характеристики), одновременно сохранив ее центральное положение
$KCC_{П} = DCC_{П}$ и $KCC_{ПК} = DCC_{ПК}$	Ваш процесс (или характеристика) страдает из-за постоянного смещения от центрального положения	Сосредоточьтесь на корректировке положения вашего процесса (или характеристики), пока не вернете его в центр
$KCC_{П} = DCC_{ПК}$	Ваш процесс находится на своем теоретическом уровне вариации	Продолжайте отслеживать способность процесса. Измените процесс так, чтобы улучшить его теоретический уровень

## Глава 7

# Отделить зерна от плевел

В этой главе...

- ✓ Два типа данных — атрибутивные и непрерывные
- ✓ Способность системы измерения
- ✓ Немногочисленные критичные и многочисленные малозначительные факторы влияния
- ✓ Наблюдательные исследования как фильтрующий инструмент

**В** главах 4, 5 и 6 мы познакомились с многочисленными способами обнаружения всех возможных переменных  $X$ , влияющих на важный результат, процесс или характеристику, т.е.  $Y$ . В данной главе мы научимся выделять из массы потенциальных факторов влияния те немногочисленные, на которых следует сосредоточить свои усилия по улучшению.

Так же как резчик по дереву для каждого вида древесины выбирает другой нож, мы должны уметь выбирать из разнообразного набора инструментов “Шесть сигм” те, которые помогут нам сузить круг подозреваемых переменных. Выбор инструмента во многом зависит от типа используемых данных. Поэтому для начала необходимо научиться определять тип данных, с которыми мы работаем.

Областью потенциального влияния, которую часто пропускают из виду при реализации проектов “Шесть сигм”, является сама система измерения. В “Шесть сигм” данные образуют фундамент наших знаний и решений. Несложно представить, что произойдет, если весь наш анализ и все наши решения будут базироваться на ошибочных данных. Поэтому нам совершенно необходимо исключить такую возможность.

Уменьшив большую подборку потенциальных факторов до небольшого количества основных, мы сконцентрируем свои ограниченные ресурсы на вопросах, которые действительно способствуют улучшению. Мы хотим, чтобы наши решения базировались на достоверных данных, а не на мнениях и догадках.

## Типы данных

Подобно йогуртам в рекламе, не все данные одинаково полезны. Прежде чем перейти к анализу собранных данных, надо понять, какого они типа. Так же как знание пищевых предпочтений рыбы говорит рыбаку, на какую наживку ловить разные виды, знание типа данных подскажет нам выбор измерительного инструмента.

### Атрибутивные, или категориальные данные

Некоторые данные описывают свойства (атрибуты) характеристики или процесса. Эти свойства называются категориями, а данные, в свою очередь, называются *атрибутивными*, или *категориальными*. Такие данные — качественные, т.е. описательные; они показывают не количественное измерение характеристики, а ее принадлежность к какой-

нибудь категории. Они также дискретные, прерывистые, в отличие от количественных данных, которые непрерывны.

Атрибутивные данные встречаются на каждом шагу.

- ✓ Телефонные коды регионов страны.
- ✓ Размеры одежды *S, M, L, XL, XXL*.
- ✓ Оценка только что собранного изделия: “Годно” или “Негодно”.
- ✓ Оценка результата процесса: “Хорошо” или “Плохо”.
- ✓ Названия фирм — производителей автомобилей: *Ford, Chevy, GM*.

Как проще всего определить, с данными какого типа вы работаете? Просто задайте себе вопрос: имеют ли смысл с этими данными такие математические действия, как сложение и вычитание?

Если ответ “нет”, вы имеете дело с атрибутивными (категориальными, качественными) данными. Например, что вы получите, просуммировав рубашку размера *S* с рубашкой размера *M*? Очевидно, такое действие бессмысленно. Еще пример: какой смысл в том, чтобы вычесть из телефонного кода 415 телефонный код 213? Формально мы получим число 202, но оно не имеет никакого смысла. Другими словами в обоих случаях (с рубашками и телефонными кодами) мы имеем дело с атрибутивными данными.

Никаких математических действий с атрибутивными данными производить нельзя, но можно подсчитать, сколько раз возникает каждая категория или атрибут. Например, в результате определенного производственного процесса за определенный период времени мы получили 152 годных изделия и 28 негодных. Именно с такого подсчета часто начинаются процедуры анализа, которые мы рассмотрим далее в главах 8, 9 и 10.

Еще раз повторим слова лорда Кельвина: “Мы немного знаем только о том, что способны измерить и описать в цифрах. Если же наши знания невозможно выразить в цифрах, это скудные и неудовлетворительные знания”. Измерение с помощью атрибутивных данных является первым шагом к удовлетворительному знанию того, что вы собираетесь улучшить. Даже несмотря на ограничения таких данных, они представляют собой гигантский первый шаг в мире улучшений “Шесть сигм”.



Среди атрибутивных данных есть подкатегория, дающая немного больше возможностей для анализа. Это так называемые *порядковые* данные. Их можно логично расположить по порядку от наименьшего к наибольшему или по шкале времени (временной шкале). Например, месяцы года: январь, февраль, март и т.д. Если вам нужно рассортировать внушительную пачку прошлогодних накладных, то одним из способов будет сортировка по месяцам, начиная с января. Еще пример. Если несколько работников выполняют одно и то же задание, то, даже не зная, сколько именно времени потратил каждый из них, вы можете расположить их в порядке завершения работы: первый, второй, третий и т.д. Порядковые данные — это мощный инструмент для начала анализа и программы улучшения.

## Непрерывные, или переменные данные

Еще раз вспомним главный вопрос, позволяющий нам определить тип данных: имеют ли смысл с ними такие математические действия, как сложение и вычитание?

Если мы отвечаем да, то, значит, мы имеем дело с *непрерывными*, или *переменными* данными.



Оба названия — *непрерывные* и *переменные* — неудачны для данных этого типа, однако они закрепились по историческим причинам. Предполагается, что название “непрерывные” отражает возможность появления любого значения этих данных на непрерывной шкале, такой, например, как шкала ртутного термометра. Название “переменные” передает ту же мысль: вдоль определенной шкалы данные меняются в любых пределах. Например, температура тела человека может равняться 36,4°C или 36,5°C, или 36,6°C. А теперь объясним, почему оба названия неудачны. Независимо от того, насколько непрерывной или переменной выглядит ваша шкала, когда вы переносите результаты измерений на бумагу или заносите в компьютер, вы все равно используете прерывистые (дискретные) значения. Например, хотя температура тела человека в действительности меняется непрерывно, в медицинской карточке ее записывают с шагом в одну десятую градуса (36,4°C или 36,5°C, но не 36,472°C). Волей-неволей мы перешли от непрерывных данных к прерывистым, хотя и очень дробным. Тем не менее, если над вашими данными можно производить такие математические действия, как суммирование и вычитание, вы имеете дело с непрерывными или переменными данными. Например, количество детей в любой семье всегда выражается целым числом — 1, 2 или 3 ребенка (физически невозможно иметь 2,3 ребенка). Поэтому шкала измерения количества детей в семье явно дискретна. И все же мы имеем дело с непрерывными данными, поскольку над ними можно производить имеющие смысл математические действия и определять, например, среднее по городу количество детей в семье, стандартное отклонение и т.п. Именно возможность производить математические действия служит признаком, отделяющим непрерывные данные от атрибутивных.

В табл. 7.1 показаны различные типы данных.

Таблица 7.1. Типы данных

Тип данных	Описание	Примеры
Атрибутивные, или категориальные	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Наблюдения попадают в отдельные (дискретные), со своим названием категории</li> <li>• Над исходными данными невозможно выполнять никаких математических действий</li> <li>• Можно подсчитать, сколько наблюдений попало в каждую категорию</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Цвет глаз: карие, голубые, зеленые</li> <li>• Место: фабрика 1, фабрика 2, фабрика 3</li> <li>• Результаты проверки: прошел, не прошел</li> <li>• Размер: большой, средний, малый</li> <li>• Проверка соответствия: годен, не годен</li> <li>• Ответ в анкете: да, нет</li> <li>• Посещаемость: присутствует, отсутствует</li> <li>• Имя работника: Фред, Сюзанна, Холли</li> <li>• Обработка: операция А, операция В</li> </ul>
Непрерывные, или переменные	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Наблюдения принимают численное значение и не ограничены номинальными категориями</li> <li>• Над исходными данными можно выполнять такие имеющие смысл математические действия, как сложение и вычитание</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Баланс банковского счета: доллары</li> <li>• Длина: метры</li> <li>• Время: секунды</li> <li>• Сила электрического тока: амперы</li> <li>• Ответы при опросе: 1 = не согласен, 2 = безразличен, 3 = согласен</li> </ul>

Приведем примеры непрерывных данных.

- ✓ Оценки в школе.
- ✓ Температура духовки.

- ✓ Количество денег, которые вы тратите на бакалейные товары.
- ✓ Время, необходимое для выполнения задания.
- ✓ Расход бензина и километраж при поездке на автомобиле.

## Избавляемся от иллюзий: анализ способности измерительной системы

Измерения крайне важны. Это основа знаний и дальнейших улучшений. Посредством измерений мы проверяем, правильный ли получен ответ, устранена ли проблема, улучшена ли ситуация.

Без измерений даже при всем нашем желании обойтись невозможно. Потому что все наши наблюдения обязательно проходят через фильтр той или иной системы измерения: наши глаза, мозг, восприятие; линейку, секундомер; лазерный интерферометр и т.д. О любом предмете или явлении мы узнаем через ту или иную систему измерения. Поэтому мы должны точно знать, правильно ли наша система измерения отражает действительность.

Итак, избежать измерений невозможно. Заметим, что собственно акт измерения — это тоже процесс. И, подобно любому другому процессу, измерения тоже имеют свою вариацию. Вспомним олимпийское фигурное катание. Судьи исполняют роль своеобразной измерительной системы. Каждый судья оценивает выступление фигуристов какой-то оценкой. Чаще всего эти оценки разнятся. Значит, мы имеем вариацию измерительной системы. А на следующей Олимпиаде те же судьи поставят выступлению того же фигуриста другие оценки. Пример с олимпийскими судьями иллюстрирует работу практически любой измерительной системы.

Все, что мы наблюдаем в окружающем мире, мы наблюдаем через какую-нибудь несовершенную систему измерения. Каждый раз, помещая наблюдение в какую-либо категорию или выражая какой-нибудь атрибут (свойство) этого наблюдения количественно, мы делаем это через какую-то несовершенную систему измерения. Изложенная концепция отражена на рис. 7.1.

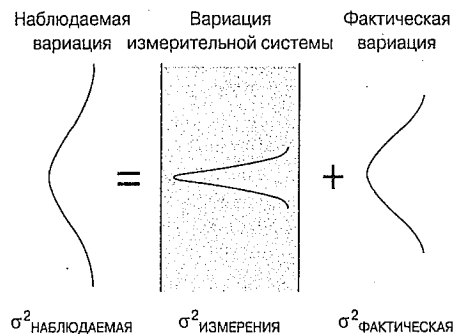


Рис. 7.1. Все, что мы наблюдаем, искажается дополнительной вариацией нашей измерительной системы

Метод “Шесть сигм” учит, что данные и измерения — это исходный пункт для обретения знаний и улучшения. Значит, прежде чем пойти по пути улучшения, надо выяснить, не искажает ли наша измерительная система наши наблюдения до степени иллюзии, когда то, что мы видим, не совпадает с действительностью.

## Источники вариации измерительной системы

Существует несколько аспектов измерительной системы, искажающих наши наблюдения.

### Разрешающая способность измерительной системы

Разрешающая способность измерительной системы — это минимальное приращение (или “минимальный шаг”) нашего процесса (или характеристики), которое она (система) способна обнаружить. Допустим, мы измеряем размер песчинок портновским метром. Очевидно, что серьезно к результатам таких измерений относиться нельзя. Миллиметровая шкала портновского метра недостаточно чувствительна (недостаточно “дробная”), чтобы “заметить” мелкие песчинки. Чтобы точно измерить размеры песчинок, нам понадобится более тонкая измерительная система, допустим, микроскоп, который позволяет наблюдать и измерять объекты, отличающиеся друг от друга на тысячные доли миллиметра. При такой системе мы вправе доверять измерениям размера песчинок.



На практике удобно руководствоваться таким правилом: шаг измерительной системы должен быть по крайней мере в десять раз меньше спецификации или вариации измеряемого процесса. Например, чтобы точно замерить вариацию процесса, длительность которого колеблется в пределах от девяти до десяти минут, нужна измерительная система с шагом не более чем 0,1 минуты.

Концепция разрешающей способности используется и в случае измерения атрибутивных данных. Например, опрос потребителей, при котором нужно дать один из двух ответов — “удовлетворен” или “не удовлетворен”, — имеет меньшую разрешающую способность, чем опрос, при котором у потребителей есть пять вариантов ответов — “в полном восторге”, “удовлетворен”, “безразличен”, “неудовлетворен” и “совершенно возмущен”.

### Точность измерений

Понятие “точность” подразумевает степень смещения вариации вашей измерительной системы относительно фактической вариации процесса или характеристики. Это изображено на рис. 7.2. На рис. (а) центр точек, представляющих изменчивость показаний измерительной системы, приблизительно совпадает с центром мишени, представляющим фактическую вариацию измеряемого процесса (или характеристики), поэтому мы признаем измерительную систему, изображенную на рис. (а), точной. С другой стороны, измерительная система на рис. (б) смещена относительно центра фактической вариации процесса или характеристики, поэтому ее мы называем неточной.



Рис. 7.2. Каково положение вариации измерительной системы относительно центра фактической вариации процесса (характеристики)?





Породить в измерительной системе проблемы с точностью способны несколько условий. Иногда в ней наблюдается проблема с *линейностью*. Измерительная система называется достаточно линейной, если центрирование и величина ее вариации остаются постоянными на всем рабочем диапазоне. И наоборот: она считается недостаточно линейной, если центрирование и величина ее вариации меняются в пределах рабочего диапазона. Измерительная система называется *стабильной*, если она постоянно остается центрированной и не имеет проблем смещения. В нестабильной измерительной системе положение центра вариации постоянно меняется.

### Прецизионность измерений

Точность и прецизионность — два разных свойства измерительной системы. *Точность* характеризует расположение вариации измерительной системы относительно центра фактической вариации процесса (или характеристики). *Прецизионность* же характеризует ширину разброса вариации измерительной системы относительно фактической вариации измеряемого процесса (или характеристики). Понятие прецизионности измерительной системы представлено на рис. 7.3. На рис. (а) точки, показывающие изменчивость измерительной системы, сгруппированы кучно относительно центра мишени, представляющего фактическую вариацию измеряемого процесса (или характеристики). Измерительная система, изображенная на рис. (а), является прецизионной даже несмотря на то, что она неточная по своему положению. На рис. (б) вариация измерительной системы меняется в широких пределах в сравнении с фактической вариацией процесса или характеристики. Хотя измерительная система (б) точна по своему положению, она не прецизионна.

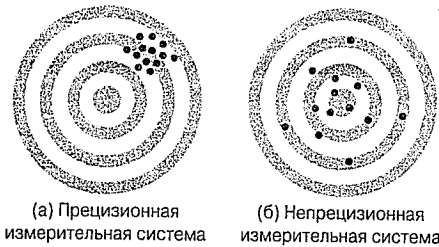


Рис. 7.3. Вариация измерительной системы

Прецизионность измерительной системы зависит от двух компонентов, названия которых часто упоминаются в разговорах практиков “Шесть сигм”: повторяемость и воспроизводимость.

- ✓ **Повторяемость** — это часть вариации измерений, которая возникает при их повторении с тем же объектом, по тому же измерительному протоколу, с тем же измерительным оборудованием и в идентичных условиях. В определенном смысле повторяемость можно рассматривать как краткосрочную часть вариации измерительной системы.
- ✓ **Воспроизводимость** — это часть вариации измерений, которая возникает при их повторении с разными объектами, по разным измерительным схемам, с использованием различного измерительного оборудования и в разных условиях. Воспроизводимость отражает все влияния долгосрочной вариации в вашей измерительной системе.

Совместно повторяемость и воспроизводимость охватывают всю прецизионность измерительной системы. В “Шесть сигм” эти два понятия обозначают одним акронимом — ПиВ (услышав это слово, гоните прочь от себя мысли о пиве, а думайте о качестве своей измери-

тельной системы). Акроним ПиВ (R&R) используют для описания прецизионности измерительного прибора.

### Измеряем измерения: анализ измерительной системы (MSA)

Итак, как же измерить качество измерительной системы? Делается это несколькими способами в зависимости от типа собираемых данных измерений и типа используемой измерительной системы. Рассмотрим три типичных вида анализа измерительной системы (MSA): аудит, анализ системы измерения атрибутивных данных и анализ системы измерения непрерывных переменных.

#### Аудит измерительной системы

*Аудитом* называют анализ измерительной системы, при котором измерения сравниваются с известным и правильным стандартом. Например, можно сравнить показания вашей компьютерной складской системы учета с фактическим наличием физических объектов на складе. Любые различия между двумя инвентарными списками отражают вариацию измерительной системы.

Рассмотрим такой пример. Прочтите следующий абзац как можно быстрее. Во время чтения обводите кружочком все буквы “п”, независимо от того, какого они вида — прописные или строчные. Читайте быстро, не возвращаясь назад и не перечитывая фрагменты текста.

- ✓ Необходимость подготовки сельскохозяйственных помощников для первоклассных сельхозпредприятий, где племенной скот содержится в превосходных условиях, с патриархальной заботой и опекой, является первостепенной проблемой для сельхозпроизводителей. Поскольку предки и предшественники этих сельхозпроизводителей воспитывали себе помощников в духе патриархальной заботы и опеки над племенным скотом, который выращивают сельхозпредприятия, нынешние сельхозпроизводители понимают, что они должны поддерживать патриархальные правила и порядки в части подготовки сельскохозяйственных помощников для первоклассных сельхозпредприятий по выращиванию племенного скота, потому что они, т.е. сельхозпроизводители, признают приоритет превосходной профессиональной подготовки в племенном животноводстве.

А теперь подсчитайте, сколько букв “п” вы нашли в этом абзаце. На самом деле их ровно 46.

Быстрое чтение абзаца с одновременным выделением букв “п” — это тоже измерительная система. (Она очень похожа на инспекции, которые вводят в процесс для определения качества производимой продукции.) Насколько хороша ваша измерительная система? Сколько процентов найденные вами буквы “п” составляют от их общего количества в выделенном абзаце? Такой анализ измерительной системы и называется аудитом.

#### Визуальная инспекционная система

В середине 1980-х годов одна компания — производитель жестких компьютерных дисков — никак не могла решить проблему низкого выхода качественной продукции. Сложность заключалась в том, что чувствительное магнитное покрытие дисков имело дефекты. Чтобы обнаружить и устранить их, разработали свод очень строгих стандартов и испытаний.

И вот однажды конструкторы заметили на магнитном покрытии дисков видимые дефекты и пятна. Они решили, что это и есть проблема, которую они так долго искали. Конструкторская служба немедленно потребовала у производственной ввести визуальную инспекцию каждого диска по окончании и без того строгого проверочного цикла. Каково же было удивление конструкторов, когда после введения визуальной инспекции уровень брака подскочил с восьми процентов до десяти! При цене 30 долл. за диск завод стал терять в месяц почти 300 тыс. долл.!



Тогда разработчики предложили ужесточить спецификации магнитного покрытия. Однако производственная служба попросила конструкторскую сначала прислать представителя, чтобы тот выполнил аудит визуального инспекционного процесса. По прибытии на место представитель решил провести несколько экспериментов для изучения визуальной инспекции качества магнитного покрытия дисков. Сначала он отправил партию забракованных дисков опять на визуальную инспекцию, но инспекторам об этом не сказал. Результат оказался настолько поразительным, что представитель повторил эксперимент еще несколько раз. И каждый раз появлялись все те же пресловутые десять процентов!

Вооруженный новыми знаниями, конструктор провел следующий эксперимент. Теперь он тайно отправил на повторную визуальную инспекцию уже успешно ее прошедшую партию дисков. И что же? Откуда ни возьмись опять появились ровно десять процентов брака.

И последний тест. Конструктор отправил на заключительный сборочный этап две партии дисков — прошедших визуальную инспекцию и не прошедших. Результат можно было бы назвать удивительным, но конструктора уже ничего удивить не могло: жесткие диски с забракованным визуальной инспекцией магнитным покрытием прошли итоговый контроль качества лучше, чем диски с признанным качественным магнитным покрытием.

Очевидно, эта компания жила в иллюзии измерительной системы. Визуальная инспекция, которую она включила в процесс контроля качества, не только не принесла компании каких-либо преимуществ, но еще и стоила ей 300 тыс. долл. убытков ежемесячно из-за ошибочно забракованного магнитного покрытия.

Промышленные инженеры установили, что инспекционные измерительные системы, в которых главную роль играет человек (инспектор), эффективны приблизительно на 80%. Однако большинство людей пребывают в плену иллюзии, будто они обеспечивают 100%-ный контроль. Простой аудит покажет, насколько эффективна ваша измерительная система.

Как улучшить эффективность инспекционной измерительной системы?

- ✓ Разделить крупный объем проверки на меньшие части и распределить их между несколькими инспекторами.
- ✓ Точнее сформулировать критерии инспекции и проиллюстрировать их графически изображениями, примерами и т.д.
- ✓ Проверку одного объекта должны выполнять по очереди несколько инспекторов, что позволит постепенно повысить эффективность инспекционного процесса в целом.
- ✓ Для исключения человеческой ошибки следует использовать технологии и автоматизацию.



Диаграммы Парето — мощный диагностический инструмент для обнаружения проблем измерительной системы. Вильфредо Парето (1848-1923 годы) — итальянский экономист, предположивший, что 80% общественного богатства сосредоточены в руках 20% населения. С тех пор как Парето сформулировал свое знаменитое утверждение, другие исследователи подтвердили его применимость и ко многим другим явлениям, включая распределение измеренных дефектов. Например, обнаружилось: 80% наблюдаемых дефектов товара или процесса обусловлены двадцатью процентами возможных причин. Если построить столбиковую диаграмму для наблюдаемого количества дефектов разных типов, а затем расположить столбики в порядке убывания частоты встречаемости разных дефектов, то мы увидим, что лишь несколько первых категорий обуславливают существенную часть общего

количества дефектов. Поэтому если в вашей измерительной системе предусмотрена функция распределения дефектов по разным категориям, а диаграмма Парето показывает приблизительно равный вклад каждой категории в суммарное количество дефектов, то вы должны заподозрить: с вашей измерительной системой что-то не так. И наоборот: здоровая измерительная система ясно показывает, что большинство дефектов обусловлены всего лишь несколькими причинами. (*Принцип Парето* еще называют *правилом 80-20*.)

### Анализ атрибутивной измерительной системы

Когда вы измеряете атрибутивные данные — например, определяя, успешен или неуспешен процесс выписки накладной, или распределяя бракованные товары по типу брака, — вам важно установить насколько надежна и стабильна ваша способность различать объекты по правильным категориям. Опасность неточной атрибутивной измерительной системы двояка: вы можете ошибочно принять бракованный объект или же отвергнуть качественный. В любом случае вы примете решение, противоречащее действительности.

Рассмотрим некую измерительную систему, распределяющую объекты (будь то характеристика или процесс) в одну из двух категорий — выдержал или не выдержал проверку. Ниже предложен пошаговый план исследования эффективности такой измерительной системы.

#### 1. Отберите 15-30 измеряемых образцов.

Эти образцы должны представлять полный диапазон обычно наблюдаемой вариации; приблизительно половина образцов должна представлять категорию “выдержал проверку”, другая половина — категорию “не выдержал проверку”.

#### 2. Создайте золотой стандарт, точно распределив образцы по двум категориям.

Для этого соберите группу экспертов или используйте какой-нибудь заведомо абсолютно правильный стандарт.

#### 3. Выберите двух или трех инспекторов.

Они должны инспектировать образцы в случайном порядке и записывать свои выводы — выдержал образец проверку или не выдержал.

#### 4. Затем перемешайте образцы (или покрутите инспекторов до головокружения), после чего инспектора опять должны проверить образцы в случайном порядке и записать повторные измерения.

*Примечание.* Важно обеспечить условия для беспристрастной работы инспекторов, чтобы они во второй раз инспектировали образцы так же, как в первый. Возможно, стоит между первым и вторым циклом измерения выдержать один день. Для второго инспектирования образцы должны быть расположены в случайном порядке — это критичное условие.

#### 5. Для каждого инспектора рассчитайте процентную долю совпадений первых результатов измерения со вторыми. Это будет *повторяемость* для каждого отдельного инспектора.

Усреднив все индивидуальные уровни повторяемости инспекторов, получим общую повторяемость системы измерения.

*Примечание.* Расчетная повторяемость отдельных инспекторов должна быть как можно более близкой к 100%. Если же у какого-нибудь инспектора она заметно меньше этой величины, то данного человека придется признать неспособным стабильно отличать качественные объекты от некачественных. Правда, тренировки позволяют повысить качество работы инспектора.

6. Для каждого образца рассчитайте процентную долю тех зарегистрированных измерений, которые каждый инспектор дважды повторил правильно сам и так же правильно их повторили все другие инспектора. Это называется *воспроизводимостью* измерительной системы.

Расчетная воспроизводимость измерительной системы показывает, насколько прецизионна измерительная системы за длительное время — для разных инспекторов, разных измерительных протоколов и при разных внешних условиях.

7. Вы также можете рассчитать процентную долю времени, когда отдельные инспектора и группа инспекторов приходят к одному мнению и измеряют согласно золотому стандарту, созданному на шаге 2.

Так вы выясните, насколько стабильно ваша измерительная система обнаруживает образцы, которые действительно выдержали или не выдержали проверку по заключению группы экспертов.

Приведем пример. При изучении измерительной системы 63%-ное согласие между всеми инспекторами для всех образцов с золотым стандартом означает, что данная измерительная система правильно распознает образцы лишь с 63%-ной вероятностью, а вероятность ошибки составляет 37%. Очевидно, цель заключается в создании измерительной системы с как можно более высокой эффективностью, для чего согласие должно максимально возможно приближаться к 100%.



Для случаев, когда атрибутивная измерительная система имеет больше двух категорий, предусмотрены более тонкие аналитические инструменты, такие как каппа-анализ. Они встроены в мощные программные пакеты статистического анализа — Minitab, JMP, другие.

### Анализ измерительной системы непрерывных данных

Для анализа измерительной системы непрерывных, или переменных, данных в нашем распоряжении имеется больше инструментов и методов. Но во всех случаях обязательно математическое сравнение общей наблюдаемой вариации с той долей вариации, которая порождена самой измерительной системой.

Вспомним рис. 7.1. Общая наблюдаемая вариация составлена из двух частей — вариации измеряемого объекта или процесса и вариации, порожденной самой измерительной системой. Уравнение полной вариации записано через дисперсии (определение дисперсии см. в главе 5):

$$\sigma_{\text{НАБЛЮДАЕМАЯ}}^2 = \sigma_{\text{ИЗМЕРЕНИЯ}}^2 + \sigma_{\text{ФАКТИЧЕСКАЯ}}^2$$

Вклад эффективной измерительной системы мал по сравнению с общей наблюдаемой вариацией. В табл. 7.2 показаны различные значения соотношения между дисперсиями измерительной системы и наблюдаемой, а также приведены рекомендуемые действия в каждой ситуации.

Математически сравнить вариацию измерительной системы с общей наблюдаемой вариацией несложно. Сложно другое: получить хорошую оценку вариации измерительной системы, от которой можно отталкиваться при сравнении.

Для правильной оценки дисперсии измерительной системы обычно требуются два-три инспектора и пять-десять результатов процесса или характеристик. Затем каждый инспектор два-три раза измеряет каждый результат процесса или каждую характеристику. Получив эти данные, далее можно использовать такие мощные инструменты статистического анализа, как Minitab или JMP, для автоматических аналитических расчетов, чтобы потом, если потребуются, диагностировать и улучшить измерительную систему.

Таблица 7.2. Значения отношения дисперсии измерительной системы к наблюдаемой дисперсии и их интерпретация

Расчетное отношение дисперсий	Диагноз	Рекомендации
$\frac{\sigma_{\text{ИЗМЕРЕНИЯ}}^2}{\sigma_{\text{НАБЛЮДАЕМАЯ}}^2} \leq 0,1$	Хорошая измерительная система. Вклад измерительной системы в общую наблюдаемую вариацию достаточно мал, поэтому мы вправе принимать решения на основании наших измерений	Данную измерительную систему можно использовать в ее существующем виде. Разве что поискать возможности упростить ее или сделать менее дорогостоящей или более экономичной
$0,1 \leq \frac{\sigma_{\text{ИЗМЕРЕНИЯ}}^2}{\sigma_{\text{НАБЛЮДАЕМАЯ}}^2} \leq 0,3$	Маргинальная измерительная система (т.е. на границе между хорошей и плохой). Ее вклад в общую наблюдаемую вариацию начинает искажать результаты измерения. Присутствует значительный риск принять на основании наших измерений ошибочные решения	Используйте эту измерительную систему осторожно и лишь в отсутствие альтернативы. Займитесь улучшением данной измерительной системы через тренировку операторов, стандартизацию измерительных процедур, поиск нового измерительного оборудования
$\frac{\sigma_{\text{ИЗМЕРЕНИЯ}}^2}{\sigma_{\text{НАБЛЮДАЕМАЯ}}^2} \geq 0,3$	Неприемлемая измерительная система. Простое угадывание ("метод научного тыка") дает, пожалуй, такую же точность. Не принимайте важных решений на основании информации, полученной с помощью этой измерительной системы	Прежде чем собирать достоверную информацию с помощью этой измерительной системы, ее необходимо исправить. Для начала следует выяснить причины столь неточной ее работы

## Заполняем фильтрующую воронку

Чтобы получить из носика фильтрующей воронки концентрированный поток, сначала надо заполнить ее до краев. Фильтрующая воронка "Шесть сигм" тоже подчиняется данному правилу. Вы начинаете с того, что, отрешившись от эмоций, включаете в свой проект все возможные причины проблем. Но по мере того как вы анализируете данные, вам становится понятно, какие переменные сохранить для последующего анализа, а какие смело отбросить как ненужный балласт.

### Пусть говорят данные

Один из признаков зрелости в "Шесть сигм" — это способность без тени сомнения полагаться на данные. Данные позволяют понять прошлые события. С их помощью мы понимаем и улучшаем текущую ситуацию. А еще они служат базой для прогнозирования будущего.

В "Шесть сигм" данные имеют приоритет перед мнениями, рассуждениями, догадками и политикой. Принимать решения на основании данных — это культура "Шесть сигм". Люди "Шесть сигм" говорят: "Богу мы просто верим; все остальные должны предоставить факты".

При использовании "Шесть сигм" в чистом виде мы следуем правилу "Пусть говорят данные". Мы отказываемся от суждений о проблемах нашей организации и о возможном их решении, а вместо этого спокойно слушаем то, что говорят данные о ситуации и о том, как ее исправить. Такой новый образ действий проистекает из приобретенной уверенности в науке и силе "Шесть сигм" — в том, что более эффективный сбор данных о процессе и их анализ раскрывают реальную, неискаженную правду о нем, а также самое эффективное решение задачи длительного улучшения.

## Забрасывайте широкую сеть

“Пусть говорят данные”, а слушать их мы можем разными способами. В главе 11 мы рассмотрим такие инструменты, как карту процессов, диаграммы “рыбья кость” (елочная), матрицы X-Y и анализ эффектов отказных режимов (АЭОР (FMEA)). Это очень мощные инструменты, позволяющие выявить потенциальные факторы влияния на процесс. В данной же главе мы рассмотрим графические инструменты для обработки данных и поиска таких факторов; в главе 8 научимся проводить проверку статистических гипотез; глава 9 посвящена экспериментальным исследованиям. На рис. 7.4 показано, как последовательно использовать все перечисленные инструменты, чтобы идентифицировать — а затем сузить — поле потенциальных входных факторов X в уравнении  $Y = f(X)$ .



Рис. 7.4. Инструменты для идентификации всех потенциальных входных факторов X и выбора из них только критичных X

Для успеха программы по улучшению необходимо забросить широкую сеть, чтобы выловить как можно больше потенциальных X. Затем с помощью инструментов “Шесть сигм” — а не полагаясь на свои предубеждения или мнения, — естественным образом удалить некритичные X и оставить критичные. Это одно из замечательных свойств “Шесть сигм”: применяя метод механически, по алгоритму, а не полагаясь на свою проницательность, вы все равно целенаправленно идете к решению поставленной задачи по улучшению.

## Обработка данных

Обработка данных сродни переработке золотоносной руды — нужно перелопатить горы пустой породы, чтобы найти несколько самородков. В “Шесть сигм” мы перерабатываем массу исходных данных, чтобы отыскать подсказки для своего проекта по улучшению.

### Начинайте с простейшего: наблюдательные исследования

С чего мы начинаем поиск самородков улучшения? И какие для этого нужны инструменты? Практики “Шесть сигм” усовершенствовали процесс обработки данных и свели его к набору эффективных и мощных инструментов.

## Данные повсюду вокруг нас

Вокруг нас существует целый мир потенциальных данных.

- ✓ Два-три раза в месяц вы доверху заправляете топливный бак вашей машины, но каждый раз получается несколько иное количество бензина.
- ✓ Количество пачек бумаги, которую расходует копировальный центр, меняется ежемесячно.
- ✓ В каждой аудитории находится свое количество студентов.
- ✓ На одном процессе в разные смены работают разные люди.
- ✓ Скорость подачи фрезерного станка меняется в зависимости от рабочего задания.

Этот список можно продолжать бесконечно.

Первый шаг переработки огромных массивов данных — просто начать наблюдение за всеми потенциальными входными и выходными переменными вашего проекта по улучшению и записывать их.



Данные по проекту записывайте в табличной форме; все переменные X и Y — в столбцах, а новые наблюдения — в строках, как в табл. 7.3.

Таблица 7.3. Типовая форма для регистрации данных наблюдений

№ наблюдения	Департамент (X <sub>1</sub> )	Час дня (X <sub>2</sub> )	Система (X <sub>3</sub> )	Оператор (X <sub>4</sub> )	Штук в час (Y)
1	B	8	Web	Салли	43
2	A	5	Web	Салли	37
3	B	4	Web	Боб	44
4	B	8	Настольный компьютер	Салли	35
5	B	4	Web	Салли	42
6	A	5	Web	Салли	39
7	B	3	Центральный компьютер	Салли	41
8	A	8	Центральный компьютер	Джоан	36
9	A	1	Web	Салли	39
10	B	4	Центральный компьютер	Джоан	40

### Пытливый ум: исследования на основе наблюдений

Думать, размышлять над зарегистрированными наблюдениями и анализировать их — это проверенный путь к лучшему пониманию. В “Шесть сигм” подобный процесс называют одним обобщающим термином *исследования на основе наблюдений* (или *наблюдательные исследования*). Они включают анализ вариации наблюдаемых критичных выходных факторов и исследование того, от каких входных факторов она зависит. Другими словами, мы ищем потенциальные источники вариации.

Наблюдательные исследования отличаются от плановых экспериментов. В первых мы исследуем вариацию и данные в их естественном виде, какие бы значения мы ни регистрировали. А в эксперименте мы целенаправленно регулируем переменные значения, чтобы выяснить, каким будет результат при определенных входных условиях. Правда, эксперименты обеспечивают большее понимание и разрешающую способность, чем наблюдательные иссле-

дования. (О разработке и выполнении экспериментов мы узнаем в главе 9.) Однако проводить масштабные эксперименты иногда невозможно по техническим или этическим причинам. Например, вряд ли будет правильно расширить учебную группу в детском саду до 75 человек, чтобы проверить, как такая “перенаселенность” повлияет на успеваемость малышей. Поэтому исследователи проблем образования собирают данные о реальных учебных группах разных размеров в детских садах, т.е. проводят наблюдательные исследования.



Обычно в результате исследований на основе наблюдений мы получаем список возможных подозреваемых. Этот более узкий список переменных мы далее исследуем с помощью методов, рассмотренных в главах 8 и 9, чтобы оправдать отдельного “подозреваемого” либо получить против него неоспоримые “улики”. Правда, иногда реальных “виновников” удастся выявить сразу же, на стадии наблюдательных исследований. Поэтому всегда надо быть внимательными, чтобы не делать лишнюю работу.

## Копаем глубже: графическим анализом выявляем потенциальные источники вариации

Чтобы узнать, влияет ли наблюдаемый входной фактор на наблюдаемый выходной, следует создать группу диаграмм “ящик с усами” для критичного выходного фактора таким образом, чтобы каждая отдельная ящичная диаграмма соответствовала новому условию входной переменной (подробно о таких диаграммах рассказывалось в главе 5). Для автоматического построения ящичных диаграмм существует несколько компьютерных программ, включая Minitab, JMP, Excel.

### Пример

Табл. 7.3 — это частичный список данных, собранных для одного транзакционного процесса. Ключевой результат ( $Y$ ) показывает часовую производительность в штуках. Нашей “широкой сетью” были захвачены такие возможные входные факторы влияния, как департамент, выполняющий транзакцию ( $X_1$ ), час дня, когда она была выполнена ( $X_2$ ), вид использованной рабочей системы ( $X_3$ ) и имя работника, выполнившего транзакцию ( $X_4$ ). В данном примере было собрано более 200 исторических наблюдений.

Какой эффект оказывает конкретный работник ( $X_4$ ) на производительность ( $Y$ , количество штук в час)? На рис. 7.5 представлен набор ящичных диаграмм  $Y$  для каждого значения входного фактора  $X_4$ .

Зависит ли количество выполненных за час транзакций от того, кто делал эту работу — Боб, Джоан или Салли? Из рис. 7.5 ясно видно, что операторы почти не разнятся между собой по производительности. У них приблизительно один и тот же средний уровень и вариация одной и той же величины. Из этого следует вывод, что переменная  $X_4$  (работник) не является ключевым фактором влияния на вариацию результата.



Статистики с помощью более сложных методов рассчитывают по данным рис. 7.5 вариацию между центрами вариации для разных значений  $X_4$  и называют полученную величину *межгрупповой вариацией*. Затем выполняют аналогичные вычисления для количественной оценки средней ширины вариации всех условий (значений) переменной и называют эту величину *внутригрупповой вариацией*. Если межгрупповая вариация велика по сравнению с внутригрупповой, статистики делают вывод, что исследуемая переменная действительно влияет на результат (на выходной фактор). Но описанный выше графический метод позволяет обойти все эти сложные математические вычисления и более простым, интуитивным способом прийти к аналогичным выводам.

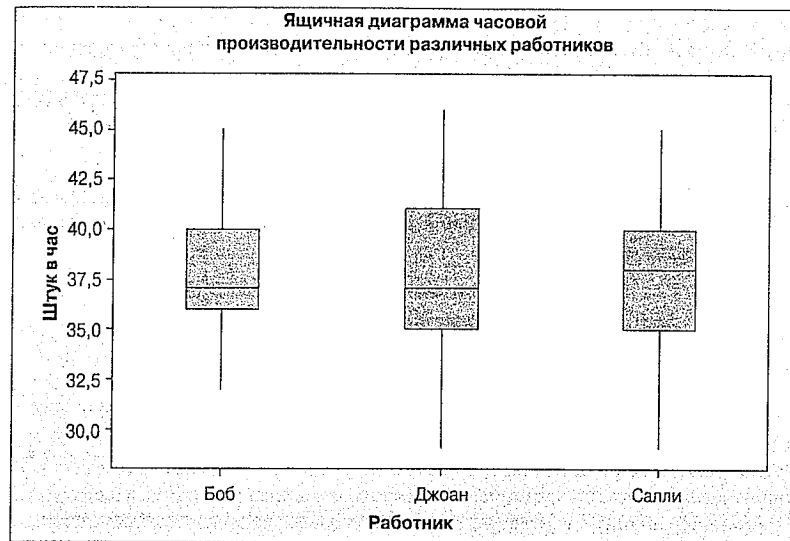


Рис. 7.5. Влияние каждого отдельного работника на часовую производительность

Вернемся к нашему примеру. Что мы скажем о зависимости результата от того, какой департамент ( $X_3$ ) выполняет транзакции? На рис. 7.6 изображена еще одна группа диаграмм “ящик с усами” для двух департаментов.

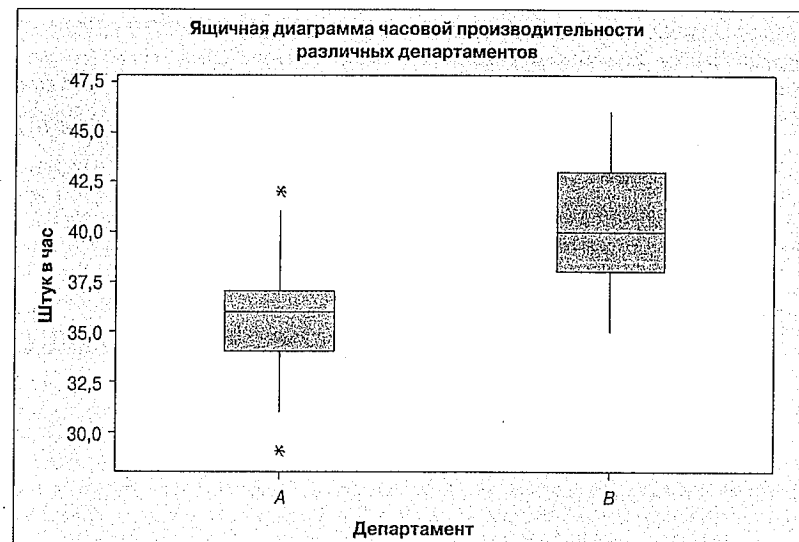


Рис. 7.6. Влияние каждого департамента на часовую производительность

По этому графическому изображению сразу видно, что разница между центрами вариации для департаментов *A* и *B* существенна по сравнению со средней шириной вариации внутри департаментов. Вывод: от того, какой департамент выполняет транзакции, действительно зависит часовое количество последних. Эта переменная проходит через нашу фильтрующую воронку и поступает на следующий этап исследований, чтобы мы могли вынести окончательное решение.



Еще один метод наблюдательных исследований заключается в корреляционных вычислениях (о них подробнее в главе 8). Они приводят нас к тем же выводам, но уступают графическому методу в простоте и легкости интерпретации.

### Другие методы наблюдательных исследований

Их довольно много; назовем основные.

- ✓ **Многoperенные исследования.** Позволяют изучить одномоментное влияние нескольких входных переменных на критичный результат.
- ✓ **Диаграммы основных эффектов.** Будут представлены в главе 8 как основной графический метод. Это чрезвычайно простой и мощный способ исследовать основной эффект переменной, а также его различные уровни, на критичный результат.
- ✓ **Диаграммы эффектов взаимодействия.** Иногда одна переменная сама по себе существенно влияет на результат. Но в комбинации с другими переменными ее эффект становится гораздо заметнее. Это называется *эффектом взаимодействия*. Например, если в сырое тесто для торта добавить куриные яйца и попробовать смесь, она нам вряд ли понравится. Но если добавить еще и второй входной фактор — разогретую духовку, — то получим вкуснейший десерт.

Все эти дополнительные исследования на основе наблюдений доступны в большинстве существующих в продаже компьютерных программных пакетов “Шесть сигм” (см. главу 11). Сегодня мы имеем возможность выполнять такой анализ автоматически, что дает нам несомненное преимущество перед нашими предшественниками.

## Глава 8

# Количественный анализ немногих критичных факторов

В этой главе...

- ✓ Выборочное распределение и теорема центрального предела
- ✓ Доверительные интервалы для средних, дисперсий и пропорций
- ✓ Корреляции и кривые
- ✓ Подгоночные кривые

**В** нескольких главах данной книги показано, как идентифицировать потенциальные переменные, которые влияют на критичный результат. Карты процессов, диаграммы “рыбья кость” (елочные), мозговой штурм, диаграммы *SIPOC* и *AЭОР (FMEA)* — это лишь часть инструментов, помогающих идентифицировать входные факторы *X*, влияющие на критичный (или критичные) *Y* (результат, или выходной фактор). Мы даже можем получить очень достоверный набор потенциальных *X* для нашего проекта улучшения.

Теперь пришла пора обрезать все лишнее, выдолбить все те “сорняковые” идентифицированные входные переменные, которые не стоят вашего дальнейшего внимания. Ваши ресурсы ограничены, поэтому, отбросив несущественные или тривиальные переменные, вы сосредоточитесь только на важном и быстрее получите результаты ваших усилий по улучшению. В данной главе мы рассмотрим, как отделить немногие критичные переменные от тривиального юльшинства, а затем количественно их проанализировать.

## Поиск лучшего партнера

Методология “Шесть сигм” предполагает для принятия лучших решений использовать данные. Прежде всего мы должны понять разницу между реальными и заявленными различиями. Действительно ли грузовики Chevy лучше грузовиков Ford? На самом ли деле прошлогодние цифры продаж не отличаются от цифр сего года? “Шесть сигм” дает нам инструменты для количественного выражения реальных различий между факторами и для исследования нашей уверенности в этих измерениях.

## Вива Лас-Вегас: теорема центрального предела

Допустим, мы подбрасываем монету десять раз и подсчитываем, сколько раз выпал орел. По теории вероятности мы имеем 50 шансов из ста на каждом отдельном броске получить орла. Значит, из десяти подбрасываний орел должен выпасть пять раз, правильно?

Проведите данный эксперимент и вы убедитесь, что можете получить три орла, или шесть, или ожидаемые пять. Если выполнять серии из десяти подбрасываний многократно, то распределение количества выпавших орлов в серии будет выглядеть приблизительно так, как показано на рис. 8.1. Эксперимент повторяли 10, затем 100 и, наконец, 1000 раз.

Этот воображаемый эксперимент с монетой аналогичен любым другим измерениям или операциям по формированию выборки, которые повторяются более одного раза, как, например, формирование выборки измерений из некоторого процесса и расчет среднего значения. Из рис. 8.1 следуют два важных вывода, применимых к любым измерениям.

- ✓ **Повторение измерений дает различные результаты (изменчивость).** Так, в эксперименте с монетой не в каждой десятибросковой серии мы получали ожидаемые пять орлов. Это же справедливо в отношении средней толщины бумаги, изготовленной на фабрике.



Рис. 8.1. Результаты многократного повторения эксперимента из десяти бросков монеты

- ✓ **Результирующее измерение, или выборочное распределение, распределено нормально.** Центр вариации совпадает с ожидаемым результатом. И чем больше повторений мы выполняем, тем больше и больше выборочная вариация приближается к идеальному нормальному распределению.

Статистики называют повторные измерения характеристики или процесса *выборками*. А вариацию, которая проявляется в повторных выборках, — *выборочным распределением*.



Статистики отшлифовали и отточили технические определения того, что теперь называют *теоремой центрального предела*. Хотя каждое определение в равной степени загадочно, все они означают следующее: если многократно рассчитывать статистики (так специалисты-статистики называют статистические величины, например среднее значение выборки) для процесса или характеристики, то повторные выборочные статистики сами имеют вариацию. Эта выборочная вариация имеет нормальное распределение, центр которого совпадает с центром вариации самого процесса (или характеристики). Ширина выборочного распределения зависит от количества выполненных измерений.

Хотя статистики с большим трудом объясняют теорему центрального предела простым смертным (мы, авторы, видимо, тоже!), ее польза и эффективность беспримечны. Результаты теоремы центрального предела позволяют спрогнозировать границы будущего и количественно оценить риски прошлого.

## Насколько вы уверены? Доверительные интервалы

В концепции доверительных интервалов использована теорема центрального предела. Доверительные интервалы показывают нам, насколько можно доверять нашим измерениям или статистическим выводам.



Нельзя путать уровень доверия к вашим измерениям (тема данной главы 8) со способностью измерительной системы, о которой говорилось в главе 7. Доверие к измерениям не относится к способности системы выполнять их. Напротив, доверие к измерениям предполагает наличие идеальной, совершенной измерительной системы. Это служит еще одним напоминанием о том, насколько важно проверить способность своей измерительной системы.

Допустим, например, что на вашей фабрике только что изготовили 5000 стержней для шариковых ручек. Вы хотите узнать средний диаметр данной генеральной совокупности. (Термин *генеральная совокупность* означает полное количество чего-нибудь — численность людей в вашем родном городе, или все произведенные стержни, или все накладные, отправленные за прошлый год. С другой стороны, *выборка* — это любая часть генеральной совокупности.) Для определения среднего диаметра можно, например, из генеральной совокупности случайным образом выбрать 30 стержней, измерить диаметр каждого и рассчитать средний (скажем, 3,05 мм). Подробно о том, как рассчитывать среднее значение, рассказывалось в главе 5.

Представьте, что в вашу комнату врывается босс и спрашивает: “Какой средний диаметр наших последних пишущих стержней? Только что позвонил один наш потребитель и сказал, что откажется от целой партии, если средний диаметр будет больше 3,15 мм!” Какой ответ вы дадите боссу? Насколько вы уверены в расчетном среднем?

Теорема центрального предела гласит, что если бы вы еще раз выбрали из генеральной совокупности (5000 стержней) другие 30 штук и измерили их средний диаметр, результат получился бы несколько иным. Точно так же и ваш потребитель, измеряя средний диаметр выборки из поступивших стержней, будет каждый раз получать новые результаты. Но насколько отличаются друг от друга разные расчетные средние?

Доверительные интервалы — тема настоящей главы — дают нам способ количественно оценить, какая вариация будет в повторных измерениях и статистических вычислениях. Зная, как создавать доверительные интервалы, вы сможете ответить боссу так: “С достоверностью 99,7% средний диаметр наших пишущих стержней будет отвечать требованиям нашего клиента”.

## Доверительные интервалы для средних

Со средними значениями мы встречаемся каждый день. И лишь об очень немногих из них мы говорим, указывая доверительный интервал.

### Насколько велик доверительный интервал

Если размер выборки превышает 30 точек, доверительный интервал вокруг расчетного выборочного среднего  $\bar{x}$  рассчитывают по формуле:

$$\bar{x} \pm Z \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

где

- ✓  $Z$  — сигма-значение, соответствующее тому доверительному уровню, который мы хотим получить;
- ✓  $\sigma$  — расчетное стандартное отклонение для выборки;
- ✓  $n$  — количество данных в выборке.

Доверительный интервал для  $\bar{x}$  проиллюстрирован на рис. 8.2.

По рис. 8.2 видно, что большинство расчетных выборочных средних близки к реальному среднему генеральной совокупности. А именно: 68% расчетных выборочных средних  $\bar{x}$  попадают в интервал

$$\pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

вокруг реального среднего генеральной совокупности. Далее, 95% расчетных выборочных средних  $\bar{x}$  попадают в интервал

$$\pm 2 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$



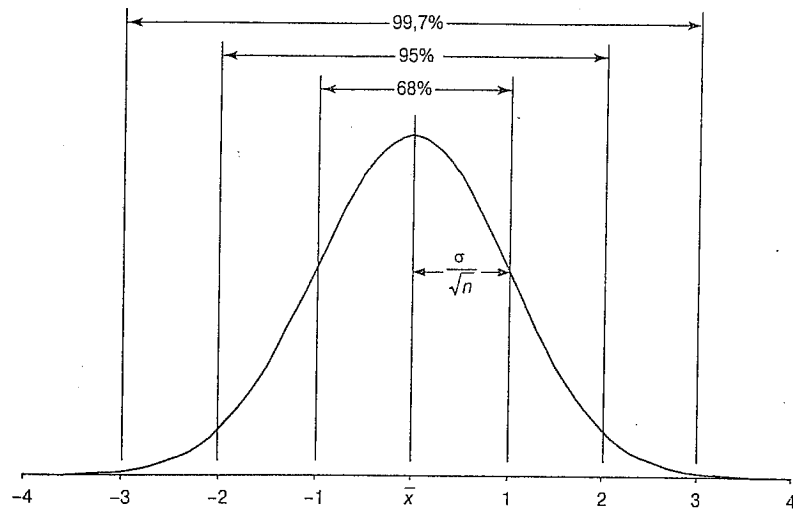


Рис. 8.2. Выборочное распределение и доверительные интервалы для  $\bar{x}$  при различных значениях вероятности ( $Z$ )

вокруг реального среднего генеральной совокупности. А 99,7% расчетных выборочных средних  $\bar{x}$  попадают в интервал

$$\pm 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

вокруг реального среднего генеральной совокупности.

Данная формула работает всегда, если выборка содержит более 30 измерений.



Каждый раз расчет доверительного интервала сопряжен с риском ошибки. Этот риск равен дополнению расчетного значения доверительного интервала до 100%. Так, для 95%-ного доверительного интервала существует пять процентов риска того, что фактическое среднее генеральной совокупности находится за пределами этого интервала.



Риск сделать неправильный вывод о том, что среднее генеральной совокупности находится в нашем расчетном доверительном интервале (когда в действительности это не так), называется *альфа-риском* ( $\alpha$ ).

Если же в выборке всего несколько измерений, то получить точную оценку стандартного отклонения  $\sigma$  генеральной совокупности невозможно. Поэтому в случаях, когда выборка содержит от двух до 30 точек, приходится вместо  $Z$  использовать другой коэффициент. Статистики называют его коэффициентом малых выборок  $t$ . Коэффициент  $t$  более консервативен, поскольку из-за небольшого размера выборки снижается точность расчетного значения  $\sigma$ . В действительности для каждого желаемого доверительного интервала подбирают  $t$  в зависимости от количества точек в выборке. В табл. 8.1 приведены значения  $t$  для нескольких процентных значений доверительного интервала и размеров выборки.

Таблица 8.1. Значения  $t$

Доверительный интервал	$n = 2$	$n = 5$	$n = 10$	$n = 25$	$Z$
68%	1,837	1,142	1,059	1,021	1
95%	13,968	2,869	2,320	2,110	2
99,7%	235,811	6,620	4,094	3,345	3

При использовании  $t$  формула для расчета доверительного интервала принимает вид

$$\bar{x} \pm t \frac{\sigma}{\sqrt{n}},$$

где значение  $t$  зависит от желаемого уровня доверия и количества точек в выборке.

### Что лучше?

Очень часто нам приходится определять, разнятся ли между собой два или больше объекта, и насколько. Приведем примеры.

- ✓ Отличаются ли друг от друга различные операторы, участвующие в процессе?
- ✓ Приводят ли два альтернативных производственных процесса к существенно отличающимся результатам?
- ✓ Лучше ли расход топлива у автомобиля А, чем у автомобилей В и С?
- ✓ Действительно ли маркетинговые печатные материалы с цветными иллюстрациями создают больше контактов с потенциальными клиентами, чем эквивалентные черные-белые материалы?

Для оценки разницы между любыми двумя или более версиями одного и того же результата можно использовать доверительные интервалы для выборочных средних ( $\bar{x}$ ). Этот процесс включает три шага.

1. Сформируйте выборки и произведите измерения разных версий или условий, которые вы анализируете.
2. Рассчитайте подходящий доверительный интервал для каждой версии или условия характеристики.

Не забудьте, что в случае выборки, содержащей меньше 30 измерений, доверительный интервал следует рассчитывать по формуле с  $t$ . А также помните, что для всех условий или версий, которые вы сравниваете, следует использовать один и тот же доверительный интервал.

3. Графически или численным образом определите, не перекрываются ли доверительные интервалы различных версий или условий.

Если какие-нибудь доверительные интервалы перекрываются, то с определенным уровнем доверия можно утверждать, что между ними нет разницы.

С другой стороны, если перекрытие отсутствует, сразу же становится ясно, что разные версии результата действительно разнятся между собой.

В качестве примера на рис. 8.3 показано графическое сравнение доверительных интервалов для трех разных типов компьютерных систем, используемых для выписки счетов.

Графическое сравнение этих доверительных интервалов для средней производительности показывает, что перекрытие отсутствует. Значит, с 95%-ной уверенностью мы вправе



сказать, что компьютерная система "Web" лучше систем "центральный компьютер" (лучше в среднем на три штуки в час) и "настольный компьютер" (лучше в среднем почти на пять штук в час). Будь между любыми из этих трех компьютерных систем перекрытие, мы бы сделали вывод (с 95%-ной уверенностью) об отсутствии существенного различия между перекрывающимися версиями.

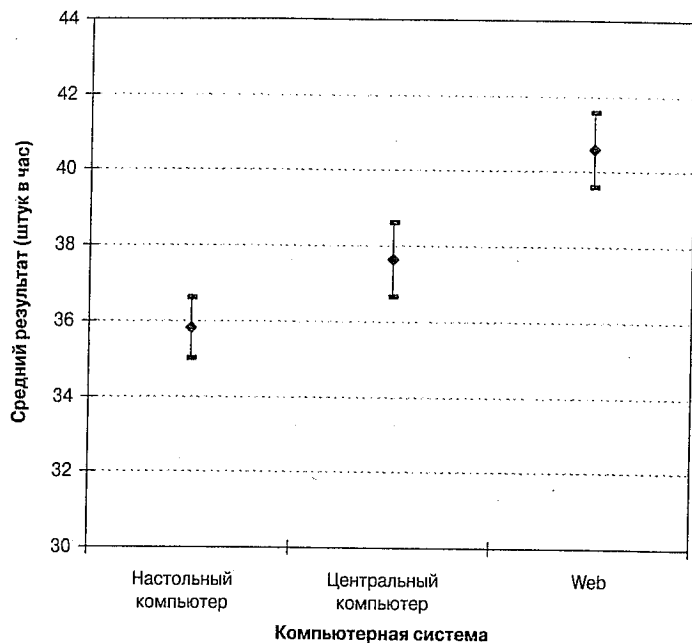


Рис. 8.3. Графическое сравнение 95%-ных доверительных интервалов для среднего часового количества выписанных счетов для трех типов компьютерных систем

## Доверительные интервалы для стандартных отклонений

Не удивительно, что расчетные стандартные отклонения  $\sigma$  процесса или характеристики для разных выборок разнятся между собой, так же как и расчетные средние значения. Следовательно, и для стандартных отклонений мы можем создать доверительные интервалы.

### Насколько велика вариация?

Для создания доверительного интервала вокруг расчетного стандартного отклонения используется новый коэффициент, изобретенный статистиками и названный ими "хи-квадрат" —  $\chi^2$ . ( $\chi$  ("хи") — это 22-я буква греческого алфавита.) Подобно значению  $t$ , с помощью которого создают доверительные интервалы для средних, значение  $\chi^2$  зависит от количества наблюдений в выборке — чем их больше, тем достовернее оценка. Еще одна тонкость заключается в существовании двух разных значений хи-квадрат для нижнего и

верхнего пределов доверительного интервала. В табл. 8.2 приведены верхнее и нижнее значения  $\chi^2$  для распространенных доверительных значений 1-, 2- и 3-сигмы.

Таблица 8.2. Значения  $\chi^2$

Доверительный интервал	$n = 2$	$n = 5$	$n = 10$	$n = 25$	$Z$
68%	1,987	6,599	13,088	30,833	1
	0,040	1,416	4,919	17,169	
95%	5,187	11,365	19,301	39,749	2
	0,001	0,460	2,628	12,225	
99,7%	10,273	17,800	27,093	50,163	3
	0,000	0,106	1,241	8,382	

Примечание. Первым в каждой ячейке таблицы приведено значение  $\chi^2_{\text{НИЖНЕЕ}}$ , вторым —  $\chi^2_{\text{ВЕРХНЕЕ}}$ .

Оба значения  $\chi^2$  из табл. 8.2 используются в нижеследующей формуле расчета доверительного интервала для измеренного стандартного отклонения:

$$\left[ \sqrt{\frac{(n-1)\sigma^2}{\chi^2_{\text{НИЖНЕЕ}}}}, \sqrt{\frac{(n-1)\sigma^2}{\chi^2_{\text{ВЕРХНЕЕ}}}} \right]$$

Для примера рассмотрим выборку из пяти измерений со стандартным отклонением 3,7. Чтобы создать 95%-ный доверительный интервал для этого стандартного отклонения, мы используем значения из табл. 8.2, соответствующие доверительному уровню 95% и  $n = 5$ . Значит, в нашем случае  $\chi^2_{\text{НИЖНЕЕ}} = 11,365$  и  $\chi^2_{\text{ВЕРХНЕЕ}} = 0,460$ . Подставляем эти значения в формулу и получаем:

$$\left[ \sqrt{\frac{(5-1)3,7^2}{11,365}}, \sqrt{\frac{(5-1)3,7^2}{0,460}} \right] \text{ или } [2,195, 10,907].$$

Другими словами, с 95%-ной уверенностью можно утверждать, что реальное стандартное отклонение находится между 2,195 и 10,907.



Если в выборке не слишком много измерений, то доверительные интервалы для стандартных отклонений обычно довольно широки. Это объясняется тем, что оценка стандартного отклонения всегда менее точна, чем оценка среднего.

### Где вариация меньше?

Иногда нужно сравнить изменчивость двух распределений, чтобы определить, имеет ли одно из них большую вариацию, чем другое. С этой целью создаем доверительный интервал для отношения дисперсий двух распределений. Если доверительный интервал отношения содержит значение 1, это говорит о том, что два распределения аналогичны по изменчивости. С другой стороны, если он не содержит значение 1, то два распределения имеют разные значения вариации.

Для создания доверительного интервала вокруг отношения дисперсий нужен очередной статистический коэффициент. Статистики называют его  $F$ . Значение  $F$  зависит от трех вещей: желаемого уровня доверия, количества точек в распределении числителя ( $n_1$ ) и количества точек в распределении знаменателя ( $n_2$ ). В табл. 8.3 приведен список значений  $F$  для 95%-ного доверительного интервала и выборок разных размеров.

Таблица 8.3. Значения  $F$  для 95%-ного уровня доверия

Количество точек в выборке	$n_1 = 2$	$n_1 = 5$	$n_1 = 10$	$n_1 = 25$
$n_2 = 2$	161,446	224,583	240,543	249,052
$n_2 = 5$	7,709	6,388	5,999	5,774
$n_2 = 10$	5,117	3,633	3,179	2,900
$n_2 = 25$	4,260	2,776	2,300	1,984

Оба значения  $F$  из табл. 8.3 используются в нижеследующей формуле с целью расчета доверительного интервала для отношения дисперсий:

$$\left[ \frac{1}{F(n_2, n_1)} \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}, F(n_1, n_2) \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} \right]$$

Для примера допустим, что распределение  $A$  имеет десять точек и дисперсию  $\sigma_A^2 = 4$ . Другое распределение, названное  $B$ , имеет пять точек, дисперсия которых равна  $\sigma_B^2 = 7,5$ . Рассчитываем 95%-ный доверительный интервал для отношения дисперсий  $\sigma_A^2$  и  $\sigma_B^2$ :

$$\left[ \frac{1}{F(5, 10)} \frac{\sigma_A^2}{\sigma_B^2}, F(10, 5) \frac{\sigma_A^2}{\sigma_B^2} \right] = \left[ \frac{1}{3,633} \frac{4,0}{7,5}, 5,999 \frac{4,0}{7,5} \right] = [0,147, 3,199]$$

Этот доверительный интервал содержит значение 1, поэтому с достоверностью 95% мы вправе говорить об отсутствии доказательства существования разных дисперсий у двух рассмотренных распределений.



Доверительные интервалы для отношения дисперсий обычно очень широки, если только выборка не содержит слишком много точек. Это объясняется тем, что оценка стандартного отклонения всегда менее точна, чем оценка среднего.

### “Четверо из пяти рекомендуют”: доверительные интервалы для пропорций

Рассчитывая количество успехов из определенного количества попыток — как в фразе “четверо из пяти стоматологов рекомендуют жевательную резинку без сахара”, — мы можем записать следующую пропорцию:

$$\frac{y}{n}$$

где  $y$  — количество успехов, а  $n$  — общее количество попыток.

Вычисление пропорции создает еще одно выборочное распределение. Доверительный интервал вокруг расчетной пропорции вычисляется по следующей формуле:

$$\frac{y}{n} \pm Z \sqrt{\frac{(y/n)(1-y/n)}{n}}$$

Если, для примера, мы хотим быть на 90% уверены в расчетной пропорции для четырех из пяти стоматологов, то рассчитываем доверительный интервал так:

$$\frac{4}{5} \pm 1,645 \sqrt{\frac{(4/5)(1-4/5)}{5}} = \frac{4}{5} \pm 0,294$$

Это означает, что с 90%-ной достоверностью пропорция четырех из пяти стоматологов находится в пределах от половины единицы до немногим более целой единицы.



В реальной жизни пропорция не может быть меньше нуля или больше единицы. Поэтому если мы получим расчетный доверительный интервал, выходящий за эти естественные пределы, нужно просто подкорректировать его до них.

При сравнении двух пропорций

$$\frac{y_1}{n_1} \text{ и } \frac{y_2}{n_2}$$

доверительный интервал для разности рассчитывается так:

$$\frac{y_1}{n_1} - \frac{y_2}{n_2} \pm Z \sqrt{\frac{(y_1/n_1)(1-y_1/n_1)}{n_1} + \frac{(y_2/n_2)(1-y_2/n_2)}{n_2}}$$

Для иллюстрации полученного доверительного интервала представьте себе, что вы работаете в компании, имеющей две производственные линии. Вы подозреваете, что завод в Толедо производит большую долю качественных товаров (т.е. у этого завода выше производительность), чем завод в Буффало. Для проверки данного предположения вы берете две одинаковые выборки изделий с каждого завода ( $n_1 = n_2 = 300$ ); при этом обнаруживаете, что количество качественных изделий на заводе в Толедо ( $y_1 = 213$ ) больше, чем на заводе в Буффало ( $y_2 = 189$ ). Теперь вы можете рассчитать 95%-ный доверительный интервал для разницы между этими двумя значениями производительности:

$$\frac{213}{300} - \frac{189}{300} \pm 2 \sqrt{\frac{(213/300)(1-213/300)}{300} + \frac{(189/300)(1-189/300)}{300}} = 0,08 \pm 0,076$$

или, если записать по-другому, [0,004, 0,156]. Поскольку этот доверительный интервал не содержит нуля, мы вправе заключить — с 95%-ной уверенностью, — что завод в Толедо производит в среднем больше качественных изделий, чем завод в Буффало.

Таблица 8.4. Сводка формул для доверительного интервала

Название, уравнение и основной коэффициент

Среднее для больших выборок ( $> 30$ )

$$\bar{x} \pm Z \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Основной коэффициент:  $Z$

Среднее для малых выборок ( $< 30$ )

$$\bar{x} \pm t \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Основной коэффициент:  $t$

Стандартное отклонение

$$\left[ \sqrt{\frac{(n-1)\sigma^2}{\chi^2_{\text{НИЖНЕЕ}}}}, \sqrt{\frac{(n-1)\sigma^2}{\chi^2_{\text{ВЕРХНЕЕ}}}} \right]$$

Основной коэффициент:  $\chi^2$

Название, уравнение и основной коэффициент
Отношение дисперсий
$\left[ \frac{1}{F(n_2, n_1)} \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}, F(n_1, n_2) \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} \right]$
Основной коэффициент: $F$
Пропорция
$\frac{y}{n} \pm Z \sqrt{\frac{(y/n)(1-y/n)}{n}}$
Основной коэффициент: $Z$
Разность пропорций
$\frac{y_1}{n_1} - \frac{y_2}{n_2} \pm Z \sqrt{\frac{(y_1/n_1)(1-y_1/n_1)}{n_1} + \frac{(y_2/n_2)(1-y_2/n_2)}{n_2}}$
Основной коэффициент: $Z$

## Зависимости

$Y$  — это функция  $X$ . Чтобы перейти на следующий уровень понимания, мы должны научиться количественно выражать зависимости между входными переменными и критичными выходными.

## Корреляция

Диаграммы рассеяния (их мы изучали в главе 5) представляют собой прекрасный способ зрительно обнаружить и исследовать отношения между переменными — как между  $Y$  и  $X$ , так и между разными  $X$ . На такой диаграмме мы отмечаем значения одной переменной соответственно парным значениям другой переменной. Примером служит табл. 8.5, в которой приведен список парных данных для снаряженной массы автомобиля в килограммах (т.е. полностью заправленного, но без пассажиров и багажа) и экономии топлива (пробег в километрах на одном литре топлива).

Точку данных для каждого включенного в исследования автомобиля отмечено на рис. 8.4.

Как следует из диаграммы рассеяния на рис. 8.4, существует отрицательная зависимость между снаряженной массой автомобиля и его экономией топлива — чем тяжелее машина, тем меньше километров она проедет на одном галлоне (литре) топлива. Диаграмма рассеяния также показывает, что зависимость между этими двумя переменными приблизительно линейна, т.е. форма зависимости приблизительно повторяет прямую линию. Наконец, зависимость между переменными довольно сильна, что подтверждается плотной группировкой отмеченных точек вокруг наложенной линии, примерно отражающей зависимость.

Но как количественно выразить эту зависимость? Каким числом? На помощь приходит корреляция. Она показывает, насколько близко зависимость между двумя переменными повторяет линейную структуру.

Таблица 8.5. Зависимость экономии топлива автомобиля от его снаряженной массы

Марка/модель автомобиля	Снаряженная масса автомобиля		Экономия топлива	
	фунты	кг	миль на галлон	км/л
Toyota Camry	3140	1424	29	12,3
Toyota Sequoia	4875	2211	17	7,2
Honda Civic	2449	1111	35	14,9
Land Rover Discovery	4742	2151	16	6,8
Mercedes-Benz S500	4170	1892	20	8,5
VW Jetta Wagon	3078	1396	27	11,5
Chrysler 300	3715	1685	22	9,4
Chevrolet Venture	3838	1741	23	9,8
Hyundai Tiburon	2940	1334	27	11,5
Dodge Ram 2500 Quad	6039	2739	11	4,7

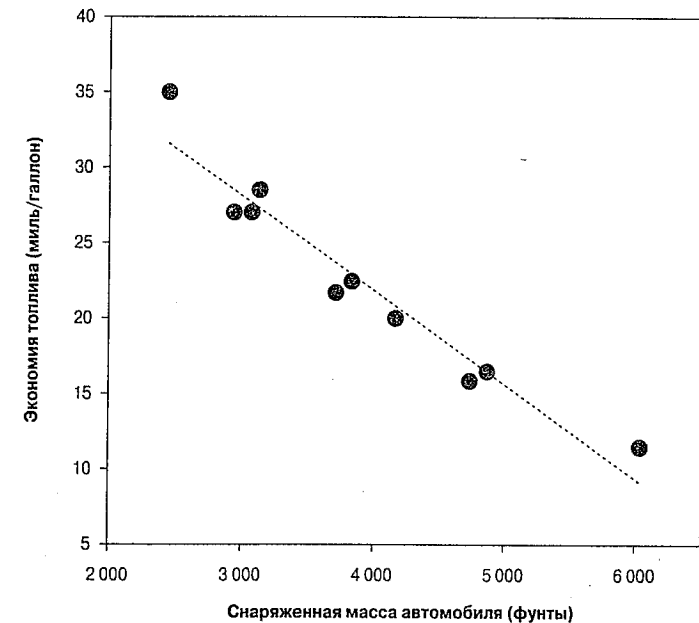


Рис. 8.4. Диаграмма рассеяния зависимости экономии топлива от собственного веса автомобиля

Корреляция показывает нам только то, насколько линейна зависимость между переменными. Поэтому существует опасность упустить из виду более сложные, нелинейные зависимости между ними. Для преодоления этой опасности всегда при проведении корреляционного анализа надо строить графическую диаграмму рассеяния. Это позволит вам зрительно убедиться, действительно ли зависимость между переменными линейна.



Количественно оценить, насколько линейна зависимость между двумя переменными, позволяет следующая формула для вычисления *коэффициента корреляции* ( $r$ ):

$$r = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left( \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma_x} \right) \left( \frac{y_i - \bar{y}}{\sigma_y} \right),$$

где  $n$  — количество пар данных,

$x_i$  и  $y_i$  — отдельные измерения  $x$ -переменной и  $y$ -переменной,

$\bar{x}$  и  $\bar{y}$  — средние значения измерений  $X$  и  $Y$  соответственно,

$\sigma_x$  и  $\sigma_y$  — стандартные отклонения измерений  $X$  и  $Y$  соответственно,

$\Sigma$  — прописная греческая буква, показывающая, что нужно сложить все члены  $\left( \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma_x} \right) \left( \frac{y_i - \bar{y}}{\sigma_y} \right)$  от 1 до  $n$ .

Расчетный коэффициент корреляции всегда находится в пределах от  $-1$  до  $+1$ .

✓ Знак  $r$  говорит о направлении зависимости между переменными.

Если  $r$  больше нуля (положителен), то зависимость между переменными тоже *положительна*: при росте значения одной переменной другая переменная тоже растет.

Если же  $r$  меньше нуля (отрицательный), зависимость между переменными *отрицательна*: при росте значения одной переменной другая переменная убывает, и наоборот.

✓ Абсолютная величина  $r$  (т.е. независимо от знака) говорит о силе зависимости.

Чем ближе  $r$  к  $-1$  или  $+1$ , тем *сильнее* зависимость между переменными.

$r$ , равный  $-1$  или  $+1$ , говорит об идеальной линейной зависимости, когда все точки образуют идеальную прямую линию.

$r$ , близкий к нулю, свидетельствует об отсутствии линейной зависимости между переменными.

Для рассмотренного выше примера с экономией автомобильного топлива расчетный коэффициент корреляции равен:

$$r = \frac{1}{10-1} \sum_{i=1}^{10} \left( \frac{x_i - 3,899}{1,087} \right) \left( \frac{y_i - 23}{7} \right) = \frac{1}{9} (-8,738) = -0,971.$$

Коэффициент корреляции  $r = -0,971$  подтверждает увиденное на диаграмме рассеяния: зависимость между двумя переменными на самом деле линейна и отрицательна. Кроме того, число  $-0,971$  очень близко к  $-1$ , поэтому зависимость очень сильная.



Корреляция, по существу, подтверждает, что между двумя переменными существует линейная зависимость, и количественно показывает, насколько именно она линейна. Но корреляция *не говорит* нам, насколько при изменении одной переменной изменится связанная переменная. Узнать такую информацию можно лишь с помощью определенных инструментов прогнозирования.



Из связанности двух переменных не следует, что одна *вызывает* другую. Например, как показывают исследования, способность человека понимать прочитанное ( $Y$ ) связана с его ростом ( $X$ ). Но следует ли из этого, что рост *вызывает* способность понимать прочитанное (т.е. что между ними существует *причинно-следственная связь*)? Подумаем над этим. У маленьких детей еще не развиты познавательные способности, в том числе способность понимать прочитанное. Но в подростковые годы физичес-

кий рост продолжается, а также продолжается созревание мыслительных способностей и способности к чтению. Ко времени, когда человек становится взрослым, его мозг и мыслительные способности тоже становятся полностью развитыми. Очевидно, рост человека *не вызывает* его способности к чтению. Скорее, рост служит косвенным показателем общей зрелости и роста, включая и развитие познавательных способностей. Поэтому всегда надо быть очень внимательными: не всякая зависимость является причинно-следственной.

## Подгонка кривой

Шаг за пределы корреляции — это подгонка кривой, или определение уравнения кривой, лучше всего соответствующей имеющимся данным. Вооруженные этой информацией, мы определим количественно, какой эффект одна переменная оказывает на другую. Мы также узнаем, какие переменные выступают важными факторами влияния, а какие — всего лишь фоновым шумом. Наконец, мы узнаем, какую часть поведения нашей системы новое уравнение *не объясняет*.

В некоторых редких случаях все точные элементы уравнения  $Y = f(X)$ , связывающего входные факторы  $X$  с выходным  $Y$ , известны заранее, поэтому выполнять подгонку кривой не требуется. Так бывает, если понятна физика процесса или системы или есть какой-то другой источник знания. Такие ситуации называются *детерминистическими*, поскольку мы достоверно знаем, что определенные значения  $X$  всегда приведут к тому же самому точно известному результату  $Y$ , даже при многократном повторении процесса.

Однако в очень многих случаях точная зависимость между переменными  $X$  и  $Y$  *неизвестна*. Это объясняется сложностью системы и неспособностью человека выявить и учесть все факторы, которые действительно влияют на результат. Из-за таких естественных ограничений повторная работа системы не всегда приводит к одному и тому же результату. Эти ситуации называются *статистическими*.

Цель подгонки кривой — составить приблизительное уравнение, которое как можно лучше описывает статистическое поведение системы или процесса. Когда мы создаем приблизительное уравнение для системы, содержащей только один выходной фактор  $Y$  и только один входной фактор  $X$ , такая подгонка кривой называется *простой линейной регрессией*. Если же мы ищем уравнение, содержащее больше одной переменной, это называется *множественной линейной регрессией*.

### Поиск прямой: простая линейная регрессия

В простой линейной регрессии мы предполагаем, что наблюдаемый выходной фактор  $Y$  можно описать уравнением, состоящим из двух частей:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon.$$

Первая часть этого уравнения:  $\beta_0 + \beta_1 X$  ( $\beta$  — греческая буква бета). Вторая часть:  $\varepsilon$  (греческая буква эpsilon). Графически разложение уравнения на две части показано на рис. 8.5.

Из школьного курса алгебры мы знаем, что часть  $\beta_0 + \beta_1 X$  уравнения для  $Y$  представляет собой уравнение прямой линии:  $\beta_0$  показывает, в какой точке эта прямая линия пересекает ось  $Y$ , а  $\beta_1$  отражает наклон прямой. Часть  $\varepsilon$  уравнения — это нормальное, случайное распределение с центральным значением, равным нулю.

В простой линейной регрессии мы математически определяем значения  $\beta_0$  и  $\beta_1$ , чтобы полученная прямая линия как можно лучше соответствовала нашим наблюдаемым парным данным  $X$ - $Y$  с минимальными ошибками. Затем мы определяем, какой ширины должна быть часть  $\varepsilon$ , чтобы охватить всю дополнительную вариацию  $Y$ , еще не охваченную прямой.

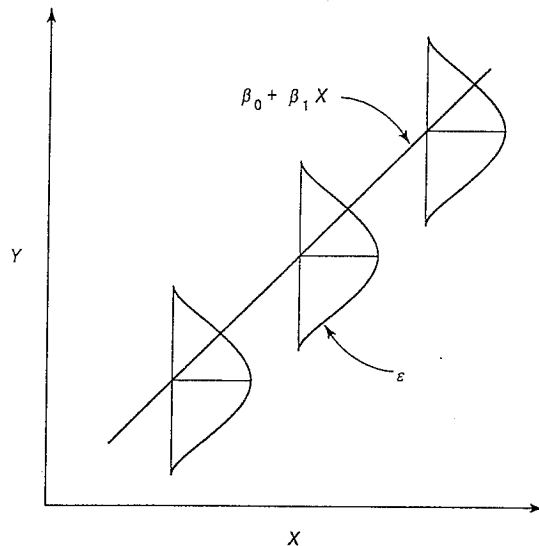


Рис. 8.5. Модель простой линейной регрессии

Уравнение для вычисления параметров  $\beta_0$  и  $\beta_1$ :

$$\beta_1 = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) y_i}{\sum (x_i - \bar{x})^2},$$

где  $x_i$  и  $y_i$  — парные данные для отдельных наблюдений, а  $\bar{x}$  и  $\bar{y}$  — расчетные средние для всех точек  $X$  и  $Y$  соответственно.

Вернемся к нашему примеру с собственным весом и экономией топлива автомобилей (табл. 8.5). Расчетное значение коэффициента  $\beta_1$  оказывается равным 0,00632, а  $\beta_0 = 47,3$ . Поэтому уравнение прямой линии, лучше всего соответствующей нашим исходным данным, принимает вид:

$$\hat{Y} = 47,3 - 0,00632X,$$

где  $Y$  с остроконечной “шапочкой”,  $\hat{Y}$ , представляет оценку или прогноз  $Y$ , а не собственно его наблюдаемое значение. (Примечание. Формула предполагает использование неметрических единиц измерения, т.е. фунтов для веса и миль/галлон для экономии топлива.) Теперь мы получили мощный инструмент прогнозирования. Если, допустим, нас заинтересовала некоторая машина, и ее снаряженная масса составляет 5000 фунтов (2268 кг), мы можем подставить это значение  $X$  непосредственно в уравнение и получить прогнозное значение экономии топлива:

$$\hat{Y} = 47,3 - 0,00632(5000) = 15,7 \text{ (миль на галлон),}$$

или 6,7 км/л.

Мы узнали это даже без пробной поездки (тест-драйва) на заинтересовавшем нас автомобиле!

Но, используя только что полученный инструмент “Шесть сигм”, вы не должны забывать о двух опасных моментах.

- ✓ Нельзя в своих прогнозах намного удаляться от диапазона имеющихся наблюдений. Например, наша формула не подойдет для предсказания экономии топлива для транспортного средства весом 11 000 кг, такого как железнодорожный локомотив. Транспортные средства из этой весовой категории настолько тяжелее легковых автомобилей в табл. 8.5, что в них использованы другие механизмы и технологии, поэтому к нашей прямой линии регрессии они никакого отношения не имеют. Общее правило такое: нельзя экстраполировать прогнозы за пределы диапазона данных, включенных в наше исследование.
- ✓ Заметим, что полученное нами уравнение прямой линии не содержит компонент  $\varepsilon$ . Наша прямая линия прогнозирует только ожидаемое среднее значение экономии топлива. В реальности же фактическое значение отклоняется от прогнозного. Данный эффект учтен компонентом  $\varepsilon$ . В некоторых ситуациях эта случайная вариация доминирует, значительно снижая эффективность предсказаний. Правда, в других случаях мы с помощью уравнения прямой получаем очень близкие к реальности значения.

Теперь научимся вычислять компонент  $\varepsilon$  нашего уравнения регрессии.

### Если обувь по ноге, носите ее: остатки и адекватность подогнанной модели

Для каждой  $i$ -той точки в нашем исследовании мы можем рассчитать ошибку  $e_i$  — она показывает, насколько прогнозная прямая уравнения удалена от наблюдаемых данных. Например, в табл. 8.5 указано, что снаряженная масса автомобиля Toyota Camry составляет 3140 фунтов, а его экономия топлива — 29 миль на галлон. Но если подставить значение веса в полученное нами уравнение простой линейной регрессии, прогнозная экономия топлива составит:

$$\hat{Y} = 47,3 - 0,00632(3140) = 27,49 \text{ (миль на галлон).}$$

Разность между наблюдаемым и прогнозным значениями экономии топлива равна:

$$e_1 = Y_1 - \hat{Y}_1 = 29 - 27,49 = 1,51 \text{ (миль на галлон),}$$

или 0,64 км/л.

Точно так же мы рассчитываем ошибки  $e_i$  для каждого из девяти других наблюдений в нашем регрессионном исследовании. Эти ошибки называются *остатками*, поскольку они остаются после прогнозирования с помощью уравнения регрессии.

Исходное предположение прогнозного линейного уравнения состоит в том, что существует вторая часть уравнения,  $\varepsilon$  — это нормальное, случайное распределение с центральным значением, равным нулю. Вариация проявляется в остатках и имеет колоколообразную форму, показанную на рис. 8.5.

Самым эффективным способом проверить достоверность полученного прогнозного линейного уравнения является зрительное изучение остатков. Мы должны убедиться в том, что они ведут себя так, как мы предполагаем. Иногда приходится провести до четырех разных видов графической проверки остатков.

- ✓ Диаграмму рассеяния остатков  $e_i$  как функции прогнозных значений  $\hat{Y}$ , полученных из выведенного нами уравнения.
- ✓ Диаграмму рассеяния остатков  $e_i$  как функции наблюдаемых данных  $X$ .
- ✓ Дополнительные диаграммы рассеяния остатков  $e_i$  как функции любых других переменных  $X$ , которые мы не включили в уравнение.

✓ Диаграмму остатков  $\varepsilon_i$  как функции предыдущих остатков  $\varepsilon_{i-1}$ , если мы собирали исходные данные последовательно во времени.

При каждой графической проверке следует обращать внимание на две вещи.

- ✓ Вариация не должна иметь очевидной структуры, т.е. должна быть действительно случайной, как облако рассеянных точек.
- ✓ Центральным значением вариации остатков должен быть ноль.

На рис. 8.6, 8.7 и 8.8 приведены примеры диаграммы проверки остатков для предыдущего примера с собственным весом и экономией топлива автомобилями (см. табл. 8.5).

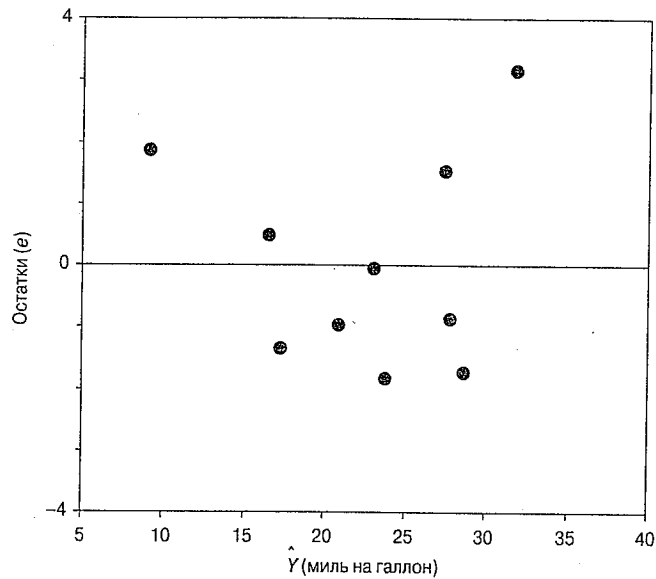


Рис. 8.6. Диаграмма остатков как функции соответствующих прогнозных значений  $\hat{Y}$ . Проверьте, что вариация во времени нормальна и ее центральное значение равно нулю

Все три диаграммы на рис. 8.6, 8.7 и 8.8 выглядят правильными. В каждом случае остатки совершенно случайны и нормально распределены вокруг нулевого центрального значения. Теперь мы вправе заключить, что выведенное нами линейное уравнение достоверно.

А как будет выглядеть диаграмма остатков в случае неправильных данных? На рис. 8.9 приведены два примера недостоверной простой линейной регрессии. На рис. 8.9 (а) центральное значение вариации остатков не равно нулю; диаграмма имеет некоторую криволинейную структуру. На рис. 8.9 (б) вариация остатков не однородна — меньшие значения переменной  $X$  создают большую вариацию остатков, чем большие значения этой переменной.

Существует и другой способ проверить, насколько хороша выведенная нами регрессионная модель. Необходимо рассмотреть вариацию выходной переменной  $Y$ . Эту новую оценку выполняют на основе квадратичной ошибки.

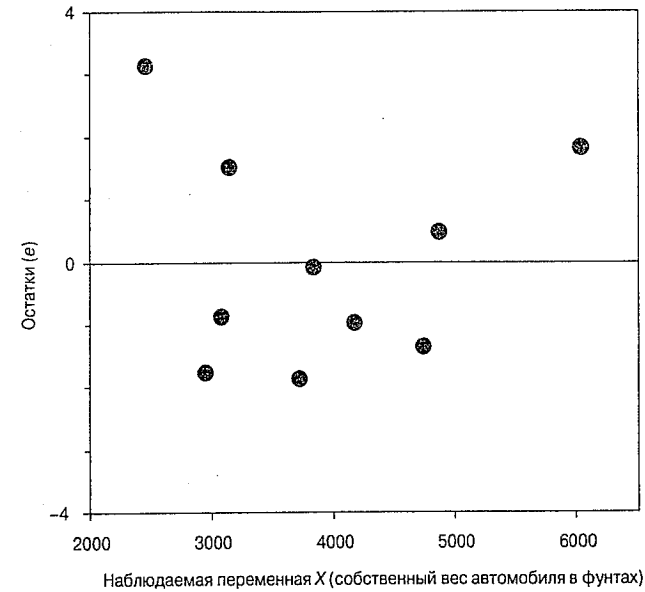


Рис. 8.7. Диаграмма остатков как функции наблюдаемой переменной  $X$  (снаряженная масса автомобиля в фунтах)

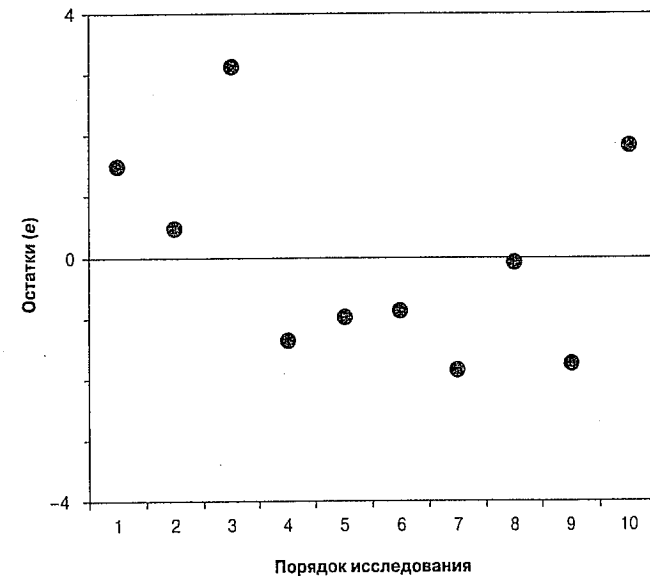


Рис. 8.8. Диаграмма остатков, построенная в порядке измерения данных в исследовании. Проверьте, что вариация во времени нормальна и ее центральное значение равно нулю

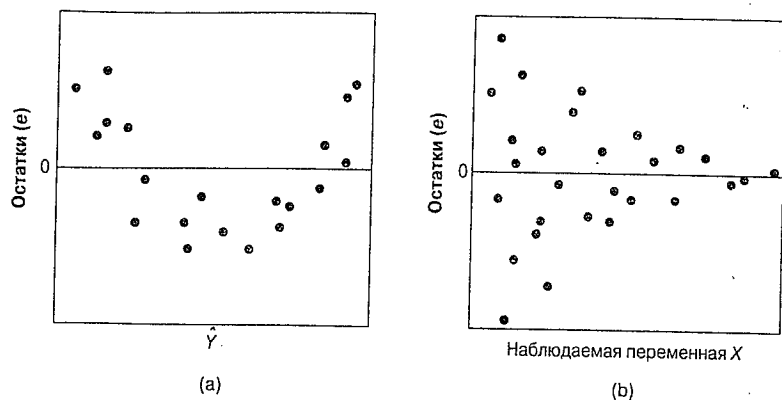


Рис. 8.9. Примеры неправильного поведения диаграмм остатков

Полную квадратичную ошибку (ПКО (SSTO)) выходной переменной  $Y$  можно записать так:

$$ПКО = \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2,$$

где  $Y_i$  — это  $n$  наблюдаемых выходных значений.

Аналогично запишем квадратичную ошибку, обусловленную только выведенным нами регрессионным уравнением (РКО (SSR), регрессионная квадратичная ошибка):

$$РКО = \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2,$$

где  $\hat{Y}_i$  — это прогнозные оценки для  $n$  наблюдаемых значений.

Наконец, квадратичную ошибку остаточной вариации  $\varepsilon$  (ОКО (SSE), остаточная квадратичная ошибка) выражаем так:

$$ОКО = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2.$$

Эти три вида квадратичной ошибки связаны простым уравнением:

$$ПКО = РКО + ОКО.$$

Используя три вида квадратичной ошибки, мы выполняем три важных теста.

### 1. Рассчитываем коэффициент детерминации, $R^2$ (R-квадрат), для нашей прогнозной модели.

Коэффициент детерминации — это отношение регрессионной квадратичной ошибки (РКО) к полной квадратичной ошибке (ПКО):

$$R^2 = \frac{РКО}{ПКО}.$$

Коэффициент детерминации  $R^2$  показывает, какая часть полной наблюдаемой вариации обусловлена нашей линейной моделью. Это число должно быть не менее 80%. Другими словами, за оставшиеся 20% или меньше отвечает необъясненная вариация  $\varepsilon$ .

При высоком значении  $R^2$  мы знаем, что наши прогнозы будут достаточно точными и их не перекроет необъясненная вариация.

Для примера с автомобилями (см. табл. 8.5) коэффициент детерминации равен:

$$R^2 = \frac{424,2}{450,1} = 0,94.$$

Очень хороший коэффициент. Девяносто четыре процента наблюдаемой вариации объясняются созданной нами линейной моделью. Значит, всего шесть процентов вариации мы не в состоянии объяснить, поскольку они обусловлены случайностью.

### 2. Количественно выражаем необъясненную вариацию $\varepsilon$ через ее стандартное отклонение.

Вспомним, что  $\varepsilon$  представляет случайное, нормальное распределение вокруг нулевого центрального значения. Эта величина выступает неотъемлемой частью нашего прогнозного линейного уравнения. Но насколько велика данная вариация?

Оценку стандартного отклонения распределения  $\varepsilon$  можно рассчитать с помощью на удивление простого уравнения:

$$\hat{\sigma}_\varepsilon = \sqrt{\frac{ОКО}{n-2}}.$$

Эта оценка нужна, если мы хотим смоделировать то, что может произойти в действительности. С помощью нашей созданной линейной модели мы прогнозируем среднее или ожидаемое значение выходного фактора  $\hat{Y}$ , а затем прибавляем к нему случайное число, созданное на основе распределения  $\varepsilon$  — со средним, равным нулю, и стандартным отклонением, равным  $\hat{\sigma}_\varepsilon$ . Так мы моделируем то, что могло бы произойти, если бы наш процесс или характеристика повторялись многократно.

Для примера с автомобилями (см. табл. 8.5) мы оцениваем стандартное отклонение необъясненной вариации как:

$$\hat{\sigma}_\varepsilon = \sqrt{\frac{25,9}{10-2}} = 1,80 \text{ (миль на галлон)},$$

или 0,77 км/л.

### 3. Выполняем $F$ -тест для количественной оценки нашей уверенности в правильности полученной регрессионной модели.

Еще одна проверка правильности созданного нами линейного уравнения состоит в статистическом сравнении вариации, которая объясняется регрессионной моделью, с необъясненной вариацией.

Следующий способ математически представить вариацию регрессионной модели — через оценку ее дисперсии:

$$\hat{\sigma}_{REG}^2 = РКО.$$

И мы уже знаем — из второго шага, — что:

$$\hat{\sigma}_\varepsilon^2 = \frac{ОКО}{n-2}.$$



Отношение дисперсии  $\hat{\sigma}_{PEГ}^2$  к дисперсии  $\hat{\sigma}_\varepsilon^2$  мы уже использовали при расчете доверительного интервала для сравнения размеров двух разных распределений. Поэтому если

$$\frac{\hat{\sigma}_{PEГ}^2}{\hat{\sigma}_\varepsilon^2} \geq F(2, n-1),$$

то мы вправе утверждать с достоверностью 95% или 99% — выбираем любой уровень, — что созданная нами прогнозная модель на самом деле правильна.

Если в примере с автомобилями (см. табл. 8.5) мы хотим быть на 99% уверены в наших десяти данных ( $n = 10$ ),  $F$ -тест дисперсий принимает вид:

$$\frac{424,2}{25,9} = 16,4 \geq 11,259 = F(2, 9).$$

Поскольку расчетное значение отношения 16,4 больше критического  $F$ -значения при 99%, мы можем с 99%-ной уверенностью заключить, что наша модель верна.

### Инструменты для подгонки линий

Простая линейная регрессия становится распространенной практикой. Например, каждый, у кого есть компьютерная программа Microsoft Excel, может измерить значения переменных  $X$  и  $Y$  и почти тут же построить по ним диаграмму рассеяния. Затем, нажав всего несколько клавиш на клавиатуре компьютера, вы запускаете встроенную программу, которая автоматически построит прямую линию, подогнанную под точки измерений.

Если у вас есть компьютер и на нем установлена программа Microsoft Excel, опробуйте ее на примере с экономией топлива автомобилей, зависящей от их собственного веса (см. табл. 8.5).

1. Введите данные из табл. 8.5 в Excel в виде двух столбцов — один для собственного веса автомобиля ( $X$ ) и другой для экономии топлива ( $Y$ ).
2. Выделите на листе Excel введенные данные и создайте диаграмму рассеяния  $XY$ , названную в русскоязычной версии программы “Точечной”.
3. Щелкните правой кнопкой мыши непосредственно на диаграмме и из раскрывающегося контекстного меню выберите команду *Добавить линию тренда*. Отметьте вариант *Линейная* и щелкните на кнопке *OK*.

При этом сразу же автоматически появится прямая линия, имеющая правильные  $\beta_0$  и  $\beta_1$ , а также оптимально подогнанная под ваши точки!

4. Сделав на этой линии тренда двойной щелчок мышью, вы получите возможность по своему желанию вывести на экран уравнение линии и коэффициент детерминации  $R^2$ .

Результаты этих действий показаны на рис. 8.10.

Minitab, JMP и другие программные инструменты статистического анализа имеют столько разнообразных возможностей, что построение простых линейных регрессий превращается в увлекательную игру!

### Подгонка кривых: множественная линейная регрессия

Мы узнали, как создавать и проверять прогнозную модель, связывающую одну переменную  $X$  с  $Y$ . Но как быть в ситуациях, когда на  $Y$  влияют несколько переменных  $X$ ? Очевидно, такое встречается гораздо чаще, чем ситуация с единственной  $X$ .

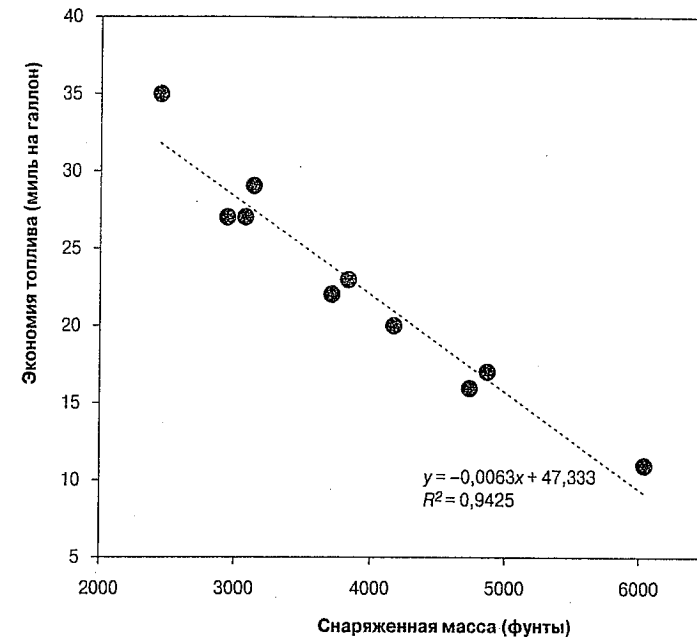


Рис. 8.10. Простая линейная регрессионная модель, автоматически построенная в программе Microsoft Excel. Заметим, что по вашему желанию вы можете отображать на диаграмме уравнение регрессии и расчетное значение  $R^2$

Основное в “Шесть сигм” уравнение  $Y = f(X)$  для нескольких  $X$  принимает вид

$$Y = f(X_1, X_2 \dots X_n)$$

и называется множественной линейной регрессией.

В общей форме модель множественной линейной регрессии является просто расширением модели простой линейной регрессии. Например, для системы, в которой  $Y$  зависит одновременно от  $X_1$  и  $X_2$ , множественная линейная регрессионная модель выглядит так:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \beta_3 X_{i1}^2 + \beta_4 X_{i2}^2 + \beta_5 X_{i1} X_{i2} + \varepsilon_i.$$

Это уравнение содержит пять разных членов.

1.  $\beta_0$ . Это *общий эффект*. Данный член уравнения задает начальный уровень для всех других эффектов, независимо от конкретных значений переменных  $X$ .
2.  $\beta_i X_i$ . Это члены уравнения, обеспечивающие *основные эффекты*. Так же как в простой линейной регрессионной модели, данные члены отражают линейный эффект, который каждый  $X_i$  оказывает на выходной фактор  $Y$ . Величину и направление влияния отражают соответствующие коэффициенты  $\beta_i$ .
3.  $\beta_{ii} X_i^2$ . Это эффекты *второго порядка*, или *квадратичные* для каждой переменной  $X$ . Такой эффект не линейный, а квадратичный, поскольку переменная возведена во вторую степень. Как и прежде, величину и направление каждого из этих эффектов второго порядка отражают соответствующие коэффициенты  $\beta_{ii}$ .

4.  $\beta_{12}X_1X_2$ . Это эффект взаимодействия. Данный член уравнения отражает комбинированное воздействие входных переменных на выходную переменную  $Y$ . Величину и направление эффекта взаимодействия отражает коэффициент  $\beta_{12}$ .
5.  $\varepsilon$ . Этот член уравнения отражает всю случайную вариацию, которую нельзя объяснить всеми другими членами.  $\varepsilon$  распределено нормально вокруг центрального значения ноль.

Уравнение множественной линейной регрессии подгоняется гораздо лучше, чем простая линия. Оно подойдет для кривых, трехмерных поверхностей и даже абстрактных зависимостей в  $n$ -мерном пространстве! Множественная линейная регрессия пригодится почти повсюду.

Процесс выполнения множественной линейной регрессии такой же, как и в случае простой линейной регрессии.

1. Соберите данные для переменных  $X$  и  $Y$ .
2. Оцените коэффициенты множественной линейной регрессии.

Когда переменных  $X$  больше одной, уравнения для вычисления коэффициентов  $\beta$  становятся очень сложными и утомительными. В таких случаях не обойтись без компьютерных программ статистического анализа. Иначе придется закупить полную коробку карандашей и засучить рукава!

3. Проверьте остаточные значения для подтверждения исходных предположений множественной линейной регрессионной модели.

Проверка нормальности остатков критична. Если вариация остатков не распределена вокруг нуля, не случайна и ненормальна, то исходные предположения множественной линейной регрессионной модели не выполняются, а модель неверна.

4. Выполните статистические тесты, чтобы выяснить, какие члены множественного линейного регрессионного уравнения значимы (и их надо сохранить в модели), а какие нет (и их следует удалить).

Некоторые члены в уравнении множественной регрессии незначимы. Определить, какие именно, можно, выполнив  $F$ -тест для каждого из них. Если вклад некоторого члена уравнения в вариацию мал в сравнении с остаточной вариацией, то он не проходит  $F$ -тест и может быть удален из уравнения.

Наша цель — максимально упростить регрессионное уравнение, при этом добившись максимального значения метрики соответствия  $R^2$ . Общее правило гласит: чем проще, тем лучше. Поэтому при наличии двух регрессионных уравнений с одним и тем же значением  $R^2$ , следует выбирать уравнение с меньшим количеством самых простых членов.

Обычно первыми удаляются члены самого высокого порядка. Просто очень мала вероятность того, что квадратичный член или член взаимодействия будут статистически значимы.

Многие более мощные программные средства статистического анализа даже имеют встроенный алгоритм автоматического поиска различных комбинаций членов уравнения с одновременной максимизацией  $R^2$ .

5. Рассчитайте заключительный коэффициент детерминации  $R^2$  для множественной линейной регрессионной модели.

С помощью метрики  $R^2$  количественно оцените, какую часть наблюдаемой вариации объясняет ваше заключительное уравнение.

По мере того как эффективное аналитическое программное обеспечение становится доступнее, все большая аудитория получает возможность использовать такой мощный метод, как множественная линейная регрессия.

## Глава 9

# Добиваемся цели

В этой главе...

- ✓ Преимущества плановых экспериментов
- ✓ Правила и терминология экспериментов
- ✓ Полные  $2^k$ -факторные эксперименты

**К**онцепция “Шесть сигм” направлена на улучшение, и для этого она предлагает чрезвычайно мощные инструменты в помощь нашим усилиям по улучшению. Главным среди них выступают эксперименты. В “Шесть сигм” сначала разрабатывается эксперимент, после чего проводится. Потом наступает стадия анализа, на которой и обнаруживаются ранее скрытые знания.

Разработка экспериментов (РЭ (DOE)) всегда составляла техническую основу “Шесть сигм”. Подобно тому как изобретения порождаются необходимостью, область РЭ развилась вследствие необходимости понять, а затем и улучшить мир вокруг нас. В данной главе мы рассмотрим этот вопрос детально.

## Зачем нужны эксперименты? Энергия улучшения, заложенная в экспериментах “Шесть сигм”

Как добиться улучшений? Искра, из которой возгорится пламя улучшений, возникает из пытливого ума, стремящегося к гармонии.

### Что это вообще такое — эксперимент

В исследованиях на основе наблюдений, или в наблюдательных исследованиях (см. главу 7), мы просто играем роль стороннего зрителя, который регистрирует данные по мере их возникновения и пытается понять окружающий мир за счет внимательного наблюдения за ним. В исследованиях такого вида мы просто пассивно ждем, какие значения примут входные факторы  $X$  системы или процесса, и при этом регистрируем соответствующие значения выходного фактора  $Y$ .

Экспериментальные исследования (или просто эксперименты) отличаются от наблюдательных по одному фундаментальному признаку: в них мы не просто пассивно наблюдаем за тем, какие значения принимают входные факторы  $X$ , а целенаправленно устанавливаем и контролируем эти значения. В экспериментальном исследовании мы деятельно меняем ход процесса и управляем им.

Эксперименты обеспечивают больший уровень понимания и знаний, чем наблюдательные исследования. Достаточно вспомнить о тех многочисленных наблюдениях, выполнявшихся в течение десятилетий в таких областях, как медицина, образование, экономическая политика,

диета и т.д. Десятки и десятки наблюдательных исследований всего лишь ненамного повышали наши знания в этих сферах; например, до сих пор ведутся дискуссии о том, какие конкретно продукты составляют основу здорового питания. Эксперименты, наоборот, благодаря целенаправленному воздействию на факторы, почти всегда позволяют получить больше знаний, чем через наблюдения. По этой причине разработка и анализ экспериментов — даже несмотря на сложность такой работы — всегда были основными столпами программы “Шесть сигм”, посвященной прорывному улучшению.

## Цель экспериментов “Шесть сигм”

Любой эксперимент “Шесть сигм” нацелен на лучшее понимание фундаментальной зависимости  $Y = f(X)$  между входными и выходными факторами улучшаемых процесса или системы. Эксперименты позволяют нам выполнить следующее.

- ✓ Понять, какие входные факторы  $X$  существенно влияют на выходной фактор  $Y$ , а какие  $X$  — несущественны (незначимы).
- ✓ Сформулировать и выразить количественно математическую зависимость между значимыми  $X$  и выходным фактором  $Y$ .
- ✓ Статистически подтвердить, что в процессе или системе произошли изменения или улучшения.
- ✓ Определить, на какие значения установить значимые  $X$ , чтобы их комбинированный эффект привел к оптимальному значению выходного фактора  $Y$ .

Лишь немногие виды деятельности в “Шесть сигм” обеспечивают аналогичное понимание и возможности изменений, как эксперименты. Потому что правильно разработанные эксперименты позволяют раскрыть, оценить количественно и подтвердить основную зависимость процесса или системы, т.е.  $Y = f(X)$ .

## Эксперименты со словами

Область разработки и анализа экспериментов возникла гораздо раньше, чем “Шесть сигм”. В результате в последней прижилось несколько уникальных терминов. Приведем ряд заслуживающих внимания, которые вам стоит знать, и объясним их связь с “Шесть сигм”.

- ✓ Термином *отклик* обозначают результат процесса, исследуемого в эксперименте. В “Шесть сигм” отклик синонимичен термину “выходной фактор  $Y$ ” в уравнении  $Y = f(X)$ . Вся суть эксперимента в том, чтобы понять, какое комбинированное воздействие входные факторы  $X$  оказывают на отклик  $Y$ .
- ✓ Входные характеристики, или переменные, которые мы целенаправленно контролируем во время эксперимента, называются экспериментальными *факторами*. Иногда их также называют *условиями*, *переменными* или *входными факторами*. В любом случае экспериментальные факторы — это переменные  $X$  в уравнении “Шесть сигм”  $Y = f(X)$ .
- ✓ В эксперименте для каждого экспериментального фактора выбирается два или больше значений, которые называются *уровнями* данного фактора. При разработке эксперимента необходимо решить, сколько уровней использовать для каждого фактора.
- ✓ Все процессы и системы имеют вариацию. Часть экспериментального исследования состоит в *повторении* эксперимента в целом или его части, чтобы понять масштаб фактической вариации. (Еще употребляют термин *повторения*.) При разработке плана эксперимента мы должны решить, какую часть эксперимента и сколько раз необходимо повторить.

- ✓ Каждый эксперимент состоит из серии *циклов*. А каждый цикл, в свою очередь, из уникального, заранее заданного набора значений для каждого фактора. Вы проводите процесс или систему через один цикл с этими входными значениями и регистрируете значения выходного фактора. Таков один цикл эксперимента.

## Конец игры в эксперименте “Шесть сигм”

Известно, что знания — сила. Эксперименты “Шесть сигм” подтверждают данное изречение.

Сила экспериментов “Шесть сигм” заключается в том, что они позволяют сформулировать, выразить количественно и проверить зависимость  $Y = f(X)$  процесса или системы. Знание формы и компонентов уравнения  $Y = f(X)$  для системы буквально открывает нам окно в прошлое, настоящее и — что важнее всего — в будущее.

По завершении эксперимента получаем уравнение  $Y = f(X)$ , в котором указаны критичные входные факторы  $X$  и количественная оценка их влияния на результат  $Y$ . Например, если мы работаем над маркетинговым планом повышения осведомленности потребителей о торговой марке (это выходной фактор  $Y$ ), то в результате эксперимента “Шесть сигм” получим уравнение, которое подскажет нам, какие виды рекламы — в газетах, на радио, телевидении, в Интернете и т.д. — и как часто повторять (входные факторы  $X$ ), чтобы достичь намеченного улучшения. Еще один пример. Если вы управляете производством пластиковых печатей и хотите добиться необходимого уровня их прочности ( $Y$ ), то после соответствующих экспериментов получите уравнение, которое точно покажет вам, какова оптимальная температура формовочного пресса ( $X_1$ ), сколько добавлять пигмента ( $X_2$ ) и какое установить рабочее давление пресса ( $X_3$ ). Во всех случаях, независимо от вида изучаемых данных (непрерывные или атрибутивные), успешный эксперимент дает нам подробные и конкретные сведения о том, какие входные факторы  $X$  влияют на результат  $Y$  и как сильно.

Такой уровень знания системы или процесса позволяет нам немедленно перейти от пассивного наблюдения за результатом процесса в надежде на успех к деятельному мониторингу выявленных ключевых входных факторов и контролю над ними, что обязательно приведет к желаемому результату. Так мы вступаем в новый мир прорывного улучшения.

## Сначала думай, затем действуй: обдумываем эксперимент

Метод проб и ошибок — когда наугад “играют” с входными факторами процесса или системы — соблазнительно прост, ведь в каждом из нас заложено желание одним махом устранить проблему. Однако в более долгосрочной перспективе почти универсальный путь к более быстрому и лучшему решению лежит через тщательное планирование.

## Франкенштейну следовало бы работать по плану

С чего начинать эксперименты?

### Метод проб и ошибок

Многие люди начинают эксперименты так: засучивают рукава и беспорядочно “играют” с экспериментальными переменными и их результатами — наугад “крутят ручки”, интуитивно меняют установки и смотрят, что из этого получится. Поэтому данный метод иногда иронично называют “методом научного тыка”. При этом исследования и интерпретация результатов имеют ненадежную основу в виде суждений и интуиции.

Однако по очевидным причинам такой неструктурированный, бессистемный подход редко повышает наши знания. Правда, порой нам везет, но полагаться только на удачу не стоит.

### Метод “один фактор за раз”

На противоположном конце спектра находится крайне структурированный подход: выделить одну входную переменную и изучить ее эффект на результат (пофакторный метод). При этом все остальные факторы следует поддерживать на постоянном уровне, а избранную входную переменную менять вдоль исследуемого рабочего диапазона. После чего повторить такое тонкое сканирование для всех других входных переменных по очереди и по отдельности.

Однако данный метод имеет два недостатка.

- ✓ Метод “один фактор за раз” (пофакторный метод) неэффективен и дорогостоящий. Сканирование возможного рабочего диапазона по очереди и по отдельности для каждой входной переменной оборачивается огромным количеством экспериментальных циклов. Если в системе не одна переменная, такой пофакторный подход становится громоздким и неоправданно дорогим.
- ✓ Результаты пофакторных экспериментов часто обманчивы. Выделяя отдельную переменную, мы автоматически исключаем возможность комбинированного воздействия двух или более входных факторов на результат. Но такие эффекты взаимодействия — неизбежная часть реальности. Рассмотрим выпечку торта. Вкусный результат ( $Y$ ) является функцией нескольких входных переменных  $X$ , таких как количество муки, количество яиц, температура духовки, время выпекания и т.д. Но очевидно, что правильное значение переменной “время выпекания” зависит от значения переменной “температура духовки”. Названные две переменные взаимодействуют между собой, но пофакторные эксперименты никогда бы не обнаружили эту существенную зависимость. Поэтому есть опасность, что мы придем к необоснованным выводам или вообще упустим из виду важную информацию.



Пофакторный метод допустимо использовать только в тех случаях, когда процесс или система имеют только одну входную переменную. Эта возможность появляется благодаря отсутствию в системе с единственным  $X$  эффекта взаимодействия.

### Подход “Шесть сигм” — делать несколько вещей одновременно

Итак, мы узнали недостатки бессистемного и пофакторного подходов. А существует ли лучший способ? Да. Надежный подход к экспериментам предоставляет “Шесть сигм”. Данный метод имеет следующие достоинства:

- ✓ эффективное накопление информации о процессе или системе;
- ✓ четкое понимание процесса или системы, включая знания о взаимодействии переменных;
- ✓ возможность количественно оценить собранный объем знаний о системе, а также объем знаний, еще нам неизвестных.

Экспериментальный подход “Шесть сигм” включает лучшую практику из различных научных дисциплин. За многие годы ученые разработали экспериментальные планы, позволяющие эффективно получать большой объем информации. Назовем ключевые элементы подхода “Шесть сигм”.

- ✓ Планирование эксперимента до его выполнения. “Сначала думай, затем действуй” — это мантра любого квалифицированного экспериментатора. Тщательно пла-

нируя эксперимент, мы тем самым повышаем ценность его результатов, при этом минимизируя необходимое количество усилий и денег.

- ✓ Одновременное изучение эффектов более чем одной входной переменной. Снижаются затраты экспериментов, а также удается обнаружить иногда ускользающие эффекты взаимодействия, и даже те из них, о которых раньше никто и не подозревал.
- ✓ Минимизация количества необходимых циклов в эксперименте. Даже удивительно, как много информации можно узнать из небольшого количества правильно спланированных экспериментальных циклов.
- ✓ Возможность повторять ключевые экспериментальные условия для оценки вариации. Частью любого эксперимента является понимание того, насколько поведение системы или процесса детерминистическое, а насколько определяется случайной вариацией.
- ✓ Возможность учесть известные и неизвестные факторы, которые непосредственно не включены в эксперимент. В экспериментах невозможно учесть все. Однако есть способы помешать этим досадным факторам исказить результаты эксперимента.

### Лучше всего — простой, последовательный и систематический подход

Москва не сразу строилась. Правильно спланированные эксперименты отвечают более общей стратегии постепенного приближения к идеальному решению задачи улучшения.

### Проблема с суперэкспериментами типа “вскипятить океан”

Сила плановых экспериментов столь велика, что от открывающихся возможностей у нас может закружиться голова. Но надо остерегаться искушения решить любую проблему одним махом, т.е. используя один масштабный, отлично разработанный суперэксперимент. Класть все яйца в одну экспериментальную корзину не стоит по ряду причин.

- ✓ Желание выполнить один суперэксперимент на основе только тех знаний, которые у нас есть до его начала, вынуждает нас рассматривать все переменные, которые, как мы считаем, имеют отношение к делу. В результате мы получаем длинный список потенциальных  $X$  и, следовательно, погружаемся в длительные, дорогостоящие, громоздкие экспериментальные исследования.
- ✓ За то время, пока мы выполняем длительный суперэксперимент, могут появиться какие-то новые неизвестные факторы, искажающие его условия и результаты.
- ✓ Без предварительных знаний сложно понять, какие значения и диапазоны назначить каждому экспериментальному входному фактору  $X$ .
- ✓ Проведение экспериментов требует времени и денег. И если вдруг в проводимом суперэксперименте что-то начнет не получаться, или всплывет новая информация, в результате чего потребуется изменить исходные предположения, то может оказаться, что к этому моменту наши экспериментальные бюджет и ресурсы уже исчерпаны.

### Поступательный, итерационный подход

Эффективные и стабильно приводящие к успеху экспериментальные исследования возможны при поступательном, итерационном (т.е. повторяющемся) подходе.

- ✓ Отсеивающие эксперименты. На первой стадии эксперименты охватывают большое количество факторов или переменных. В начале исследования процесса или системы мы выявляем все потенциальные  $X$ , которые могут повлиять на результат  $Y$ .

Суть отсеивающего эксперимента в том, чтобы быстро проверить, какие из этих факторов действительно оказывают значительный эффект на результат.

- ✓ **Характеризующие эксперименты.** Отсев незначимых переменных, мы переходим к экспериментам, в ходе которых характеризуем и количественно оцениваем эффект оставшихся немногих критичных входных факторов. Эти характеризующие эксперименты показывают, какую форму и масштаб принимают критичные факторы в уравнении  $Y = f(X)$  для нашего процесса или системы.
- ✓ **Оптимизационные эксперименты.** Охарактеризовав процесс или систему, мы переходим к заключительной стадии экспериментов, на которой выясняем, какие значения присвоить входным переменным, чтобы получить желаемый результат. Таким может быть максимизация или минимизация значения выходного фактора. Или же достижение определенного целевого уровня. Чаще всего целью будет просто минимизировать величину вариации выходного фактора  $Y$ . В ходе оптимизационных экспериментов мы находим те значения переменных  $X$ , которые обеспечат нам целевое значение  $Y$ .

Эксперименты трех видов — отсеивающие, характеризующие и оптимизационные — имеют совершенно разные цели. Поэтому они также отличаются по форме и плану.

На рис. 9.1 изображен поступательный и итерационный подход, использованный в экспериментах “Шесть сигм”.

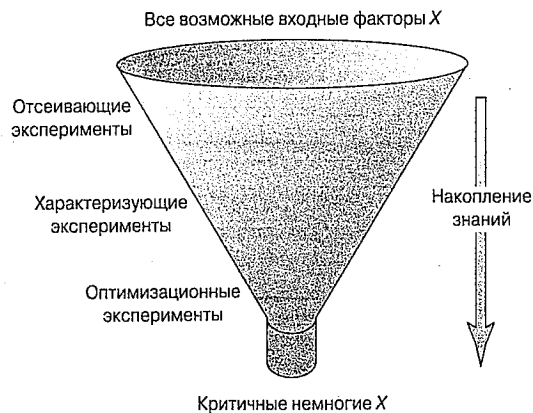


Рис. 9.1. Поступательный и итерационный подход, использованный в экспериментах “Шесть сигм”

## $2^k$ -факторные эксперименты

Разработка и анализ экспериментов — тема достаточно объемная, чтобы ей посвятить отдельную книгу из серии ...для “чайников”. Но мы, чтобы ускорить процесс, покажем в данном разделе настоящей главы, как планировать, проводить и анализировать эксперименты самого общего вида —  $2^k$ -факторные (читается “два в степени  $k$ ”).  $2^k$ -факторные эксперименты легко преобразовать в форму отсеивающих, характеризующих или оптимизационных. А по ходу дела мы познакомим вас с другими видами экспериментальных планов и вариаций, которые используются в “Шесть сигм”.

## Планирование эксперимента

Как почти в любой другой деятельности, время, потраченное на планирование, окупается лучшими результатами за короткий период. Планирование  $2^k$ -факторных экспериментов выполняется по простой схеме, которая изложена в следующих разделах.

### Выбор экспериментальных факторов

Первый шаг планирования состоит в идентификации тех входных переменных  $X$ , которые вы включите в свое экспериментальное исследование. Эти факторы должны потенциально влиять на исследуемый результат  $Y$ .

От количества факторов, включенных в эксперимент, зависит выбор его схемы. Так,  $2^k$ -факторные эксперименты лучше всего работают для двух-пяти  $X$ . Но если переменных  $X$  больше пяти,  $2^k$ -факторные эксперименты становятся относительно неэффективными, и их лучше заменить упрощенными версиями, названными *дробными факторными экспериментами*, или другими отсеивающими схемами.

Хорошая стратегия состоит в том, чтобы включить все потенциальные  $X$  в первый отсеивающий эксперимент, — даже те, к которым вы сами относитесь скептически. Анализ результатов объективно скажет вам, без ваших догадок, какие переменные включить в дальнейшие исследования, а какие отбросить. Помните, что в “Шесть сигм” говорят данные.



Опыт экспериментирования подтверждает *принцип Парето*, который мы ввели в главе 7: даже если вы включаете в эксперимент десятки входных факторов, лишь небольшое количество этих  $X$  имеют значимый эффект на выходной отклик. Если вначале у вас есть больше четырех или пяти факторов, то целью эксперимента будет отсеять большинство тривиальных факторов от немногих критичных. Затем вы проводите характеризующие эксперименты, чтобы получить подробную информацию об оставшихся нескольких критичных факторах.



Возможно, вы слышали об *экспериментальных схемах Плэкета-Бермана* — мощном методе эффективного просеивания десятков потенциальных  $X$ . Хотя они не обнаруживают всю ту детальную информацию, которую дают  $2^k$ -факторные эксперименты, схемы Плэкета-Бермана позволяют быстро выяснить, какие экспериментальные переменные *активны* в системе или процессе. Затем следует провести более детальные характеризующие эксперименты.

### Установка уровней факторов

Все  $2^k$ -факторные эксперименты имеют одну общую особенность — в них используются только два уровня каждого входного фактора. (Именно на это указывает цифра 2 в символе  $2^k$ ! А показатель степени  $k$  представляет количество факторов, включенных в эксперимент.) Для каждого  $X$  в вашем эксперименте вы устанавливаете значение высокое или низкое, которыми и ограничен диапазон исследований.

Допустим, например, что вы хотите улучшить процесс заполнения мороженым картонной емкости. Каждая заполненная коробка объемом полгаллона (1,9 литра) должна весить 1235–1290 граммов. В результате предыдущей работы по программе “Шесть сигм” вы идентифицировали сорт мороженого, значения времени и давления, установленные на наполняющем аппарате, как возможные входные факторы  $X$ , влияющие на выходную переменную  $Y$  (вес заполненной полугаллонной коробки). В ходе эксперимента вы теперь должны для каждого из этих трех факторов установить по очереди два значения — высокое и низкое.

Поскольку для каждого фактора имеется только два значения, вы выбираете их так, чтобы они охватили весь ожидаемый рабочий диапазон входной переменной. Например,

для переменной сорта мороженого указываете такие два крайних значения: ванильное и клубничное. В табл. 9.1 приведены выбранные нами экспериментальные переменные и их значения.

Таблица 9.1. Значения переменных для эксперимента с заполнением коробки мороженым

Переменная	Символ	“Низкое” значение	“Высокое” значение
Сорт мороженого	$X_1$	Ванильное	Клубничное
Время заполнения (секунды)	$X_2$	0,5	1,1
Давление (фунт-сила на квадратный дюйм) (килопаскаль)	$X_3$	120 827,4	140 965,3



$2^k$ -факторные эксперименты предназначены для получения информации только в пределах установленных значений выбранных переменных. Поэтому не слишком доверяйте сведениям, полученным путем экстраполяции за эти пределы.

### Экспериментальные коды и матрица плана

После выбора экспериментальных переменных и установки их высокого и низкого значений следует составить план для циклов эксперимента. В  $2^k$ -факторных экспериментах количество отдельных циклов равно  $2^k$ , где  $k$  — это количество переменных, включенных в эксперимент. Так, в примере с мороженым эксперимент состоит из восьми циклов ( $2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 8$ ), поскольку имеется три входные переменные. Эксперимент с двумя переменными состоит из четырех циклов ( $2^2 = 2 \times 2 = 4$ ) и т.д.

Каждый из этих  $2^k$  экспериментальных циклов соответствует отдельной уникальной комбинации установок переменных. Например, в двухфакторном двухуровневом эксперименте следующие четыре ( $2^2 = 4$ ) уникальные комбинации установок переменных:

- ✓ оба фактора установлены на низкое значение;
- ✓ первый фактор на высокой установке, а второй — на низкой;
- ✓ первый фактор на низкой установке, а второй — на высокой;
- ✓ оба фактора установлены на высокое значение.

Других комбинаций этих двух факторов с их двумя уровнями быть не может. А для трехфакторного эксперимента уникальных комбинаций установок переменных будет восемь.

Быстрый способ создать полную таблицу уникальных комбинаций для циклов эксперимента состоит в следующем: отвести по отдельному столбцу каждой экспериментальной переменной и по отдельной строке каждому из  $2^k$  экспериментальных циклов. Затем, используя  $-1$  как код для “низкой” установки переменной и  $+1$  как код для высокой, заполните ячейки столбца крайнего левого фактора попеременно кодами  $-1$  и  $+1$ . Затем переходите к следующему столбцу (он расположен справа от первого) и заполняйте его попеременно парами кодов  $-1$  и  $+1$ . Следующий столбец (он расположен справа от второго) заполняйте попеременно четверками кодов  $-1$  и  $+1$  и т.д. Процесс повторяйте для всех столбцов таблицы, двигаясь слева направо, до тех пор пока не будет заполнен крайний правый столбец. Здесь вы можете проверить, правильно ли заполнили таблицу: в последнем столбце верхняя половина циклов должна быть помечена кодами  $-1$ , а нижняя — кодами  $+1$ . Такая таблица, заполненная в определенном порядке двумя кодами, называется *кодированной матрицей плана*. Табл. 9.2 представляет собой кодированную матрицу плана для трехфакторного эксперимента, такого как заполнение коробки мороженым.

Таблица 9.2. Кодированная матрица плана для трехфакторного эксперимента

Цикл	$X_1$	$X_2$	$X_3$
1	-1	-1	-1
2	+1	-1	-1
3	-1	+1	-1
4	+1	+1	-1
5	-1	-1	+1
6	+1	-1	+1
7	-1	+1	+1
8	+1	+1	+1

Не забывайте, что эти коды в таблице представляют собой разные значения трех факторов. Так, в эксперименте с мороженым код  $-1$  в столбце  $X_1$  означает ванильное, а  $+1$  — клубничное.

### Выполнение эксперимента

Если эксперимент хорошо спланирован, выполнить его не представляет труда. Итак, закажем рукава и займемся наукой.

#### Рандомизация: гарантия против неизвестных факторов помех

Несмотря на все наши усилия, в ходе эксперимента могут проявиться неподконтрольные нам внешние факторы и повлиять на его результаты. Это так называемые непредвиденные *факторы помех*, которые потенциально способны нарушить точность анализа и выводов. Например, в случае с заполнением коробок мороженым рост температуры воздуха на фабрике во время проведения эксперимента может повлиять на его результаты, и это влияние мы ошибочно интерпретируем как реальный эффект от наших избранных экспериментальных факторов.

Для компенсации таких неизвестных переменных помех используют *рандомизацию* (“перемешивание”, или “уравнивание вероятностей”) порядка следования экспериментальных циклов. При этом потенциал эффектов помех, который мог быть сконцентрирован, распределяется равномерно по всем экспериментальным циклам, что предотвращает искажение результатов.



Всегда рандомизируйте порядок следования экспериментальных циклов. Это снижает риск того, что внешние переменные исказят результаты анализа.



Также рандомизируйте материалы, персонал, оборудование, которые используются в эксперименте. Это дает гарантию, что во время эксперимента будет сконцентрирован, причем намеренно, только эффект выбранных факторов.

#### Блокирование: гарантия против неизвестных факторов помех

Если мы знаем источник вариации помех, которая не является частью наших избранных экспериментальных факторов, мы можем специально включить данный эффект помех во все экспериментальные циклы. Таким путем мы гарантируем, что искажение в равной степени коснется всех, а не отдельных экспериментальных настроек.

В примере с мороженым мы можем выполнять экспериментальные циклы каждый день в одно и то же время, благодаря чему возможное влияние выбора момента проведения эксперимента в течение дня будет заблокировано.





Напомним о важной роли рандомизации и блокирования в экспериментах служит такая броская фраза: “Блокируйте все, что можете, а что не можете — рандомизируйте”.

### Выполняем эксперимент и собираем данные

Собственно выполнение эксперимента — это приятная часть работы, награда за подготовительные труды. Теперь нам остается только следовать составленному экспериментальному плану, пример которого для проекта с наполнением коробок мороженым приведен в табл. 9.3.

Таблица 9.3. План и результаты эксперимента с наполнением коробок мороженым

Цикл	Порядок	X <sub>1</sub> : сорт	X <sub>2</sub> : время	X <sub>3</sub> : давление	Y
1	7	-1	-1	-1	1238
2	2	+1	-1	-1	1252
3	5	-1	+1	-1	1228
4	8	+1	+1	-1	1237
5	3	-1	-1	+1	1223
6	6	+1	-1	+1	1234
7	1	-1	+1	+1	1238
8	4	+1	+1	+1	1250

В табл. 9.3 уже знакомая нам кодированная матрица плана расширена за счет двух дополнительных столбцов. В одном указан случайный (рандомизированный) порядок следования экспериментальных циклов, а в другом (крайнем справа) — значение переменной результата Y (вес наполненной мороженым полугаллонной коробки) для каждого экспериментального цикла.

### Анализ эксперимента

Цель анализа в том, чтобы сложить из экспериментальных результатов, как картинку из кусочков пазла, уравнение  $Y = f(X)$  для нашего процесса или системы. Какой эффект оказывает X<sub>1</sub> на Y? Какую математическую форму принимает такая зависимость? Именно на эти вопросы и отвечает анализ.

#### Наглядно представляем и рассчитываем основные эффекты

**Основной эффект** — это количественное выражение влияния отдельного экспериментального фактора на отклик Y. Каждый фактор имеет свой основной эффект. Например, какой эффект имеет сорт мороженого — по шкале от ванильного до клубничного — на результирующий вес наполненной мороженым полугаллонной коробки?

Основной эффект фактора X<sub>1</sub> (сорт мороженого) равен среднему отклику экспериментальных циклов при установке X<sub>1</sub> на значение “высокое” или “клубничное” минус средний отклик экспериментальных циклов при установке X<sub>1</sub> на значение “низкое” или “ванильное”. Точную цифру получим, воспользовавшись данными из табл. 9.3. Циклы 2, 4, 6 и 8 выполняются при установке фактора X<sub>1</sub> на значение “высокое”. Циклы 1, 3, 5 и 7 — при установке фактора X<sub>1</sub> на значение “низкое”. Поэтому основной эффект сорта мороженого (назовем его E<sub>1</sub>) математически запишем и рассчитаем следующим образом:

$$E_1 = \frac{Y_2 + Y_4 + Y_6 + Y_8}{4} - \frac{Y_1 + Y_3 + Y_5 + Y_7}{4};$$

$$E_1 = \frac{1252 + 1237 + 1234 + 1250}{4} - \frac{1238 + 1228 + 1223 + 1238}{4};$$

$$E_1 = 1243,25 - 1231,75;$$

$$E_1 = 11,5.$$

На рис. 9.2 графически отображен основной эффект сорта мороженого. Мы видим, что при изменении сорта от ванильного до клубничного вес упаковки меняется на 11,5 грамма.

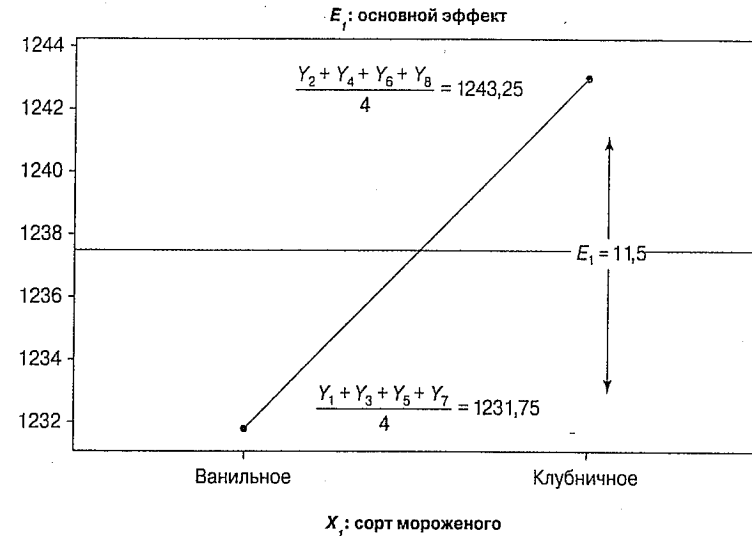


Рис. 9.2. Основной эффект E<sub>1</sub> на вес упаковки, обусловленный сортом мороженого

Чтобы рассчитать основной эффект E<sub>2</sub> на вес упаковки Y, обусловленный временем ее заполнения, используют кодированные установки фактора X<sub>2</sub>, приведенные в табл. 9.3. Назовем их c<sub>2,1</sub>, c<sub>2,2</sub> и так далее до c<sub>2,8</sub> для каждого экспериментального цикла. Уравнение для основного эффекта времени заполнения принимает следующий вид:

$$E_2 = \frac{c_{2,1}Y_1 + c_{2,2}Y_2 + c_{2,3}Y_3 + c_{2,4}Y_4 + c_{2,5}Y_5 + c_{2,6}Y_6 + c_{2,7}Y_7 + c_{2,8}Y_8}{4};$$

$$E_2 = \frac{(-1)1238 + (-1)1252 + (+1)1228 + (+1)1237 + (-1)1223 + (-1)1234 + (+1)1238 + (+1)1250}{4};$$

$$E_2 = \frac{-1238 - 1252 + 1228 + 1237 - 1223 - 1234 + 1238 + 1250}{4};$$

$$E_2 = 1,5.$$

Мы выяснили, что основной эффект времени заполнения равен 1,5 грамма.

Затем, используя кодированные установки для X<sub>3</sub> (c<sub>3,1</sub>, c<sub>3,2</sub> ... c<sub>3,8</sub>), повторяем ту же процедуру для расчета основного эффекта давления E<sub>3</sub>:

$$E_3 = \frac{-1238 - 1252 - 1228 - 1237 + 1223 + 1234 + 1238 + 1250}{4};$$

$$E_3 = -2,5.$$



Как видим, основной эффект давления отрицателен и равен  $-2,5$  грамма.  
 Запишем обобщенное уравнение для расчета *любого* эффекта в  $2^k$ -факторном эксперименте с помощью кодированных установок переменных:

$$E_i = \frac{1}{2^{k-1}} \sum_{j=1}^k c_{i,j} Y_j,$$

где  $k$  — количество экспериментальных факторов, а  $i$  обозначает рассчитываемый эффект.

На рис. 9.3 одновременно показаны все три основных эффекта, что позволяет сравнить их между собой.

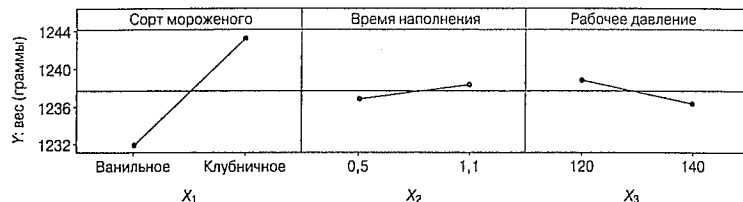


Рис. 9.3. Графическое сравнение основных эффектов для примера с заполнением коробки мороженым

На рис. 9.3 хорошо видно, что фактор  $X_1$ , сорт мороженого, имеет для веса коробки самый большой основной эффект. (Детально диаграммы основных эффектов рассмотрены в главе 5).

### Наглядно представляем и рассчитываем эффекты взаимодействия

Вероятность взаимодействия входных переменных существует всегда. Присутствуют ли такие эффекты в нашем примере с мороженым? И если да, то как их обнаружить?

Эффект взаимодействия между сортом мороженого ( $X_1$ ) и временем наполнения ( $X_2$ ) назовем  $E_{12}$ . Далее создадим новый столбец кодированных установок переменных, который представляет взаимодействие факторов  $X_1$  и  $X_2$ . Для этого перемножим кодированные значения  $X_1$  и  $X_2$  для каждого экспериментального цикла. Например,  $c_{12,1} = c_{1,1} \times c_{2,1}$ ,  $c_{12,2} = c_{1,2} \times c_{2,2}$  и так далее до  $c_{12,8} = c_{1,8} \times c_{2,8}$ . В табл. 9.4 представлены новые кодированные установки для возможного в  $2^3$ -факторном эксперименте с мороженым взаимодействия двух и трех переменных.

Таблица 9.4. Кодированные установки для взаимодействия переменных в эксперименте с наполнением коробок мороженым

Цикл	$c_1$	$c_2$	$c_3$	$c_{12}$	$c_{13}$	$c_{23}$	$c_{123}$	Y
1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	1238
2	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	1252
3	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	1228
4	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	1237
5	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	1223
6	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	1234
7	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	1238
8	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	1250

Зная кодированные значения для эффектов взаимодействия, можно использовать обобщенную формулу для расчета каждого из возможных эффектов взаимодействия двух пере-

менных. Приведем пример расчета эффекта взаимодействия между фактором сорта мороженого ( $X_1$ ) и фактором времени наполнения ( $X_2$ ):

$$E_{12} = \frac{1}{2^{k-1}} \sum_{j=1}^k c_{12,j} Y_j;$$

$$E_{12} = \frac{(+1)1238 + (-1)1252 + (-1)1228 + (+1)1237 + (+1)1223 + (-1)1234 + (-1)1238 + (+1)1250}{4};$$

$$E_{12} = \frac{1238 - 1252 - 1228 + 1237 + 1223 - 1234 - 1238 + 1250}{4};$$

$$E_{12} = -1,0.$$

Итак, комбинированный эффект факторов  $X_1$  и  $X_2$  составляет  $-1,0$  грамма.

Следуя той же процедуре, рассчитываем эффекты взаимодействия  $E_{13}$  и  $E_{23}$ . Получим значения 0,0 грамма и 14,0 грамма соответственно. Все три эффекта двухфакторного взаимодействия показаны на рис. 9.4.

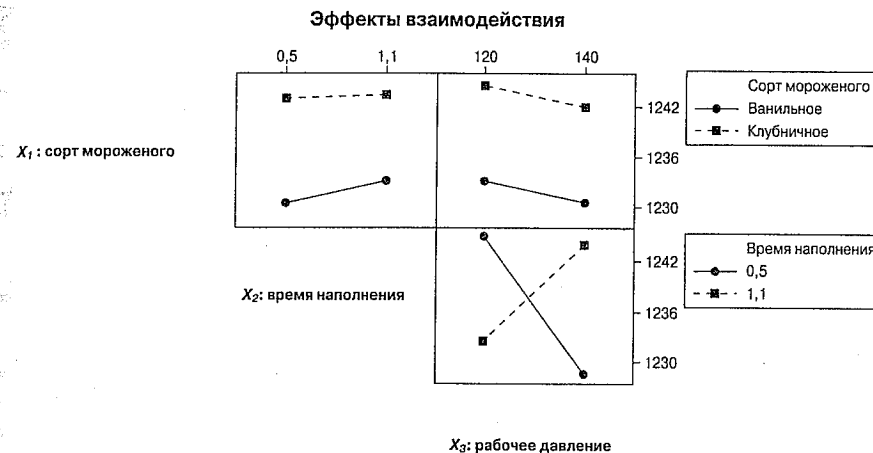


Рис. 9.4. Двухфакторные взаимодействия в примере с заполнением коробок мороженым

Как видно по ячейке для взаимодействия  $X_2$  и  $X_3$ , линии эффекта имеют очень разные наклоны (в данном случае даже противоположные по направлению). Это графическая подсказка о том, что эффект  $E_{23}$  очень сильный. Для сравнения: линии эффекта для взаимодействий  $X_1$ - $X_2$  и  $X_1$ - $X_3$  имеют очень схожие наклоны, что не должно нас удивлять, поскольку расчетные значения этих эффектов взаимодействия,  $E_{12}$  и  $E_{13}$ , довольно малы.

В трехфакторном эксперименте появляется еще один дополнительный эффект взаимодействия, а именно возможного взаимодействия между всеми тремя переменными ( $E_{123}$ ). Рассчитать его несложно все по той же обобщенной формуле:

$$E_{123} = \frac{1}{2^{k-1}} \sum_{j=1}^k c_{123,j} Y_j;$$

$$E_{123} = \frac{-1238 + 1252 + 1228 - 1237 + 1223 - 1234 - 1238 - 1250}{4};$$

$$E_{123} = 1,5.$$

Итак, комбинированный эффект всех трех факторов составляет 1,5 грамма.

## Какие эффекты значимы?

Хотя мы и умеем теперь рассчитывать все основные эффекты и эффекты взаимодействия, остается вопрос о том, насколько они значимы? Нужно ли их принимать во внимание? Согласно принципу Парето (глава 7), относительно малое подмножество всех возможных эффектов объясняет подавляющее большинство выходных откликов. Поэтому как нам узнать, какие эффекты сохранить для дальнейшего анализа, а какие отбросить из-за незначимости?

Если выбранные для эксперимента факторы никак не влияют на результат  $Y$ , то расчетные основные эффекты и эффекты взаимодействия будут всего лишь случайными, т.е. нормально распределенными вокруг нулевого центрального значения. С другой стороны, значимые среди них окажутся удаленными от группы случайных (незначимых).

Обнаружить эту удаленность проще всего графически, для чего нужно нанести на график все расчетные эффекты, а также линию нормального распределения. Если точка какого-либо эффекта удалена от этой линии, стало быть данный эффект *не является частью случайного шума*, а, напротив, *значим*.

Чтобы построить график для примера с мороженым, расположим все расчетные эффекты в порядке возрастания и присвоим им ранг  $i$ . При равных значениях нескольких эффектов, как в случае  $E_2$  и  $E_{123}$ , каждому эффекту присваивается усредненный ранг. Учитывая все сказанное, заполняем табл. 9.5.

Таблица 9.5. Создание нормальных значений для примера с наполнением коробки мороженым

Эффект	Значение	Ранг ( $i$ )	$P$	$Z$
$E_3$	-2,5	1	0,071	-1,465
$E_{12}$	-1,0	2	0,214	-0,792
$E_{13}$	0,0	3	0,357	-0,366
$E_2$	1,5	4,5	0,571	0,180
$E_{123}$	1,5	4,5	0,571	0,180
$E_1$	11,5	6	0,786	0,792
$E_{23}$	14,0	7	0,929	1,465

На промежуточном шаге мы еще должны рассчитать ожидаемую вероятность для каждого ранга. Ее обозначают символом  $P$  (указана в четвертом столбце табл. 9.5) и для всех эффектов рассчитывают по такой формуле:

$$P_i = \frac{i - 0,5}{2^k - 1}$$

Так, ожидаемая вероятность  $P$  для эффекта  $E_{13}$  равна:

$$P_{13} = \frac{3 - 0,5}{2^3 - 1} = \frac{2,5}{7} = 0,357$$

На заключительном шаге при заполнении табл. 9.5 мы для каждого промежуточного значения  $P$  находим по справочной таблице  $Z$ -значение. Для  $P = 0,357$   $Z$ -значение будет равно  $-0,366$ .

Теперь, полностью заполнив табл. 9.5, наносим на график расчетные  $Z$ -значения для соответствующих значений эффекта (рис. 9.5).

С одного взгляда на рис. 9.5 становится ясно, что эффекты  $E_1$  и  $E_{23}$  сильно отличаются от остальных эффектов, поскольку находятся далеко от линии нормального распределения и нулевого значения.

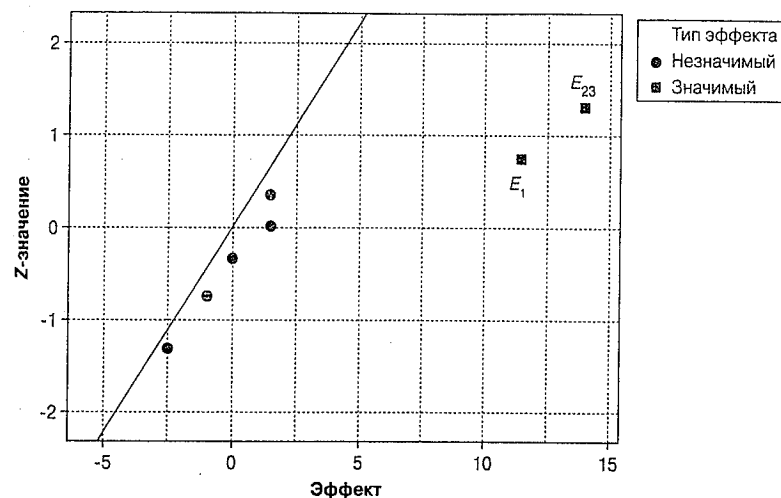


Рис. 9.5. График нормальной вероятности для всех эффектов в примере с наполнением коробки мороженым



Чем сложнее потенциальное взаимодействие, тем в реальности менее вероятна их значимость. Например, эффекты двухфакторного взаимодействия часто оказываются значимыми. Но гораздо реже таковыми бывают трехфакторные взаимодействия. И уж совсем редкостью является эффект взаимодействия, включающий четыре и больше факторов. Чем сложнее взаимодействие, тем скептически вы вправе оценивать его достоверность.

Для эксперимента из восьми циклов мы обнаружили, что на самом деле только два эффекта существенно влияют на процесс наполнения упаковки мороженым. Первый обусловлен выбором сорта мороженого, а второй — комбинацией таких двух факторов, как время наполнения и рабочее давление наполняющей машины. Но по отдельности эти два фактора (время и давление) значимого эффекта не имеют.

Таковы возможности “Шесть сигм”. Благодаря данной методологии мы не угадываем ответ, не нащупываем его в темноте, а полагаемся на данные и анализ, которые показывают нам, что важно, а что нет. Легко быть провидцем, имея на вооружении “Шесть сигм”!

## Общая форма уравнения

$2^k$ -факторные эксперименты не только позволяют понять, какие факторы влияют на результат  $Y$ , но также показывают форму уравнения  $Y = f(X)$  для улучшаемых системы или процесса. Сначала в ходе эксперимента мы определяем возможность того, что эффекты основные и взаимодействия значимы, а далее выясняем, какие из них вполне можно проигнорировать.

Общее уравнение  $Y = f(X)$  имеет вид суммы членов, представляющих основные эффекты, эффекты взаимодействия и общий эффект смещения. Для примера с наполнением коробки мороженым уравнение выглядит так:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_6 X_1 X_3 + \beta_5 X_2 X_3 + \beta_{123} X_1 X_2 X_3$$

В этом общем уравнении каждая комбинация входных переменных  $X$  умножена на коэффициент  $\beta$  (греческая буква бета). Нижний индекс показывает, какому эффекту соответствует данный коэффициент.

Общее уравнение двухфакторной системы имеет вид

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{12} X_1 X_2,$$

тогда как четырехфакторная система включает дополнительные члены уравнения для всех взаимодействий трех и четырех переменных.

Во всех уравнениях присутствует член  $\beta_0$ , представляющий общий уровень изучаемого процесса или системы. Независимо от того, какие значения вы присваиваете переменным системы, она примет, по меньшей мере, это значение  $\beta_0$ . Поэтому его часто называют *членом смещения* или *постоянным членом* уравнения.

### Определяем свое уравнение $Y = f(X)$

Когда вы пытаетесь улучшить систему или процесс, вас интересуют только те члены общего уравнения, которые, как вы уже обнаружили, отражают значимые эффекты. Например, мы выяснили, что в примере с наполнением коробки мороженым значимы только два входных фактора — сорт мороженого ( $X_1$ ) и взаимодействие времени наполнения и рабочего давления ( $X_2 X_3$ ). Поэтому в нашем конкретном случае общее уравнение принимает упрощенный вид:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_{23} X_2 X_3.$$

Но каковы значения всех  $\beta$ ? Найти их проще, чем может показаться.

Значение члена смещения  $\beta_0$  — это просто расчетное среднее для всех  $2^k$  экспериментальных циклов. Для примера с мороженым средний результат  $Y$  для восьми циклов равен 1237,5, поэтому и

$$\beta_0 = 1237,5.$$

Значение  $\beta$  для всех других значимых факторов вычисляет путем деления соответствующих значений эффектов надвое:

$$\beta_1 = \frac{E_1}{2} = \frac{11,5}{2} = 5,75 \text{ и}$$

$$\beta_{23} = \frac{E_{23}}{2} = \frac{14,0}{2} = 7,0.$$



Почему коэффициенты  $\beta$  равны половине значения эффекта, а не полному значению? Дело в том, что значение эффекта рассчитывают для переменной в диапазоне от +1 до -1, т.е. ширина диапазона равна двум единицам. Поэтому, чтобы вернуться к правильным коэффициентам уравнения, нам и приходится делить расчетное значение эффекта на два.

Рассчитав коэффициенты, запишем основное уравнение  $Y = f(X)$  для примера с мороженым:

$$Y = 1237,5 + 5,75X_1 + 7,0X_2X_3.$$

Вооруженные этим уравнением, мы можем сразу же пойти к линии наполнения коробок мороженым и прямо на месте исправить проблемную ситуацию.

Допустим, что вес наполненной мороженым полугаллонной коробки должен находиться в пределах от 1225 до 1280 граммов. При производстве партии ванильного мороженого мы подставляем в наше уравнение соответствующий код сорта ( $X_1 = -1$ ), а затем различные кодированные значения для  $X_2$  и  $X_3$ , чтобы узнать, какие время наполнения и рабочее давление установить на машине. При переходе на клубничное мороженое мы вновь с помощью основного уравнения узнаем, какие установить значения времени наполнения и рабочего давления, чтобы вес наполненной коробки находился в необходимых пределах.



Не забудьте, что подставлять в уравнение  $Y = f(X)$  нужно только *кодированные* значения.

## Мы только начали — впереди еще другие методы экспериментирования

$2^k$ -факторные эксперименты обеспечивают мощный старт в мире улучшений. Но на самом деле это всего лишь вершина айсберга. С приобретением опыта вы сможете осваивать и более мощные методы.

- ✓ **Анализ кривизны.** Метод  $2^k$ -факторных экспериментов основан на предположении о линейности эффектов экспериментальных факторов. Хотя зачастую это и неплохое первое приближение, не менее часто прямая линия не подходит для нашего процесса или системы. В этих случаях необходим эксперимент, который бы позволил обнаружить искривленную природу реальности. Обычно это делают, включая в каждый экспериментальный фактор более двух уровней.
- ✓ **Повторения.** При повторении эксперимента получаются несколько иные результаты. Это не должно нас удивлять. Вариация, как всегда, является частью абсолютно всего, включая и наш эксперимент. Повторные циклы эксперимента (так называемые *повторения*) позволяют оценить, какая часть наблюдаемой вариации процесса или системы объясняется выведенным уравнением  $Y = f(X)$ , а какая остается необъясненной.
- ✓ **Дисперсионный анализ (ANOVA).** Почти все эксперименты включают поиск, исследование и сравнение источников наблюдаемой вариации. Дисперсионный анализ — это мощный метод, позволяющий охарактеризовать и количественно оценить различные источники вариации.
- ✓ **Устойчивость.** Способность процесса или системы показывать стабильные результаты, несмотря на вариацию, называется *устойчивостью*. Такие экспериментальные схемы, как предложенная доктором Геничи Тагучи и другие, позволяют нам исследовать и оптимизировать процесс или систему, чтобы они стали как можно более невосприимчивыми к пагубному воздействию вариации.
- ✓ **Методы поверхности откликов (RSM) и оптимизация.** Цель многих экспериментов — найти лучшие значения для входных переменных. Целая отрасль плановых экспериментов направлена на поиск локальных или глобальных настроек для оптимальной работы.
- ✓ **Дробные факторные эксперименты.** Полные  $2^k$ -факторные эксперименты можно адаптировать для более эффективного поиска среди большого количества экспериментальных факторов. При увеличении количества последних приходится жертвовать точностью. Решить эту проблему позволяют дробные факторные эксперименты, которые представляют собой адаптацию полных  $2^k$ -факторных экспериментов и позволяют извлечь максимальную пользу из поиска.

# Закрепляем успехи

*В этой главе...*

- ✓ Реализация стратегии для получения длительных результатов
- ✓ Выбор инструментов для контроля процесса
- ✓ Контрольные диаграммы и статистический контроль процесса
- ✓ Защита от ошибок при помощи Пока-Йоке
- ✓ Установка правильного уровня контроля

**Н**ет особой пользы от решения проблемы, если его не удастся сохранить на длительное время. Таким решением вы останетесь довольны недолго, и если проблема не будет устранена окончательно, все закончится еще большим вашим неудовольствием. Однако на фазе контроля вы можете убедиться в том, что проблема действительно решена; к тому же при правильном проведении контроля вы получаете дополнительные данные для дальнейшего улучшения процесса.

В настоящей главе предлагается масса легких в использовании и доступных инструментов, позволяющих обеспечить долговременное решение проблемы. Их диапазон простирается от статистических методов количественного контроля, документированных планов и стратегий до использования основанных на здравом смысле подходов для управления процессом.

## *Потребность в планировании контроля*

В “Шесть сигм” особое внимание уделяется фазе контроля. Это объясняется тем, что предыдущие попытки улучшить качество и работу неоднократно продемонстрировали: поведение процесса всегда очень сложное и неустойчивое, и если процесс предоставить самому себе, то добытые с таким большим трудом успехи улетучиваются.

Любой процесс — это совокупность событий, деятельности и контуров обратной связи. Хорошо разработанный процесс имеет внутренний самоконтроль, тогда как неэффективно разработанный будет отвечать требованиям только при условии постоянного внешнего контроля и частых корректировок. Иногда такую корректировку называют термином *вмешательство в процесс*.

Процесс с встроенным контролем действует, как система отопления и охлаждения в здании, автоматически поддерживающая постоянную оптимальную температуру. С другой стороны, процесс без внутреннего контроля подобен неавтоматической системе отопления, когда вам постоянно приходится вставать с дивана и то добавлять температуру, когда похолодало, то уменьшать ее, если становится слишком жарко. Затем опять похолодает, и цикл повторяется. Такой процесс характеризуется высокой вариацией и большими потерями.

Разработка в рамках “Шесть сигм” плана контроля и знания, почерпнутые при этом (в виде справочной документации и корпоративной памяти), гарантируют то, что полученное большими усилиями улучшение работы останется надолго.

До появления “Шесть сигм” разработка контроля системы была подобна попыткам вскрыть океан. Некоторые организации, фигурально говоря, совершали геркулесовы подвиги, составляя исчерпывающие планы для каждого процесса и каждой детали каждого процесса, независимо от их значимости. Трудно съесть слона целиком!

Однако “Шесть сигм” дает нам возможность выбрать только действительно самые важные процессы и идентифицировать только самые значимые входные и выходные переменные каждого из них (другими словами, “Шесть сигм” позволяет нам есть слона постепенно, по кусочку). Наш контроль, имевший форму широкого луча фонарика, теперь подобен сфокусированному лазерному лучу. Разработать план контроля для проекта “Шесть сигм” — несложная задача; контроль направлен только на самое главное, а несущественное остается “за бортом”.



План контроля имеет два аспекта. Уравнение  $Y = f(X)$  показывает нам, какие входные факторы надо контролировать (подробнее об этом основном в “Шесть сигм” уравнении рассказывается в главе 2). При этом мы отслеживаем выходные факторы, чтобы убедиться, выполняется ли контроль. Отсюда следуют два аспекта плана контроля “Шесть сигм”.

- ✓ Для *процессного мониторинга* (отслеживания) выходных факторов используется инструмент, который носит название “сводная таблица управления процессом”. Ее цель — обеспечить наглядность, обзор и действия для всех критичных выходных факторов процесса в организации.
- ✓ Для *процессного контроля* входных факторов применяется инструмент с названием “план контроля процесса”. Цель которого — создать систематические контуры обратной связи и действия, которые обеспечивают внутренний автоматический контроль. При наличии эффективного плана контроля процесса можно менять людей, оборудование, материалы и уровень производства, и при этом качество процесса существенно не меняется.

Подробнее о названных двух аспектах рассказано в следующих двух разделах.

## Сводная таблица управления процессом

*Сводная таблица управления процессом* (рис. 10.1) представляет собой собрание всех выходных факторов, критичных для качества процесса, отдела, подразделения или даже всей компании (такие факторы обозначаются КрДК (СТQ)). Эту таблицу можно наращивать до того уровня мониторинга, обзора и действий, который необходим организации, чтобы обеспечить приемлемые показатели процесса или бизнеса. При завершении очередного проекта “Шесть сигм” его КрДК добавляются в сводную таблицу; так постепенно образуется полная система управления процессом.

В административном разделе сводной таблицы (раздел 1) указаны охваченные управлением процесса организационные области плюс уровень обзора и дата внесения информации. Основная часть сводной таблицы (разделы 2–6) содержит достаточную информацию, по которой легко оценить текущее состояние КрДК, их связь с процессами нижних уровней, и то, какие в настоящее время предпринимаются действия (если таковые имеются).

## План контроля процесса

*План контроля процесса* (рис. 10.2) тесно взаимосвязан со сводной таблицей управления процессом. В него включены входные факторы процесса X, т.е. это те критичные X, которые определяются с помощью проекта “Шесть сигм”. Но в план контроля процесса можно включить и выходные факторы процесса Y (КрДК). Составленный правильно, план контроля процесса представляет собой полную картину всех возможных входных факторов, выходных факторов и деятельности отдельного процесса.

СВОДНАЯ ТАБЛИЦА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ										
Подразделение:		Руководитель подразделения:								
Отдел:		1								
Уровень обзора:										
Дата:										
Шаг процесса (название)	Шаг процесса (номер)	Собственник процесса (имя)	Ключевые выходные факторы КрДК (Y)	Требования КрДК	Единица измерения и величина КрДК	Рабочий тренд	Связи с: (название процесса)	Собственник процесса	Деятельность по улучшению	Примечания
	2		3			4		5		6

Рис. 10.1. Сводная таблица управления процессом (инструмент “Шесть сигм”)

ПЛАН КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССА										
Название процесса:		Операционное определение:								
Собственник процесса:		1								
Уровень обзора:		2								
Дата:										
Шаг процесса (название)	Шаг (номер)	Что контролируется	Входной (X) или выходной (Y) фактор	Пределы спецификации или требования	Единица измерения и величина	Метод контроля	Размер выборки	Частота	Правило решения/ Кому звонить	Стандартные операционные процедуры (рецепты)
			3		4			5		6

Рис. 10.2. План контроля процесса (инструмент “Шесть сигм”)

В административном разделе плана контроля процесса (раздел 1) указана ключевая информация для идентификации процесса, включая его собственника. В этот раздел также вносится информация по обзору контроля. Разделу 2 отведено больше места, поскольку здесь записываются операционное определение плана контроля. Это помогает людям понять, насколько оправданно существование процесса — т.е. в чем состоит его ценностное предложение, — и спланировать контрольную деятельность в правильном контексте. В разделе 3 указано, что конкретно контролируется. Раздел 4 отведен под требования и их текущие уровни. Это позволяет быстро увидеть, насколько хорошо протекают процесс и контрольная деятельность.

Метод контроля и действия, которые необходимо предпринять, если процесс выходит из-под контроля, указаны в разделе 5. Методы контроля могут включать проверочные списки, способы защиты от ошибок, статистический контроль процесса или любые соответствующие процедуры. Все чаще и чаще в контрольных методах применяется автоматизированный сбор данных и технологии исполнения процесса. В разделе также указаны необходимый размер выборки и ее частота, чтобы обеспечить в процессе соответствующую обратную связь. Об-

ратная связь важна так же, как при вождении автомобиля. Если в нужный момент не окажется достаточной обратной связи, позволяющей вам ехать по центру полосы, то внезапно вы окажетесь в кювете. Точно так же вам нужна обратная связь, чтобы “в кювет” не попал ваш процесс. В разделе 5 указаны действия, которые следует предпринять, если контролируемый параметр не отвечает требованиям. Это аналогично звонку по номеру 911 в Службу спасения. Если входной фактор  $X$  или выходной  $Y$  (КрДК) выходят из-под контроля, мы имеем чрезвычайную ситуацию, и нужно вызывать спасателей.

Наконец, раздел 6 содержит названия руководящих документов для процесса и стандартных операционных процедур (СОП (SOP)). Хороший план контроля процесса обеспечивает вашу готовность передать проект собственнику и исполнителям процесса; при этом вы уверены в том, что они сохранят улучшения, которых вы добились с помощью “Шести сигм”.



Создание плана контроля процесса требует определенных размышлений, но усилия будут потрачены не зря. Поэтому при отсутствии хорошего плана контроля проект “Шесть сигм” считать завершенным нельзя.

## Статистический контроль процесса

При статистическом контроле процесса (СКП (SPC)) используются статистические методы для мониторинга и контроля вариации в процессе. В первую очередь СКП нужен для стабилизации неподконтрольных процессов. Но статистический контроль также применяется для отслеживания стабильности процессов изготовления товаров и оказания услуг.

Основным инструментом СПК является контрольная диаграмма — графическое изображение изменений во времени входного или выходного фактора процесса. Контрольная диаграмма позволяет зрительно сравнить отслеживаемые измерения с пределами решений, которые рассчитаны по вероятностям фактических показателей процесса.

Зрительное сравнение пределов решения и показателей дает возможность обнаружить чрезмерную вариацию процесса, которая служит признаком проблемы или его фундаментального изменения. Существует несколько видов контрольных диаграмм; выбор делают в зависимости от вида измерений отслеживаемого процесса.

Эти различные виды контрольных диаграмм попадают в одну из двух основных категорий: контрольные диаграммы непрерывных данных или атрибутивных данных. Приведем список нескольких наиболее часто используемых в “Шести сигм” контрольных диаграмм.

- ✓ Контрольные диаграммы непрерывных данных.
  - Средние значения и размахи ( $\bar{X} - R$ ).
  - Средние значения и стандартные отклонения ( $\bar{X} - S$ ).
  - Индивидуальные значения и скользящий размах ( $I - MR$ ).
- ✓ Контрольные диаграммы атрибутивных данных.
  - $p$ -диаграмма.
  - $u$ -диаграмма.

Контрольную диаграмму всегда выбирают сначала по типу имеющихся данных, а затем по цели контроля. Дерево решений контрольной диаграммы, изображенное на рис. 10.3, помогает нам принять решение.

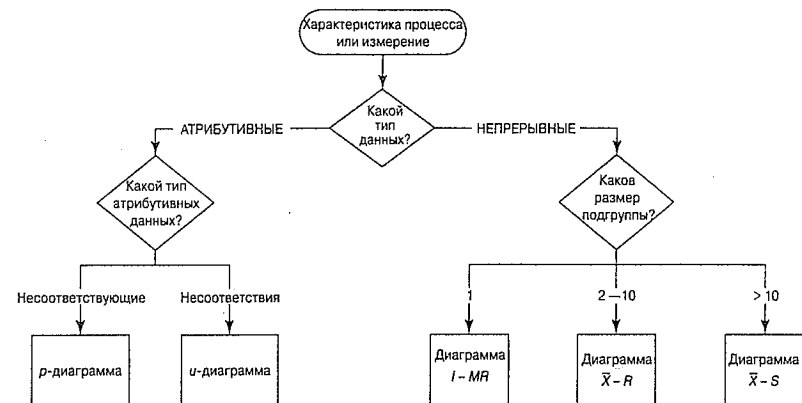


Рис. 10.3. Дерево решений контрольной диаграммы

Контрольные диаграммы предоставляют два вида информации о процессе: *распределение* процесса и *тренд*, или изменение процесса со временем. Назовем сферы применения контрольных диаграмм.

- ✓ Они дают простой, общедоступный язык для обсуждения входной или выходной меры процесса.
- ✓ С их помощью мы контролируем показатели процесса, поскольку знаем, когда надо или не надо предпринимать определенные действия.
- ✓ Благодаря контрольным диаграммам снижается потребность в инспектировании.
- ✓ Они позволяют прогнозировать и понять способность процесса на основе трендов и других показателей.
- ✓ С их помощью мы определяем, привели ли произведенные изменения к желаемому результату.
- ✓ Контрольные диаграммы обеспечивают непрерывный и последовательный взгляд на показатели процесса.
- ✓ Благодаря контрольным диаграммам мы создаем банк данных для дальнейшей деятельности по улучшению.

## Мониторинг процесса: основы контрольных диаграмм

Управлять можно тем, что поддается измерению. В “Шести сигм” что измерять и чем управлять решают на стадиях определения, измерения, анализа и улучшения (см. главу 3) и лишь затем переходят к фазе контроля. Проще говоря, речь идет о критичных  $X$  и выходных КрДК ( $Y$ ), которые мы обнаруживаем при реализации проекта. Это движущие силы процесса, отвечающие нуждам потребителя. В контрольной фазе вы отслеживаете выходные факторы — КрДК — и контролируете входные, т.е. критичные  $X$ . При правильной организации мониторинга вы стабильно пожинаете плоды своих усилий.

Контрольные диаграммы представляют собой графики в двух осях; на одной отложены показатели процесса, на другой — время или последовательность измерений. Последователь-

ность полученных точек можно представить и в виде распределения. На рис. 10.4 показано, каким образом из последовательности точек данных получают распределение.

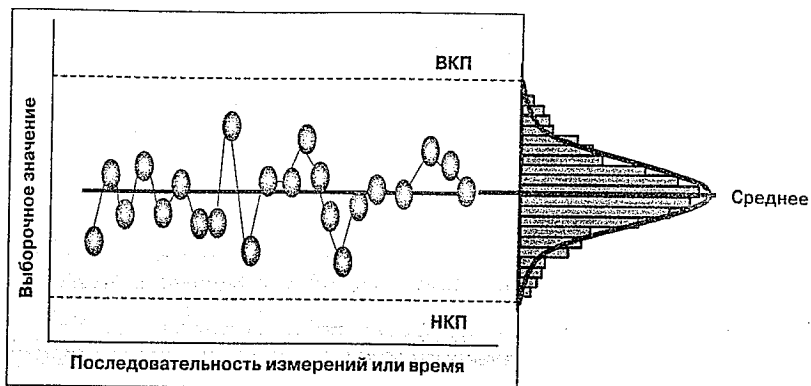


Рис. 10.4. Точки данных и распределения

Контрольные диаграммы имеют следующие атрибуты, обусловленные самими данными.

- ✓ **Среднее значение или центральная линия.** Это сумма всех входных данных, деленная на полное количество точек данных.
- ✓ **Верхний контрольный предел (ВКП).** Как правило, это три стандартных отклонения процесса выше среднего.
- ✓ **Нижний контрольный предел (НКП).** Как правило, это три стандартных отклонения процесса ниже среднего.

## Контрольные пределы

Вы можете спросить: “Чем важен контрольный предел и откуда он вообще взялся?” Простота контрольных пределов и в то же время их эффективность удивят вас. Контрольные пределы определяются вероятностью события. На контрольных диаграммах использована вероятность в виде контрольных пределов, и с их помощью мы определяем, произойдет наблюдаемая мера процесса (подконтрольная) или не произойдет (неподконтрольная) при нормальной вариации процесса.



Вероятность того, что произойдет определенное событие или появится определенное значение измерений, равна отношению количества раз, когда это событие или измеренное значение появляется, к общему количеству всех других возможностей. Это продемонстрировано на рис. 10.5, где в форме гистограммы представлена генеральная совокупность данных, содержащая 100 точек (см. главу 5).

Из рис. 10.5 видно, что 25 точек данных из 100 имеют значение 50. Значит, вероятность появления значения 50 равна 25 из 100, т.е. 25%. Подобным образом определяем, что вероятность появления значения 52 равна приблизительно 13%, а для значений 55 и выше вероятность намного ниже.

На рис. 10.6 данные из гистограммы рис. 10.5 представлены в хронологической последовательности как контрольная диаграмма для отдельных измерений.



Рис. 10.5. Вероятность события

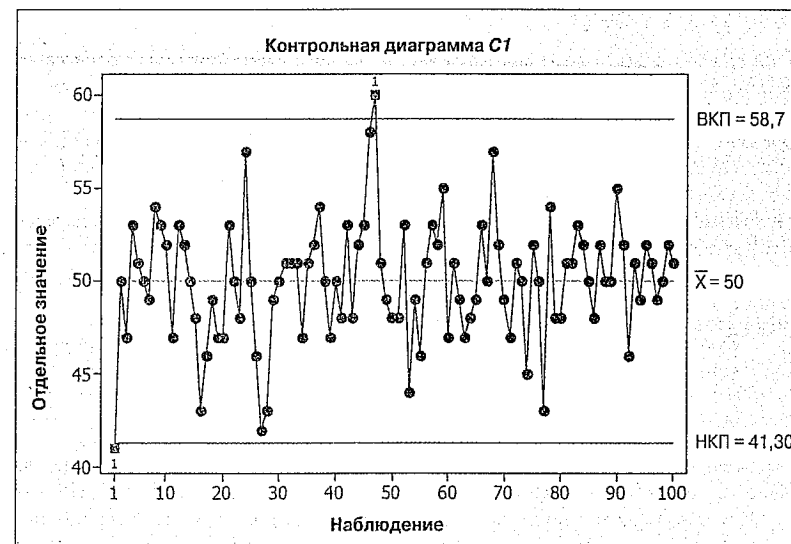


Рис. 10.6. Контрольная диаграмма для отдельных измерений





Верхний контрольный предел, равный 58,7, расположен выше среднего значения на три стандартных отклонения. А нижний контрольный предел, равный 41,3, — на три стандартных отклонения ниже среднего. Диапазон из шести стандартных отклонений (по три выше и ниже среднего) включает 99,7% всех данных нормально распределенной генеральной совокупности. Значит, с вероятностью 99,7% точка данных попадет между этими двумя пределами. Или: с вероятностью 0,3% измерение окажется выше ВКП или ниже НКП.

В начале XX века Вальтер Шухарт, один из основателей современного движения за повышение качества, сформулировал идеи, использованные в контрольных диаграммах. По его определению, если измерение попадает в диапазон плюс-минус три стандартных отклонения от среднего, то такое поведение процесса считается ожидаемым.

Это так называемая *вариация по общим причинам* (см. главу 5). Ее источником является нормальное течение процесса, а размер обусловлен его схемой, материалами и другими параметрами.

Однако если точка данных выходит за контрольные пределы, значит, с процессом произошло нечто особенное. Другими словами, нечто необычное заставило процесс выйти из-под контроля. Это так называемая *вариация по особым причинам* (тоже рассмотрена в главе 5). Вероятность того, что измерение процесса настолько сильно удалится от среднего, меньше 0,3%. Измерение со столь низкой вероятностью возникновения свидетельствует о каких-то особых обстоятельствах, влияющих на процесс. Простой количественный подход с использованием вероятности — это суть всех контрольных диаграмм.

## Контрольные диаграммы помогают процессам не свалиться в кювет

Если контрольные диаграммы являются частью вашего плана контроля процесса, с их помощью можно предпринимать корректирующие действия или, руководствуясь анализом диаграммы, оставить все как есть.

*Выборочные данные*, также называемые *данными подгруппы*, мы собираем об интересующей нас характеристике процесса (входной или выходной). Пока формируется выборка, процесс должен оставаться в обычных условиях.

Частота отбора данных зависит от необходимой нам чувствительности диаграммы для выявления трендов или других вызванных особыми причинами закономерностей в поведении процесса. Сначала попробуйте отбирать данные как можно чаще, но затем, если процесс демонстрирует стабильность и подконтрольность, можете уменьшить частоту.



Если вы подходите к процессу, для которого составляете диаграмму, с особым вниманием и тщательностью, информация из контрольной диаграммы будет действительна. На то время, пока вы создаете контрольную диаграмму для процесса, он должен протекать, как обычно.

Сформировав минимум 25 подгрупп данных (в каждой от двух до пяти измерений), далее мы с помощью статистического программного обеспечения, такого как Minitab или JMP (см. главу 11), рассчитываем статистики и контрольные пределы. Если у нас уже есть исторические данные, их полезно включить в анализ, чтобы создать надежную информационную основу.

Когда выборочные наблюдения распределены нормально вокруг среднего и попадают в контрольные пределы, процесс называют *стабильным*, или *подконтрольным*. При этом последовательность измерений не демонстрирует никаких трендов и смещений в центрировании. Именно такого поведения ожидают от нормально работающего процесса, и поэтому речь идет о вариации по общим причинам.



Не путайте пределы контрольной диаграммы с пределами спецификации! Вторые — ВПС и НПС, введенные в главе 6, — представляют голос потребителя. Контрольные же диаграммы представляют лишь голос процесса, а это нечто совершенно иное. Цель контрольных диаграмм состоит в демонстрации естественного течения процесса, независимо от спецификаций. Другими словами, контрольные диаграммы позволяют нам обнаружить, является ли процесс *стабильным* и *предсказуемым*, но они не скажут нам, способен ли он удовлетворить требования потребителей. А чтобы оценить способность процесса, мы должны воспользоваться соответствующим материалом, изложенным в главе 6. Поэтому никогда не поддавайтесь искушению интерпретировать пределы контрольных диаграмм как пределы спецификации, и избегайте нанесения пределов спецификации на свои контрольные диаграммы.



Если процесс стабилен и предсказуем (подконтролен), и способен удовлетворить требования потребителей (см. главу 6), то его не надо корректировать. Однако если обнаруживается вариация по особым причинам, необходимо выяснить, что ее вызвало, и найти способ предотвратить ее повторение. Всегда приходится предпринимать какие-то действия, чтобы подкорректировать процесс и не допустить в будущем необычной вариации.

## Использование контрольных диаграмм для обнаружения закономерностей, смещений и отклонений

Кроме точек, которые на контрольных диаграммах находятся за контрольными пределами, существуют и другие видимые признаки того, что с процессом происходит нечто необычное. Эти признаки свидетельствуют о вариации по особым причинам.



Поиск закономерностей, смещений и отклонений по особым причинам подобен поиску необычного поведения пары игральных костей. Вероятность выпадения семерки (в сумме на двух костях) равна шести из тридцати шести, или приблизительно 17%, потому что существует шесть возможных вариантов выпадения суммарной семерки из общего количества возможных результатов (36). А какова вероятность выпадения семерки два раза подряд? Комбинированная вероятность равна произведению 17% (0,17) на 17% (0,17), или 2,8% (0,028). Вероятность выпадения семерки *три* раза подряд и того меньше —  $0,17 \times 0,17 \times 0,17$ , или приблизительно 0,46%. Поэтому если кому-то удалось трижды подряд выбросить семерку, вероятность этого события настолько мала, что вы вправе заподозрить: здесь что-то нечисто (например, это шулерские игральные кости)! Следуя таким рассуждениям, мы обнаруживаем закономерности, тренды и смещения на контрольных диаграммах.

Разделим расстояние между контрольным пределом и средним значением процесса на три равные зоны (рис. 10.7). Теперь перечислим признаки, свидетельствующие о существовании вариации по особым причинам.

- ✓ Любая, даже всего одна точка, выходящая за какой-нибудь из двух контрольных пределов.
- ✓ Две из любых трех последовательных точек в зоне А, и все три на одной и той же стороне от среднего значения процесса.
- ✓ Четыре из любых пяти последовательных точек в зоне В или А, и все пять на одной и той же стороне от среднего значения процесса.
- ✓ Пятнадцать точек подряд в зоне С, на любой из двух сторон от среднего значения процесса.

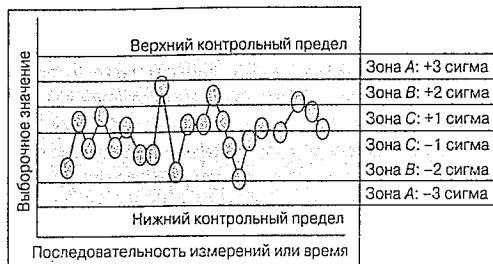


Рис. 10.7. Зоны контрольной диаграммы

В табл. 10.1 дается несколько дополнительных правил для зрительного обнаружения особых причин, влияющих на процессную характеристику, для которой мы составляем диаграмму.

Таблица 10.1. Шесть правил для выявления особых причин

Диаграмма	Описание	Пример 1	Пример 2	Интерпретация
Стабильная и предсказуемая	Точки диаграммы не образуют определенную структуру и все попадают между верхним и нижним контрольными пределами			Процесс стабилен, не меняется. На него влияет только вариация по общим причинам
Выход за контрольные пределы	Одна или несколько точек диаграммы выходят за верхний или нижний контрольный предел			Это предупреждение о том, что на процесс повлияла какая-то особая причина. Необходимо найти ее источник
Смещенный отрезок	Точки диаграммы расположены с одной стороны от центральной линии. Количество последовательных точек на одной стороне — это длина смещенного отрезка			Наличие смещенного отрезка свидетельствует о том, что процесс претерпел необратимое изменение. Возможно, потребуется рассчитать новые контрольные пределы для смещенного процесса
Тренд	Длительный подъем или падение ряда точек диаграммы. (Семь или более последовательных точек в одном направлении)			Указывает на существование особой причины с постепенным нарастающим эффектом. Необходимо выявить ее возможные источники
Цикл	Точки диаграммы демонстрируют повторяющуюся картину изменений (например, подъем или падение) за равные периоды времени			Указывает на особую причину с циклическим, повторяющимся эффектом. Необходимо выявить ее возможные источники
Группирование	Точки диаграммы близко расположены к центральной линии или линии какого-нибудь контрольного предела			Указывает на возможную ошибку в отборе данных или формировании подгрупп данных. Проверить правильность плана формирования выборок и/или выявить возможные источники особой причины

Заметив любую из перечисленных в табл. 10.1 закономерностей, можно смело делать вывод о том, что с входными или выходными факторами процесса, для которых вы составляете диаграмму, произошло нечто необычное.

## Сбор данных для контрольных диаграмм

При сборе данных для контрольных диаграмм надо избегать искаженного или неточного взгляда на процесс — чрезмерно оптимистического или чрезмерно мрачного. Во избежание такой тенденциозности обычно используют рациональные подгруппы.

Рациональная подгруппа представляет собой небольшое множество измерений, сделанных при как можно более одинаковых условиях и, как правило, за относительно короткий период — достаточно короткий, чтобы в подгруппе не успели проявиться особые причины. Рациональные подгруппы позволяют точно отделить вариацию по особым причинам от вариации по общим причинам.



Убедитесь в том, что ваши измерения подгрупп не отражают необоснованно какие-нибудь особые рабочие условия (т.е. ваши подгруппы должны быть отобраны случайным образом). Например, если вы анализируете работу производственной единицы по всем сменам, то не формируйте подгруппы измерениями только первой смены. Или если вы хотите узнать показатели обработки материала в целом, вне зависимости от того, кто его поставил, то не измеряйте параметры материала только от одного поставщика. Наконец, когда отбираете измерения для подгрупп, не концентрируйтесь на каком-то одном периоде времени в течение дня, допустим, перед перерывом на обед.

Рациональные подгруппы обычно малы по размеру — включают, как правило, от трех до пяти измерений. Важно сформировать их из измерений, произведенных как можно ближе друг к другу, особенно если мы хотим обнаружить закономерности, смещения и отклонения. Например, если станок сверлит 30 отверстий в минуту, и мы хотим создать контрольную диаграмму для диаметра отверстий, то рациональная подгруппа может состоять из четырех последовательно просверленных отверстий.



Если процесс состоит из множества машин, операторов или другой процессной деятельности, которые производят потоки с одинаковыми процессными характеристиками, то лучше всего использовать для каждого процессного потока свою отдельную контрольную диаграмму.

## Контрольные диаграммы для непрерывных диаграмм

Непрерывные контрольные диаграммы — это диаграммы, отражающие входные и выходные измерения процесса, которые являются непрерывными данными, т.е. данными, для которых десятичные разряды имеют смысл (о типах данных мы подробно говорили в главе 7). Если контрольные диаграммы используются для контроля входных факторов  $X$  процесса, это называется *статистическим контролем процесса (СКП (SPC))*.

Но непрерывные контрольные диаграммы можно использовать и для мониторинга выходных КрДК, т.е. важных выходных характеристик процесса. Если контрольные диаграммы используются таким образом, это называется *статистическим мониторингом процесса (СМП (SPM))*.

Существует две категории контрольных диаграмм для непрерывных данных: для контроля расположения среднего значения процесса и ширины вариации процесса. Но обычно эти две диаграммы объединяют в спаренное изображение.

Как правило, в "Шесть сигм" объединяют в пару следующие непрерывные контрольные диаграммы.

- ✓ Диаграмма индивидуальных значений и скользящего размаха ( $I, MR$ ).
- ✓ Диаграмма средних значений и размахов ( $\bar{X}, R$ ).
- ✓ Диаграмма средних значений и стандартных отклонений ( $\bar{X}, S$ ).

В табл. 10.2 сведены важные параметры непрерывных контрольных диаграмм всех трех видов.

Таблица 10.2. Контрольные диаграммы для непрерывных данных

Контрольная диаграмма	Размер подгруппы (n)	Центральная линия	Контрольные пределы
Индивидуальные значения и скользящий размах $I, MR$	1	$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_k}{k}$	$BKП_{\bar{X}} = \bar{X} + E_2 \bar{MR}$ $HKП_{\bar{X}} = \bar{X} - E_2 \bar{MR}$
		$MR_i =  X_{i+1} - X_i $ $\bar{MR} = \frac{MR_1 + MR_2 + \dots + MR_{k-1}}{k-1}$	$BKП_{MR} = D_4 \bar{MR}$ $HKП_{MR} = D_3 \bar{MR}$
Среднее значение	2-10	$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_k}{k}$	$BKП_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$ $HKП_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$
значение и размах $\bar{X}, R$		$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_k}{k}$	$BKП_R = D_4 \bar{R}$ $HKП_R = D_3 \bar{R}$
Среднее значение и стандартное отклонение $\bar{X}, S$	>10	$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_k}{k}$ $\bar{S} = \frac{S_1 + S_2 + \dots + S_k}{k}$	$BKП_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{S}$ $HKП_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{S}$ $BKП_S = B_4 \bar{S}$ $HKП_S = B_3 \bar{S}$

Здесь  $k$  — это количество подгрупп. Значения коэффициентов приведены в табл. 10.3. Использование контрольных диаграмм для СКП (SPC) и СМП (SPM) будет успешным только при тщательном планировании и управлении. Обычно следуют пошаговой процедуре.

1. Определить, что именно требуется контролировать или отслеживать.
2. Выбрать измерительную систему для сбора данных.
3. Создать контрольные диаграммы.
4. Правильно собрать данные.
5. Принять соответствующие решения на основе информации контрольных диаграмм.

Таблица 10.3. Сводная таблица коэффициентов для контрольных диаграмм

Размер выборки (n)	$A_2$	$A_3$	$B_3$	$B_4$	$D_3$	$D_4$	$E_2$
2	1,880	2,659	0	3,267	0	3,267	2,659
3	1,023	1,954	0	2,568	0	2,574	1,772
4	0,729	1,628	0	2,266	0	2,282	1,457
5	0,577	1,427	0	2,089	0	2,114	1,290
6	0,483	1,287	0,030	1,970	0	2,004	1,184
7	0,419	1,182	0,118	1,882	0,076	1,924	1,109
8	0,373	1,099	0,185	1,815	0,136	1,864	1,054
9	0,337	1,032	0,239	1,761	0,184	1,816	1,010
10	0,308	0,975	0,284	1,716	0,223	1,777	0,975

### Диаграмма индивидуальных значений и скользящего размаха ( $I, MR$ )

Контрольная диаграмма индивидуальных значений ( $I$ ) и скользящего размаха ( $MR$ ) используется при работе с непрерывными данными, когда каждая подгруппа состоит только из одного, индивидуального измерения. Такие диаграммы легко создавать и использовать. На рис. 10.8 представлена диаграмма индивидуальных измерений, где центральная линия — их среднее значение.

На диаграмме скользящего размаха показан размах между двумя последовательными измерениями. Центральная линия представляет собой просто среднее значение этих межточечных скользящих размахов.

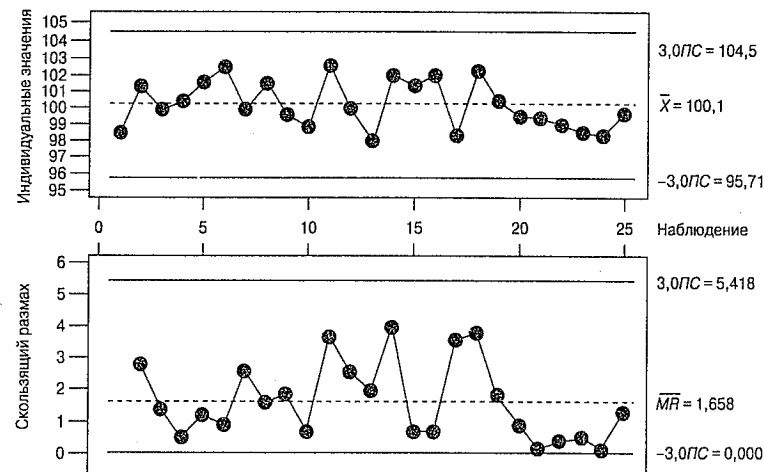


Рис. 10.8. Диаграмма индивидуальных значений и скользящего размаха (диаграмма  $I, MR$ )

Во многих ситуациях возможности сбора данных ограничены или же их сбор в подгруппы просто не имеет практического смысла. Вероятно, самый очевидный пример такой ситуации:

индивидуальное измерение уже является рациональной подгруппой. Такое происходит, когда каждое измерение представляет собой одну партию, или когда измерения значительно разнесены во времени, или когда при оценке процесса имеется только одно измерение. К таким ситуациям относятся разрушающие испытания, оборот складских запасов, цифры месячного дохода и химические испытания характеристики в большом контейнере с материалом. Во всех названных ситуациях фигурирует подгруппа, состоящая из одного измерения.



Формула расчета контрольных пределов основана на среднем скользящем размахе, т.е. вариации от одной точки к следующей. Контрольные пределы статистически оцениваются по этим скользящим пределам.

Диаграмма  $I, MR$  на рис. 10.8 состоит из двух частей: индивидуальные измерения показаны на верхней диаграмме, а скользящий размах — на нижней; по этой парной диаграмме мы одновременно изучаем положение процесса и ширину вариации.



Поскольку диаграмма  $I, MR$  основана на индивидуальных измерениях, она не столь чувствительна в обнаружении изменений процесса, как диаграммы  $X, R$  или  $X, S$  (подробнее о них — в следующих разделах).

## Диаграмма средних значений и размахов ( $\bar{X}, R$ )

Контрольная диаграмма  $X, R$  используется при работе с непрерывными данными, когда каждая подгруппа содержит от двух до десяти измерений. Основная сфера применения такой диаграммы — мониторинг и контроль стабильности среднего значения характеристики процесса. На диаграмме  $\bar{X}$  отмечены средние значения каждой подгруппы малого размера, которые собраны в последовательном, или хронологическом, порядке. Диаграмма  $\bar{X}$  в паре с диаграммой  $R$  (обе показаны на рис. 10.9) представляет собой чувствительный метод идентификации неслучайных причин вариации продукта или процесса. Поскольку метод основан на рациональных подгруппах, он позволяет глубоко понять краткосрочную вариацию процессной характеристики.

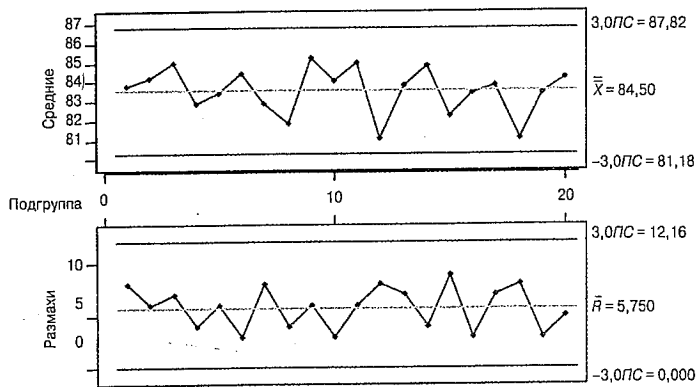


Рис. 10.9. Диаграмма средних значений и размахов (диаграмма  $\bar{X}, R$ )

Как и в случаях с другими парными контрольными диаграммами для непрерывных данных, диаграммы  $\bar{X}$  и  $R$  гораздо эффективнее, когда используются как согласованная пара.

Это объясняется тем, что каждая из них в отдельности показывает только часть информации о процессной характеристике. Верхняя отражает изменения среднего значения процесса. Нижняя — изменение вариации процесса.



Прежде чем интерпретировать  $\bar{X}$ -диаграмму, необходимо по  $R$ -диаграмме убедиться в том, что ширина вариации процесса стабильна и подконтрольна. Это требование объясняется так: контрольные пределы  $\bar{X}$ -диаграммы рассчитываются по наблюдаемой вариации размахов. Поэтому если  $R$ -диаграмма не будет подконтрольной, контрольные пределы  $\bar{X}$ -диаграммы окажутся неточными и станут ложным признаком неподконтрольных условий, хотя на самом деле таковых не существует.

## Диаграмма средних значений и стандартного отклонения ( $\bar{X}, S$ )

Диаграмму  $X, S$  строят аналогично диаграмме  $X, R$ , но вместо размахов на ней отмечают стандартное отклонение каждой подгруппы.



При расчете контрольных пределов на диаграмме  $X, R$  используются только две точки данных, а именно максимальное и минимальное значения. А при расчете контрольных пределов на диаграмме  $X, S$  используются все данные. Поэтому диаграмма  $X, S$  является более точным индикатором вариации процесса. Она также очень чувствительна к малым изменениям его среднего значения.

Используйте диаграмму  $X, S$ , когда подгруппы имеют десять или больше значений, а диаграмму  $X, R$  — если значений в подгруппах меньше десяти. Стоит рассмотреть применение диаграммы  $X, S$  в тех случаях, когда процесс имеет высокий уровень производительности, сбор данных быстр и недорог или нужна повышенная чувствительность к вариации.



Диаграмма  $X, S$  менее чувствительна, чем диаграмма  $X, R$ , для обнаружения особых причин вариации, поэтому необычной становится подгруппа из одного значения.

## Контрольные диаграммы для атрибутивных данных

Атрибутивные данные невозможно измерить по непрерывной шкале; они попадают в отдельные категории, такие как малый/средний/большой, отвечает/не отвечает требованиям, приемлемый/неприемлемый и т.д. (Атрибутивные и непрерывные данные детально рассмотрены в главе 7.) Хотя отслеживать и контролировать товары, услуги и процессы предпочтительнее с помощью более чувствительных непрерывных данных, иногда таких данных просто нет, поэтому приходится довольствоваться менее чувствительными атрибутивными. Но не стоит отчаиваться, ведь определенные контрольные диаграммы специально разработаны для атрибутивных данных и способны обеспечить нас достоверной информацией для контроля поведения нашего процесса.

Зная всего две атрибутивные контрольные диаграммы, мы способны отслеживать и контролировать процессные характеристики, составленные из атрибутивных данных. Это  $p$ -диаграмма (доля несоответствующих) и  $u$ -диаграмма (несоответствий на единицу). В табл. 10.4 сведены

важные параметры этих диаграмм. Подобно их непрерывным аналогам, эти атрибутивные контрольные диаграммы помогают нам принимать решения о контроле. Используя их контрольные пределы, мы узнаем истинный голос процесса.

Таблица 10.4. Контрольные диаграммы для атрибутивных данных

Контрольная диаграмма	Доля несоответствующих, $p$ -диаграмма
Размер подгруппы ( $n$ )	Переменный (обычно >50)
Центральная линия	
Для индивидуальных подгрупп: $p_i = \frac{\text{количество несоответствующих}}{n_i}$	
Всего: $\bar{p} = \frac{\text{общее количество несоответствующих}}{n_1 + n_2 + \dots + n_k}$	
Контрольные пределы	
$VKП_i = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}$	
$HKП_i = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}$	
Контрольная диаграмма	Количество несоответствий на единицу, $u$ -диаграмма
Размер подгруппы ( $n$ )	Переменный
Центральная линия	
Для индивидуальных подгрупп: $u_i = \frac{\text{количество несоответствий}}{n_i}$	
Всего: $\bar{u} = \frac{\text{общее количество несоответствий}}{n_1 + n_2 + \dots + n_k}$	
Контрольные пределы	
$VПC_i = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$	
$НПC_i = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$	

Представим себе тарелку супа. Если вы находите в ней муху, то посчитаете суп непригодным для употребления. А если в супе плавает десять мух? Это ничего не меняет: как и прежде, вы откажетесь от такого супа. Данные такого рода, когда нечто неправильное — независимо от того, много его или мало — заставляет нас признать весь объект неприемлемым, называются *несоответствующими*. Для графического отражения несоответствующих атрибутивных данных (отвечает/не отвечает требованиям, проходит/не проходит, приемлемый/неприемлемый) используйте  $p$ -диаграмму.

Опять вернемся к тарелке супа. Теперь в ней плавает три мухи. Другими словами суп имеет три *несоответствия*. Некоторые атрибутивные данные для контрольных диаграмм являются данными несоответствий — количество царапин на дверце автомобиля, количество по-

лей, пропущенных при заполнении бланка заявления, и т.д. Если вы подсчитываете количество несоответствий и ведете им учет, то вы работаете с атрибутивными данными несоответствий, поэтому используйте для статистического контроля процесса  $u$ -диаграмму.



Хотя термины “несоответствующие” и “несоответствия” звучат почти одинаково, важно знать, с каким именно видом атрибутивных данных мы имеем дело: с несоответствующими данными (проходит/не проходит проверку) или с данными несоответствий (количество дефектов). Если здесь ошибиться, то последующая контрольная диаграмма будет абсолютно ошибочной.



$p$ -диаграммы для несоответствующих данных основаны на биномиальном распределении, тогда как  $u$ -диаграммы для данных несоответствий (дефектов) — на распределении Пуассона.

### $p$ -диаграмма для атрибутивных данных

На  $p$ -диаграмме изображена доля в каждой подгруппе несоответствующих измеренных единиц или результатов процесса. Последовательные подгруппы для  $p$ -диаграмм могут быть как одного, так и разных размеров. Когда подгруппы различаются по размеру, верхний и нижний контрольные пределы представляют собой не ровную горизонтальную линию, а ломаную, как показано на рис. 10.10. Но прежние правила интерпретации контрольной диаграммы остаются в силе, просто в каждой подгруппе свои контрольные пределы.



Долю несоответствующих для каждой подгруппы находим путем деления количества несоответствующих в подгруппе на общее количество измерений в ней.

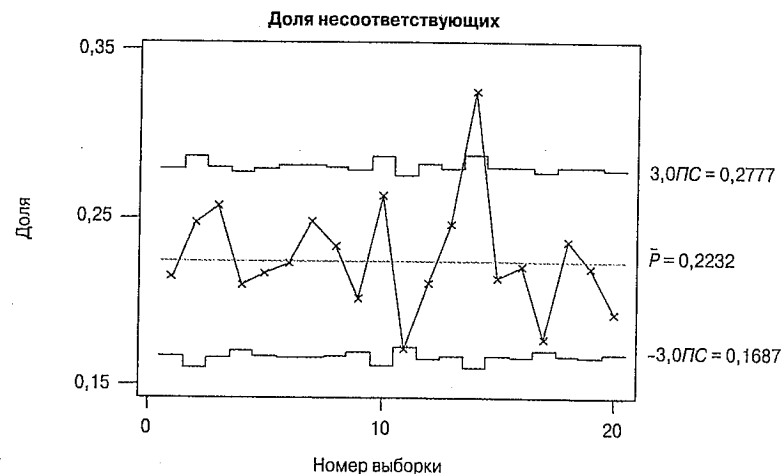


Рис. 10.10.  $p$ -диаграмма для доли несоответствующих

Обычно  $p$ -диаграмму используют при наличии процентных данных, при этом подгруппы, участвующие в расчете процентной величины, должны различаться между собой по размеру.

Например, количество пациентов, приходящих к стоматологу позже назначенного времени, каждый день разное. Или же дневное количество обработанных форм, которые приходится переделывать из-за ошибок. В обоих примерах каждый день мы имеем дело с другим полным размером подгруппы.



*p*-диаграммы обычно используются в тех случаях, когда вероятность несоответствующих данных низка — как правило, меньше десяти процентов. Поэтому для их обнаружения размер подгруппы должен быть достаточно большим. Также важно рассмотреть продолжительность периода времени, представленного подгруппой: длительные периоды усложняют задачу поиска особой причины.



Следует помнить, что подобно случаю непрерывных контрольных диаграмм, в дополнение к простому превышению контрольных пределов нужно обращать внимание и на другие признаки вариации по особым причинам. Необычные закономерности, такие как смещенные отрезки или тренды, даже если все точки находятся в контрольных пределах, могут свидетельствовать о нестабильности или необычных изменениях процесса или характеристики.

### *u*-диаграмма для атрибутивных данных

Как и для *p*-диаграммы, для *u*-диаграммы тоже не требуются подгруппы одного размера. Контрольные пределы на *u*-диаграмме меняются при изменении размера подгруппы и поэтому не могут быть постоянными.

Обычно *u*-диаграмму используют для подсчета количества выраженных дефектов (несоответствий) на форме. Например, ошибки и пропущенная информация (дефекты) на заявлении о страховой оплате — частая проблема для больниц. Поэтому каждое заявление приходится проверять и исправлять, прежде чем отправлять в страховую компанию.

Одна больница измерила у себя количество несоответствий на единицу, рассчитав такое число для обработанных форм каждого отдельного дня. Результаты этой работы в виде *u*-диаграммы представлены на рис. 10.11.

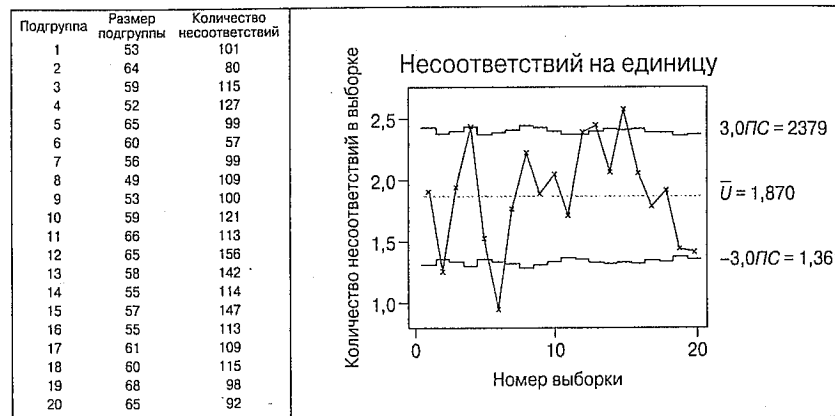


Рис. 10.11. *u*-диаграмма для страховых заявлений

Каждая точка на диаграмме (рис. 10.11) представляет среднее количество дефектов на одно заявление для данной подгруппы. Точки, расположенные на диаграмме выше, представ-

ляют большее количество дефектов на единицу. Центральная линия — расчетная величина 1,870 — означает, что общее среднее для процесса равно 1,87 дефекта на одно заявление.

## Пока-Йоке (предотвращение ошибок)

Предотвращение ошибок, или Пока-Йоке как говорят в Японии, представляет собой действия, нацеленные на устранение или существенное уменьшение возможности ошибок либо на их явное выявление, что исключает их попадание к потребителю. Данные два подхода продемонстрированы на рис. 10.12.

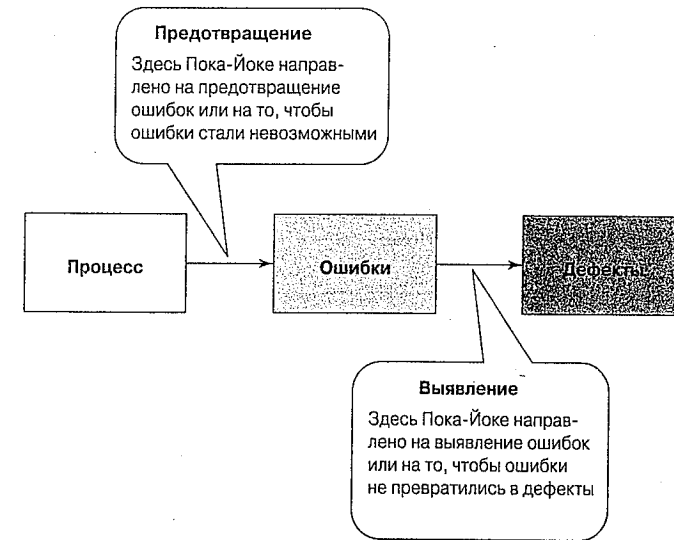


Рис. 10.12. Применение Пока-Йоке для предотвращения и выявления дефектов

Пока-Йоке очень хорошо согласуется с фундаментальными целями и философией “Шесть сигм” и находит широкое применение в таких сферах, как производство, техника, обработка транзакций. И еще: это один из простейших для освоения инструментов. Пока-Йоке включает действия по устранению ошибок, погрешностей или дефектов в ежедневной деятельности и процессах.

Пока-Йоке начинается с понимания причинно-следственных связей дефекта. Далее принимаются меры по устранению ошибок, которые приводят к нему. Решения Пока-Йоке включают внесение какого-нибудь простого физического изменения, создание проверочного листа, изменение последовательности операций, выделенное поле на форме, программное сообщение, напоминающее оператору о необходимости выполнения определенной операции, или любой другой способ, гарантирующий, что ошибки будут либо полностью устранены, либо существенно уменьшены.

В ежедневной жизни много примеров Пока-Йоке. Например, штеккер для подключения компьютерной клавиатуры или мыши. Форма штеккера такова, что вы не сможете ошибочно вставить его в другое, не “родное”, гнездо и повредить этим компьютер. Еще пример. Сняв крышку бензобака автомобиля, вы увидите, что форма трубки делает невозможным заправку машины бензином другой, не оговоренной в технических условиях, марки.



Пока-Йоке — это также идеальная форма контроля над транзакциями. Приведем примеры.

- ✓ Компьютерная форма по внесению данных не позволит вам продвинуться дальше, пока вы не заполните все обязательные поля (обычно их помечают звездочкой \*).
- ✓ Проверочные списки используются для того, чтобы нечаянно не пропустить какую-нибудь позицию.
- ✓ Поток операций процесса выполняется и направляется автоматически.

Кратко говоря, цель контрольной фазы заключается в определении точек измерений для критичных X и других значимых параметров процесса, чтобы обеспечить предсказуемость КрДК и их соответствие заданным требованиям. Разные уровни контроля имеют и разные уровни эффективности.



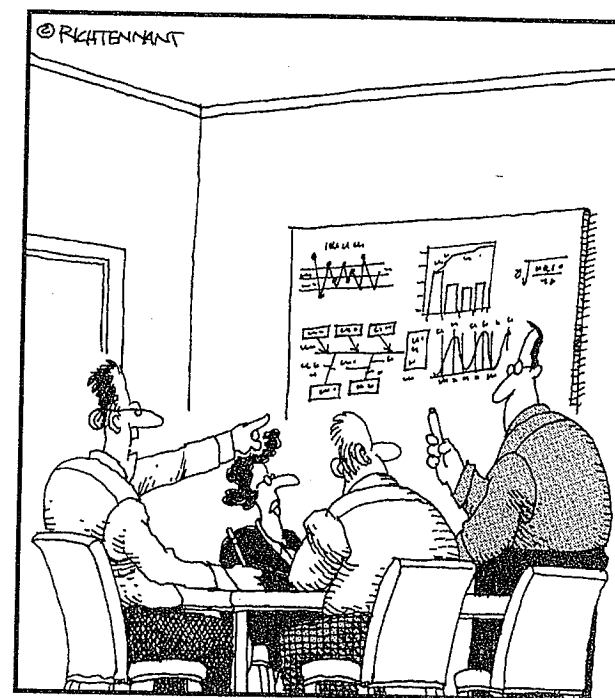
Самая эффективная форма контроля процесса иногда называется *корректирующим действием I типа*. Данный контроль вообще исключает условия для появления ошибок. Такова первейшая цель метода Пока-Йоке. Вторая по эффективности форма контроля называется *корректирующим действием II типа*. При этом выявляется момент возникновения ошибки и процесс останавливается (или отключается оборудование), чтобы дефект не развивался дальше. Это еще одно применение метода Пока-Йоке.

## Часть III

# Инструменты и технологии «Шесть сигм»

The 5th Wave

Рич Теннант



«Послушайте, Митчелл, мы работаем по строгой причинно-следственной методологии. Не думаю, что на этой матрице есть место для термина «так карта легла»».



## Инструменты практика “Шести сигм”

*В этой главе...*

- ✓ Инструменты оптимизации процессов
- ✓ Инструменты статистического анализа
- ✓ Использование инструментов практиками “Шести сигм”
- ✓ Имеющиеся на рынке программные инструменты и технологии

### *В этой части...*

Проще говоря, вам не реализовать “Шесть сигм” без инструментов. В данной части книги мы рассмотрим технические и управленческие инструменты, с помощью которых вы сможете применить “Шесть сигм” в вашей компании.

**У** чтобы использовать “Шесть сигм” даже в самых сложных ситуациях, вовсе не нужно быть гением компьютерного программирования или дипломированным статистиком. Все необходимые инструменты уже разработаны и доступны и позволяют практику “Шесть сигм” соединить их непосредственно с теорией. Через эти инструменты реализуются все стратегии и методы, рассмотренные в части II.

На рынке имеется много инструментов “Шесть сигм”. Но не следует бояться такого разнообразия — на самом деле они разбиты всего на несколько категорий. В главе 12 мы рассмотрим инструменты, предназначенные для управления. А темой данной главы стали инструменты, созданные специально для практиков “Шесть сигм”. Применяя их к проектам “Шесть сигм”, вы получите точные, понятные и годные для многократного использования результаты.

Большинство инструментов “Шесть сигм” реализованы в виде компьютерных программ, в том числе и для ПК. Эти программы имеют множество встроенных процессов и аналитических функций. Чтобы стать гением “Шесть сигм”, достаточно всего нескольких щелчков мышью.

В данной главе в качестве бонуса предлагаются рекомендации по платформе и технологиям, необходимым для выбора и применения инструментов.

### *Инструментарий практика*

Чтобы стать успешным практиком “Шесть сигм”, вы должны научиться применять описанные в этой книге аналитические и статистические концепции и формулы данной методологии. На заре ее становления — а это было в 1980-е годы — необходимые анализ и статистические вычисления осуществлялись по большей части вручную; из-за их трудоемкости они были по силам только асам статистики. В те дни использовать “Шесть сигм” на практике могли только люди, сведущие сразу в двух областях, — статистике и компьютерном программировании.

Но сегодня все изменилось. Методы и инструменты хорошо сформулированы и определены, а благодаря широкому распространению персональных компьютеров и прикладному программному обеспечению, пережившему несколько этапов модернизации, анализ, в том числе сложные вычисления и отображение данных, стал относительно простым делом. Несколькими движениями компьютерной мыши вы легко используете самые сложные функции, прогрессивное моделирование, разработку экспериментов и создадите впечатляющие диаграммы и графики.

Кратко говоря, как практик “Шесть сигм” вы теперь вооружены полным набором практических прикладных инструментов. Правда, как и в случае с любыми другими инструментами

в различных сферах, сначала надо научиться ими пользоваться и правильно интерпретировать полученные с их помощью результаты. Однако поняв теорию и стратегию “Шесть сигм”, вы сможете применять эти инструменты быстро, в полной мере и правильно.

Практические инструменты весьма разнообразны, но тем не менее любой из них всегда попадает в одну из двух основных категорий: инструменты оптимизации процессов и инструменты статистического анализа. Каждая играет критичную роль в успешном использовании “Шесть сигм”.

- ✓ Инструменты **оптимизации процессов** позволяют вам разработать, смоделировать и оптимизировать свои рабочие процессы. К этой категории относятся инструменты для создания диаграмм процессов и потока операций, построения причинно-следственных матриц, диаграмм “рыбья кость” (елочных) и *SIPOC* (Поставщики–Входные факторы–Процесс–Выходные факторы–Потребители), оценки способности процесса и многого другого. Назначение таких инструментов — показать вам, как выполняется работа и где находится источник проблемы.
- ✓ С помощью инструментов **статистического анализа** анализируются данные, собранные либо при наблюдении за продуктом или процессом в реальных условиях, либо при моделировании или экспериментировании. К данной категории относятся основные статистические инструменты, инструменты анализа дисперсии и выполнения регрессии, разработка экспериментов (РЭ (*DOE*)), контрольные диаграммы, графики, таблицы. Назначение инструментов этой категории — преобразовать данные в знания, на основе которых будут приниматься информированные решения.

Вы сами решаете, как вам выбирать и применять эти инструменты. Поскольку любой из них основан на фундаментальных принципах или математических формулах, его можно использовать либо вручную (буквально с карандашом и бумагой), либо с помощью логарифмической линейки или калькулятора. Но в наше время развитых информационных технологий стали широко доступны компьютерные программные средства, позволяющие применять инструменты быстро, дешево и без труда. Эти программы выполняют вместо вас любые функции. Они также объединяют различные инструменты в логически упорядоченные наборы.



Большинство перечисленных инструментов работают только на персональном компьютере с операционной системой Microsoft Windows. Если же вы пользователь Mac или Linux или хотите развернуть эти инструменты через интранет или Интернет как Web-приложения, ваши возможности ограничены. В последнем разделе данной главы мы рассмотрим данный вопрос глубже, но реальность такова: инструменты “Шесть сигм” предназначены в первую очередь для Windows-среды.

## Инструменты оптимизации процессов

Мы используем “Шесть сигм” по одной-единственной причине: улучшить наши бизнес-процессы. Поэтому инструменты, непосредственно помогающие оптимизировать многие виды рабочих процессов, являются нашим главным оружием в борьбе против неэффективности, высоких затрат, вариации и потерь. Все другие инструменты, будь то управленческие или аналитические, играют всего лишь вспомогательную роль. Потому что для нас главное — улучшить процесс.

Термин “оптимизация процессов” охватывает как объект действия — процессы, — так и цель, т.е. оптимизацию. В пределах этой широкой категории существует много

вспомогательных задач, для которых предназначены подкатегории инструментов. Все они сведены в табл. 11.1.

Таблица 11.1. Инструменты оптимизации процессов

Инструмент	Назначение
<i>SIPOC</i>	Поставщики–Входные факторы–Процесс–Выходные факторы–Потребители. Создание подробной карты процесса с указанием нескольких важных подробностей о каждом ключевом элементе
Дерево критичных факторов	Поиск, организация и отображение частей процесса согласно их значимости
Моделирование	Определение и разработка процессов, включая поток операций или материала, хронологию деятельности, расходование ресурсов, точки принятия решений, инспекции и доставки
Воспроизведение на модели	Воспроизведение на модели потока операций или материала, анализ результатов воспроизведения для оценки общей эффективности и эффективности затрат. Поиск дефектов, ошибок, узких мест, вариации и элементов, не создающих добавленную стоимость
Причинно-следственная матрица	Позволяет для результатов любого процесса определить входные факторы, влияющие на результат, их весовые коэффициенты и выявить значимые для результата входные факторы
Елочная диаграмма (“рыбья кость”)	Изображение причинно-следственных связей в форме древовидной структуры с указанием категории для каждого крупного значимого входного фактора. Этот метод позволяет выявить потенциальные причины и входные факторы процесса
Анализ эффектов отказных режимов, АЭОР ( <i>FMEA</i> )	Для любых деятельности или объекта можно определить потенциальные отказные режимы, включая вероятность их возникновения, а также обнаружить и охарактеризовать эффекты этих отказов
Анализ способности и сложности	Анализ баланса между сложностью продукта и способностью процесса. Определяет оптимальную конфигурацию этих двух аспектов, которая позволит получить желаемый результат
Планы	Используя результаты воспроизведения на модели и анализа, определяет, как собирать данные, а также как контролировать и проверять процессы

## Диаграмма *SIPOC*

*SIPOC* (интересно, что это слово одинаково произносятся и на английском, и на русском — “сипок”) является акронимом английских аналогов терминов “Поставщики–Входные факторы–Процесс–Выходные факторы–Потребители”. Диаграмма *SIPOC* относится к числу фундаментальных строительных блоков “Шесть сигм”. С ее помощью мы создаем контролируемый и организованный взгляд на наш рабочий процесс и закладываем фундамент для применения провальной стратегии ОИАУК.



Акроним *SIPOC* удобен тем, что составляющие его термины расположены в правильном порядке, т.е. мы видим не только пять крупных элементов карты процесса, но и порядок, в котором они появляются (табл. 11.2)

## Построение диаграммы *SIPOC*

Диаграмма *SIPOC* строится в направлении изнутри наружу, т.е. начинать следует с центрального элемента, процесса. При этом выполняется шесть шагов.

1. Определите процесс, карту которого хотите построить, а также его диапазон и крайние точки.

Используя глаголы действия, опишите назначение процесса и его длительность. Укажите его начальную и конечную точки.

Таблица 11.2. Диаграмма SIPOC

Элемент	Описание
S: Поставщики ( <i>Suppliers</i> )	Поставщики — это системы, люди, организации или другие источники материалов, информации или других ресурсов, которые потребляются или преобразуются в нашем процессе
I: Входные факторы ( <i>Inputs</i> )	Входные факторы — это материалы, информация или другие ресурсы, которые обеспечивают поставщики и которые потребляются или преобразуются в нашем процессе
P: Процесс ( <i>Process</i> )	Процесс — это действия и деятельность, преобразующие входные факторы в выходные
O: Выходные факторы ( <i>Outputs</i> )	Выходные факторы — это товары или услуги, которые производятся в ходе процесса и используются потребителями
C: Потребители ( <i>Customers</i> )	Потребители — это люди, группы людей, компании, системы и дальнейшие процессы, получающие выходные факторы (результаты) нашего процесса

## 2. Идентифицируйте выходные факторы.

Какие товары и услуги будут получены по окончании процесса?

## 3. Укажите по имени, должности или корпоративному названию получателей (потребителей) результатов процесса.

## 4. Укажите требования потребителей; каких результатов они ожидают?

Что нужно потребителям? Какую обоснованную стоимость они хотят получить?

## 5. Определите входные факторы процесса.

Идентифицируйте людские, капитальные, информационные, материальные и природные ресурсы, необходимые для того, чтобы по окончании процесса получить заданные результаты.

## 6. Идентифицируйте источники (поставщиков) входных факторов.

На основе такой информации создается целостная картина любого процесса. Диаграмма SIPOC сама по себе является самым мощным из доступных инструментов, поскольку задает условия для ОИАУК “Шесть сигм”. SIPOC дает основу для определения и характеристики самого процесса, контекст измерений, основу для анализа, идентификации зон улучшения и достижения целей контроля. Программные инструменты SIPOC, такие как iGrafx, SigmaFlow и Process Model, помогают собрать, организовать и отразить эту информацию.

## Я слышу голоса

Кто это там говорит? Самым громким среди других должен быть голос потребителя, или ГП (VOC). Голос потребителя — это практика в процессе оптимизации “Шесть сигм”, направленная на включение в процесс требований и ожиданий потребителя. Но это не единственный “голос” в “Шесть сигм”. В вашем сознании с ГП конкурируют два дополнительных голоса — процесса, ГПр (VOP), и бизнеса, ГБ (VOB).

- ✓ **Голос потребителя (ГП).** Это голос, обращенный к вашему процессу и раздающийся из места, расположенного за его результатами. Потребитель голосом выражает свои нужды, желания и стремления или, обобщенно, требования.

- ✓ **Голос процесса (ГПр).** Процесс должен отвечать требованиям потребителя, его способность отвечать этим требованиям называется голосом процесса (ГПр). Процесс рассказывает нам о своих входных и выходных факторах и о ресурсах, необходимых для функционального преобразования.
- ✓ **Голос бизнеса (ГБ).** Это голос прибыли и отдачи инвестиций. Каждое усилие должно повышать способность бизнеса к выживанию, росту и удовлетворению нужд своих служащих, инвесторов и общества.

## Что критично? Дерево критичных факторов

В “Шесть сигм” мы всегда ищем причины. Мы хотим знать, что стоит за интересующим нас явлением и приводит к результату, т.е. мы хотим найти критичные X. При оптимизации процесса вы должны понять, что критично для успешного результата каждого шага, и сконцентрироваться на оптимизации только важных вещей. Эту задачу решает дерево критичных факторов.

Можно спросить: для чего критичных? И простой ответ: для всего, имеющего значение, — от удовлетворенности потребителей, качества и надежности продукта, длительности производственного цикла до себестоимости поставляемых товаров и услуг. Ответ определяется тем, что вы анализируете и оптимизируете.

Практик “Шесть сигм” часто упоминает универсальный термин КрД по отношению ко множеству различных переменных, влияющих на желаемый результат. Но в процессе оптимизации мы имеем дело с конкретными случаями, и дерево критичных факторов как раз и является инструментом, помогающим нам идентифицировать и охарактеризовать факторы влияния на конкретные выходные факторы.

Большинство деревьев критичных факторов начинаются с результата SIPOC, т.е. удовлетворенности потребителей, расположенного сверху, а другие факторы следуют ниже. И хотя критичные факторы, приведенные в табл. 11.3, используются чаще всего, вы вправе придумать и применять любые нужные вам X. Встречаются такие угодно КрД, от “критичных факторов для качества”, “критичных факторов для доставки” и даже “критичных факторов для себестоимости”. Все зависит от конкретного случая.

Таблица 11.3. Применение дерева критичных факторов

Критичный для...	Общепринятое название	Определение
Удовлетворенности (Satisfaction)	КрДУ (CTS)	Что способствует успеху продукта у потребителей?
Качества (Quality)	КрДК (CTQ)	Что способствует качеству процесса или продукта?
Себестоимости (Cost)	КрДС (CTC)	Что образует себестоимость или конечную цену?
Доставки (Delivery)	КрДД (CTD)	За счет каких элементов складывается время цикла доставки?

Создавая дерево критичных факторов, сначала определите конкретную зону применения (допустим, удовлетворенность потребителей, КрДУ). Это — ствол дерева. Затем определите ветви по категориям или ключевые факторы, важные для удовлетворенности потребителей, которые могут включать наличие продукции, цену, выбор, точность, презентацию, рабочие характеристики и т.д. Это КрД более низкого порядка. Наконец, определите листья дерева, т.е. конечные элементы: причины или влияния на категории удовлетворенности потребителей.

Пример дерева критичных факторов приведен на рис. 11.1. В главном окне мы видим, что корневой узел дерева называется “Критичный фактор для удовлетворенности”. Ветвями дерева названы выбор, цена, рабочие характеристики и наличие. Затем названы листья

для каждой ветви. К тому же лист “конфигурация”, например, имеет составляющие под-листья, которые создатели дерева посчитали нужным включить как критичные факторы для конфигурации.

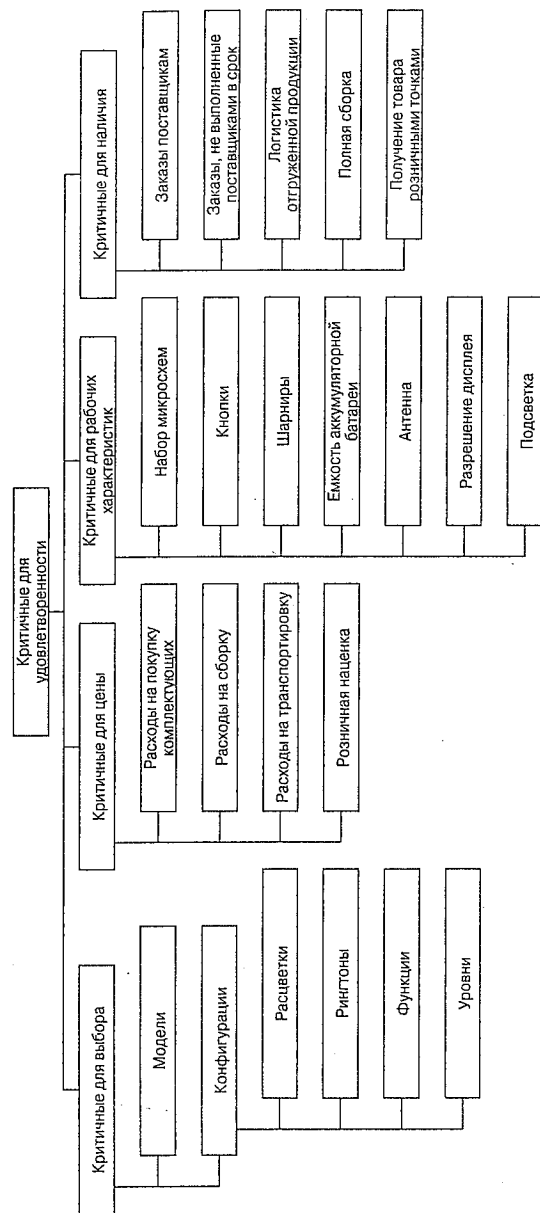


Рис. 11.1. Дерево критичных факторов для мобильного телефона

## Моделирование процесса

Процесс “Шесть сигм” определяют точно — максимально точно, — вплоть до мельчайших деталей, указывая все виды деятельности, ресурсов, решений, зависимости и стоимости. Только таким образом можно достаточно эффективно измерить и проанализировать процесс, добиться прорыва в улучшении и, наконец, обеспечить действенный контроль. Модель точно отражает процесс, поэтому практика его моделирования занимает в методологии “Шесть сигм” одно из центральных мест.

Моделирование процессов применяется на протяжении уже нескольких десятилетий, поэтому в его основных концепциях нет ничего нового. Однако моделирование процессов в стиле “Шесть сигм” имеет несколько особенностей, в результате чего процессные модели “Шесть сигм” лишь отдаленно напоминают своих предшественников, т.е. процессные модели прошлых лет. В мире “Шесть сигм” процессная модель описывается математически, что позволяет провести всесторонний статистический анализ ее различных частей и элементов. Каждый узел, каждая функция и каждый вид деятельности сопровождается численным описанием и количественной характеристикой, поэтому мы видим весь процесс в математическом свете.



В процессном моделировании “Шесть сигм” практическая ситуация описывается статистически, что позволяет принимать статистические решения, которые затем можно применять в нашем практическом контексте. Внешне процессная модель “Шесть сигм” выглядит как блок-схема, но в действительности это мощная математическая машина.

### Азбука процессного моделирования

Процессное моделирование требует строгого подхода. Вы должны понимать весь процесс в самых тонких деталях. К тому же построение модели процесса требует времени. Моделирование не ограничено жесткими структурными рамками, оно пересекает кордоны и границы, и иногда в ходе создания модели вы обнаруживаете различные скрытые моменты и даже затрагиваете чьи-нибудь интересы.

Но не стоит отчаиваться. В благодарность за труды вы получаете правду, рассказанную моделью. Такая модель станет основой для понимания и прорывного улучшения. Время, затраченное на построение модели, сторицей окупится в виде лучших рабочих показателей и удовлетворенности.

Процессное моделирование “Шесть сигм” начинается с создания карт процесса. Затем вы называете и определяете количественно пути, пересечения, решения и пункты назначения на этих картах, используя такие меры, как стоимость, время, ресурсы, выход продукции и свое статистическое распределение для каждой. Плодом этой работы с картами процесса будет статистический базис для воспроизведения процесса на модели и анализ результатов такого воспроизведения.

### Рисуем карту процесса

Карта процесса выглядит как блок-схема и на высшем уровне действительно является таковой — изображением деятельности и событий, составляющих наш процесс. На рис. 11.2 приведен пример карты процесса.

Нарисовать карту процесса можно по старинке, карандашом на бумаге, или же с помощью графической компьютерной программы, например Microsoft Visio. Однако лишь более совершенные программные инструменты, такие как iGrafX Process, SigmaFlow и Traxion, позволяют выполнить воспроизведение процесса на модели и анализ результатов максимально эффективно — на уровне “Шесть сигм”. При построении блок-схемы ее графические элементы — фигурные блоки, соединительные линии и прочее — следует использовать не произвольно, а в соответствии с общепринятыми правилами.

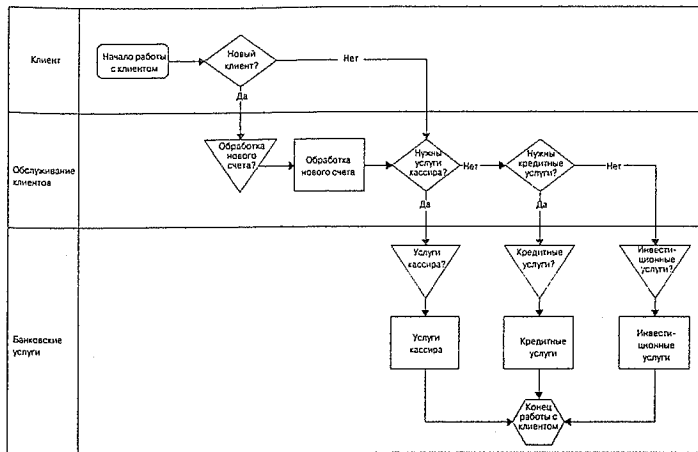


Рис. 11.2. Карта процесса работы с клиентом банка

На рис. 11.3 приведен ряд общепринятых графических элементов процессных карт. Правда, в разных программных инструментах элементы одного типа могут несколько отличаться друг от друга внешне.

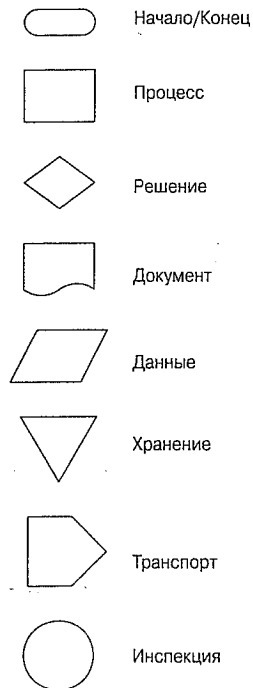


Рис. 11.3. Графические элементы процессных карт



По всей организации надо использовать стандартные графические элементы карт. С появлением единого стандарта BPMN (Нотация моделирования бизнес-процессов) процессное моделирование должно стать более простым и эффективным. А между тем рекомендуем принять правила, которые используются в каком-нибудь программном приложении, и считать их внутренним стандартом для всей рабочей группы или организации. Выберите что-нибудь одно и впоследствии все придерживайтесь этого внутреннего стандарта.

На данном этапе вас не должны интересовать детали происходящего внутри каждого блока на карте. Ваша задача — отразить все шаги, определить основную функцию каждого и соединить блоки между собой в последовательности, отражающей течение процесса.

### Определяем точки процесса

После того как вычерчена карта процесса, на следующем шаге следует подробно определить каждый нанесенный на нее объект. Здесь нужна точность и количественные характеристики от этого впоследствии будет зависеть точность модели процесса. Если вы используете какую-нибудь компьютерную программу для процессного моделирования, вам помогут подсказки об атрибутах для каждого узла модели. Таких атрибутов множество. Ниже перечислены категории определений для элементов процесса.

- ✓ **Время операционного цикла** данного элемента процесса, включая среднее время, вариацию во времени (стандартное отклонение) и, возможно, кривую распределения, чтобы представить все возможные значения времени.
- ✓ **Ресурсы**, используемые в этом элементе процесса, включая людские, капитальные и природные. Более функциональные программные инструменты позволяют даже идентифицировать ресурсы по названию и типу и позднее в ходе воспроизведения процесса на модели отследить их использование.
- ✓ **Стоимость, добавленная** на этом шаге процесса, в наиболее важных для вашей организации единицах измерения. По меньшей мере вы хотя бы должны иметь возможность определить шаг процесса как добавляющий или не добавляющий стоимость.
- ✓ **Стоимость использованных ресурсов**. Сюда входит стоимость людских ресурсов, оборудования и помещений, прямых материальных ресурсов и даже непрямые затраты.



Чем точнее ваше определение затрат будет соответствовать определениям, принятым в вашей учетной системе, тем лучше. Тогда бухгалтерия вашей организации сможет проверить заявленные вами затраты и стоимость. Чтобы сделать бухгалтерию своим партнером, надо говорить с ней на одном языке.

### Плавательные дорожки

Последним достижением в процессном моделировании стала техника визуализации под названием “плавательные дорожки”. Помните, мы говорили, что процессы пересекают кордоны и границы? Допустим, вы являетесь потребителем, и вам отведена плавательная дорожка 1; обслуживанию потребителей отведена дорожка 2; внутренние процессы “плывут” по дорожке 3 и т.д. Время всегда течет слева направо. Процесс, двигаясь от начала к концу, пересекает дорожки на карте, а в действительности — подразделения организации (рис. 11.4).

Эффективная техника визуализации “плавательные дорожки” позволяет каждому функциональному участнику процесса понять свою роль и в то же время дает всем работникам возможность увидеть, насколько сложны процессы в их организации. Запомним, что каждый раз при пересечении границы между двумя дорожками мы, по сути, создаем отношения по-

ставщик-потребитель, а это означает появление нужд, потребностей и желаний, которые необходимо удовлетворить.

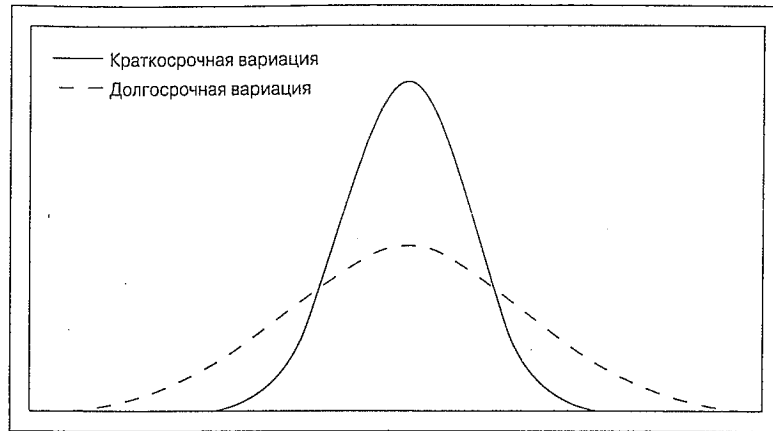


Рис. 11.4. Плавательные дорожки

### Быть или не быть

Моделирование процесса, как правило, представляет собой попытку изобразить наше представление о том, каким станет процесс после реализации запланированных перемен. Это будущее положение дел. Моделирование будущего является мощным методом, поскольку дает нам возможность детально изучить наши планы и рассмотреть возможные варианты будущего еще до реализации перемен. Имея модель и возможность воспроизвести процесс на ней, никто не станет воплощать перемены в жизнь без их предварительного моделирования.

Еще одной сферой применения процессного моделирования является создание модели существующей реальности, т.е. текущего состояния. Правда, делают это лишь немногие организации. Но это грубая ошибка! Единственной уважительной причиной для отказа от моделирования текущего процесса может быть реализация чего-то совершенно нового, когда текущего процесса еще просто не существует. Во всех других случаях сначала необходимо смоделировать уже существующий на данный момент процесс. И тому есть несколько важных причин.

- ✓ **Необходимо зафиксировать исходный уровень.** Прежде чем переходить к измерению эффекта кардинальных перемен, необходимо охарактеризовать текущие условия. Применяя одну и ту же технику процессного моделирования как к текущему, так и к будущему состояниям, мы получаем базис для измерения эффективности усилий по оптимизации процесса.
- ✓ **Необходимо увидеть процесс.** Существует три общепринятых взгляда на процесс:
  - что происходит по нашему мнению;
  - что происходит в действительности;
  - что должно происходить.

Это три совершенно разных состояния процесса. Именно третье является целью "Шести сигм". Но прийти к нему можно только через второе состояние, для чего необходимо составить карту происходящего в действительности.

- ✓ **Стимулирование циклического поведения.** Инвестиции в моделирование запускают механизм прорывного улучшения. Чтобы цикл последнего продолжался, модель должна быть динамичной и живой, в любой момент отражающей реальность. Такое циклическое поведение стимулируется моделированием текущего состояния.

### Зачем нужна SIPOC?

SIPOC — это не модель процесса, а модель процесса — это не SIPOC. Но даже если вы увлеклись процессным моделированием своего бизнеса, для SIPOC тоже найдется своя роль. Диаграмма SIPOC применяется на ранних стадиях моделирования для общего, укрупненного взгляда на процесс.

### Воспроизведение процесса на модели

Карта процесса является первой половиной его моделирования. Хотя она как статичное изображение нашей работы очень полезна, гораздо важнее получить динамичный взгляд на процесс.

Поэтому воспроизведение процесса служит второй частью моделирования. После составления карты процесса его воспроизведение запустит модель в действие. Инструменты воспроизведения — это продвинутое компьютерные программы, охватывающие все параметры модели и выполняющие на компьютере десятки, сотни и даже тысячи пробных вариантов процесса. Благодаря воспроизведению на модели нам удастся генерировать подобные реальным результаты, не внося при этом ни малейших физических изменений в процесс. Далее мы подвергаем это большое количество сгенерированных детальных результатов статистическому анализу.

В еще более функциональных инструментах воспроизведения на модели предусмотрена анимация, т.е. динамическое изменение карты процесса одновременно с воспроизведением. Это позволяет отследить, насколько плавно протекает процесс и где находятся узкие места, причем непосредственно в момент их возникновения. Наблюдая за моделью в действии и затем анализируя результаты воспроизведения, мы решаем задачу оптимизации процесса. Это итеративный, т.е. повторяющийся процесс.

### Среда воспроизведения на модели

Для воспроизведения на модели необходим компьютер и значительная квалификация оператора. Программы достаточно сложны. Программы для воспроизведения, или симуляторы, необходимо настраивать очень точно, а данные для них следует специально генерировать программой моделирования. К счастью для нас, современные программные инструменты успешно решают эти задачи.



Симуляторы — это сложные компьютерные программы, предъявляющие к квалификации оператора и к быстродействию и мощности компьютера высокие требования. Поэтому следует проверять соответствие технических возможностей компьютера требованиям симулятора. Правда, в некоторых более продвинутых симуляторах предусмотрена возможность работать и на недостаточно мощных компьютерах, для чего оператор отключает определенные функции воспроизведения. При этом получаются те же результаты, просто воспроизведение протекает дольше и с меньшим объемом анимации.

### Конфигурация воспроизведения на модели

Для запуска воспроизведения процесса на модели сначала надо задать ряд конфигурационных параметров. Назовем основные.



- ✓ **Количество или продолжительность циклов.** Вы можете указать количество повторов процесса на симуляторе или общее время, в течение которого он должен работать. Чем больше количество циклов или чем дольше период работы симулятора, тем более статистически представительными будут полученные результаты.
- ✓ **Рандомизация (установка случайного режима).** Во многих симуляторах предусмотрена функция установки произвольных значений входных факторов, что позволяет лучше имитировать изменчивость, происходящую в реальном мире. Но чтобы воспользоваться функцией рандомизации, необходимо в полной мере понимать природу изменчивости входных факторов процесса.
- ✓ **Закономерности.** В процессе могут возникнуть предсказанные закономерности вариации, такие как рабочие смены, дни недели, эффекты окончания месяца, поступление партий товара, часовые пояса, варианты распространения и т.п. Все это указывается в сценарии воспроизведения (симуляции).
- ✓ **Хранение данных.** Нужно указать природу данных, полученных в результате воспроизведения на модели и подлежащих хранению. Также следует указать схему их сбора — через определенные промежутки времени или через определенное количество циклов.
- ✓ **Интерактивность.** В некоторых симуляторах предусмотрена функция взаимодействия с программой воспроизведения во время ее исполнения. Благодаря этому мы имеем возможность изменять определенные параметры и наблюдать результаты такого вмешательства.

### Результаты воспроизведения

Результаты воспроизведения на модели могут поразить вас и вдохновить! Они почти всегда полны сюрпризов. Редко бывает, что полученный результат совпадает с предполагаемым. Чаще результаты воспроизведения на модели раскрывают неожиданные связи и зависимости, вынуждающие переосмыслить, изменить и перепланировать процесс.

Обычно результаты воспроизведения представлены в форме стандартного отчета, сгенерированного симулятором. В редких случаях симулятор накапливает данные воспроизведения в связанной базе данных, а чаще всего эти данные представлены в виде списка или набора стандартных отчетов. Однако более продвинутые инструменты позволяют пользователю самому указать нужные ему дополнительные статистики. Категории отчетных статистик приведены в табл. 11.4.

Таблица 11.4. Категории отчета о воспроизведении процесса на модели

Категория	Цель
Время	Показывает общее время транзакций, время на одно структурное подразделение организации, на один процесс или вид деятельности
Стоимость	В отчете указана стоимость всех ресурсов, транзакций и видов деятельности
Ресурсы	Статистика по использованию ресурсов, времени, деятельности, затратам
Очереди	Указаны проблемные процессы или транзакции, ожидающие в очереди из-за нехватки ресурсов, входных факторов или из-за других ограничений



Большинство симуляторов производят лишь элементарные отчеты. Чтобы выполнить более глубокий анализ, вам придется экспортировать данные, полученные на симуляторе, в какой-нибудь аналитический инструмент, допустим, Minitab.

## Причинно-следственная (C&E) матрица

Вспомним основное уравнение “Шесть сигм”:  $Y = f(X)$ . Все выходные факторы ( $Y$ ) являются результатом преобразования входных факторов ( $X$ ). Значит, налицо причина и следствие, или причинно-следственная связь. Поэтому эффективным инструментом для процессно-аналитика выступает причинно-следственная матрица.

**Причинно-следственная матрица** (матрица C&E) — это расширенный вариант причинно-следственной, или елочной диаграммы, предложенной Каору Ишикава, который впервые внедрил процессы управления качеством на верфях Кавасаки и стал одним из основоположителей современного бизнес-менеджмента. С помощью причинно-следственных связей практики “Шесть сигм” идентифицируют и определяют важность отношений между несколькими входными факторами и результирующими выходными. Используя причинно-следственную матрицу, мы идентифицируем, исследуем и графически изображаем все возможные причины некоторой проблемы или состояния, а затем ищем среди них корневую (главную). Пример причинно-следственной матрицы приведен на рис. 11.5.

Select	#	Activity Name	Process Inputs	Notes	Rating of Importance						Total	%	Potential / Vital X	FMEA	CP	DCP	
					Process Outputs / No Work Order Defects	Quality Accuracy	No Production Defects	Order Completion on-line	Minimum Cost	Maximum Cost							
<input type="checkbox"/>	6	Assembled Service	C: Operator/Shift	Individual shift performing work activity	1	4	9	9	4		185	8,32		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	7	Assembled Service	C: Material	Raw material quality	1	4	1	4	4	35	2,91	High	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/>	8	Assembled Service	C: Work Type	RAW Color, Poster, Other	1	4	3	4	4	173	2,74	High	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/>	9	Self Service	C: Work Type	RAW Color, Poster, Other	1	4	4	1	1	71	3,18	High	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/>	10	Self Service	S: Equipment Maintenance		1	4	4	1	1	71	3,18	High	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/>	11	Payment Service	F: Scrap	Self service often requires scrap to report scrap	1	4	1	1	4	58	2,24	High	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/>	12	Payment Service	C: Customer discount	Corporate discount schedule	1	9	1	1	1	64	2,66	High	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/>	13	Enabling Customer Processing	C: CSR - Greeter	Individual welcoming customer credit meant changed and enters work order	8	4	9	9	1	252	11,27	High	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/>	14	Enabling Customer Processing	S: Work Order Accuracy	Accuracy recording of work to be performed	8	9	9	9	4	278	12,43	Yes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/>	15	Quality Assurance Service	C: QC person	Individual	9	4	9	9	1	252	11,27	High	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/>	16	Other Issues	C: Working Conditions		1	1	9	4	1	128	5,72	High	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
					Total (40)						250	21,64	74	32,96			

Рис. 11.5. Причинно-следственная матрица

Причинно-следственная матрица пригодна для изучения как сложных, высшего уровня, так и более простых, среднего уровня, процессов или систем. Применение на высшем уровне означает, что причинно-следственная матрица связывает результаты процесса с требованиями потребителей; в таком случае матрица позволяет нам определить направление наших усилий по улучшению и идентифицировать проекты. На среднем уровне матрица связывает входные факторы процесса с его выходными факторами и может быть использована для расстановки приоритетов задач и проектов.

Программные инструменты системного уровня, которые автоматически строят причинно-следственную матрицу, формируют базу данных и передают ее на дальнейшие этапы, включая АЭОР (FMEA), контрольные планы и планы сбора данных.

## Диаграмма “рыбья кость” (елочная)

Вариантом причинно-следственной матрицы является диаграмма “рыбья кость” (или елочная), инструмент мозгового штурма (т.е. активного поиска творческих идей), который



используется для исследования и отображения источников вариации или влияния на процесс. С помощью диаграммы “рыбья кость” вы можете быстро создать входные факторы для причинно-следственной матрицы, идентифицировав ключевые источники, максимально влияющие на интересующие вас проблему или процесс. Елочная диаграмма также служит аффинным (родственным) механизмом для распределения входных факторов по категориям.

Елочная диаграмма настолько проста, что ее легко нарисовать фломастером на белой доске, в блокноте или даже на столовой салфетке. Правда, компьютерные программные средства несколько удобнее салфетки: они еще и соберут, классифицируют и подготовят для дальнейшего использования ваши данные.

Для создания елочной диаграммы следует идентифицировать основные категории влияния на результат, в пределах которых и перечисляются причины, как показано на рис. 11.6.

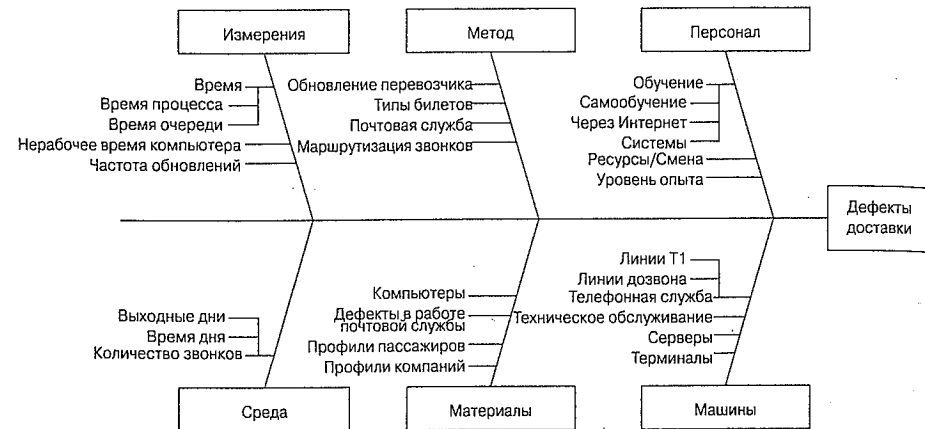


Рис. 11.6. Елочная диаграмма, названная так благодаря своей форме

## Анализ эффектов отказных режимов, АЭОР (FMEA)

Отказ (сбой, неудача, провал, брак) — это всегда плохо. Брак товара может привести к чему угодно, от неудовлетворенности потребителей до опасных ситуаций. Сбой процесса приводит к некачественной продукции, потере прибыли или к тому и другому одновременно. Поэтому АЭОР — ключ к уменьшению или устранению риска отказов. Впервые эту концепцию разработали в аэрокосмической отрасли и там же ее назвали акронимом *FMEA*, который с тех пор вошел в обиход.

АЭОР дает нам структурированный подход к идентификации рисков отказа продукта или процесса и к определению нашей способности обнаружить отказ и его последствия. Вооруженные этими знаниями, мы уменьшаем риск либо самого отказа, либо его последствий, либо обоих рисков одновременно. С помощью АЭОР мы определяем очередность действий, которые необходимо предпринять для уменьшения риска отказа, и оцениваем устойчивость своих конструктивных и контрольных планов к отказу.

АЭОР просто бесценен в сферах, где процессы или товары имеют отношение к безопасности или надежности, но данный метод в равной степени применим и к любому процессу или товару, где отказ имеет последствия для удовлетворенности потребителей или для успеха бизнеса.

АЭОР — это структурированный и в то же время простой путь воспроизведения на модели риска возникновения определенного события. Данный метод помогает найти важнейшие факторы, от которых зависит наш успех или неудача, и сосредоточиться на них. АЭОР — от-

личный инструмент для поиска тех немногих *X*, которые с наибольшей вероятностью содействуют оптимизации процесса.

Перечислим сферы применения АЭОР.

- ✓ **АЭОР дизайна.** Анализ дизайна (конструкции) продукта еще до начала его производства. Как правило, проводится рано — задолго до производства первых образцов, — сосредотачиваясь на функциональности изделия.
- ✓ **АЭОР процессов.** Анализ разработки, производства, сборки, распространения, услуг, поддержки и других процессов. АЭОР процессов направлен на входные факторы процесса.
- ✓ **АЭОР продуктов.** Анализ возможных отказных режимов продуктов или проектов.
- ✓ **АЭОР программного обеспечения.** Анализ отказных режимов программных приложений.

Для подготовки АЭОР используют данные карты процесса, причинно-следственной матрицы или даже елочной диаграммы. В любом случае подход один и тот же: добавлять три новые категории информации к идентифицированным отказным результатам или эффектам, как показано в табл. 11.5.

Таблица 11.5. Основные элементы АЭОР (FMEA)

Элемент АЭОР	Определение
Тяжесть последствий	Присвоить нормализованное значение тяжести последствий в случае отказа
Вероятность возникновения	Количественно оценить вероятность отказа
Вероятность обнаружения	Количественно оценить вероятность того, что существующая система контроля обнаружит причины и, следовательно, предотвратит последствия либо самого отказа, либо его эффектов

Вооруженные этими данными, мы далее критически анализируем отказные режимы системы, процесса и продукта. В аналитической фазе АЭОР мы определяем вероятности и ранжируем (присваиваем рейтинг) результаты. Один из основных индикаторов — это приоритетный номер риска (ПНР (*RPN*)), который определяют путем умножения трех величин:

$$\text{ПНР} = \text{рейтинг уровня} \times \text{рейтинг вероятности} \times \text{рейтинг обнаружения.}$$

### Защита от дурака

Одному японскому инженеру по имени Шигео Шинго из производственной службы компании *Toyota* принадлежит честь создания и формулировки подхода к управлению качеством, известного как Пока-Йоке (*Poka-Yoke*), что означает *предотвращение ошибок* (буквальный перевод: *избегать неумышленных ошибок*). С помощью Пока-Йоке, построенной в основном на простых и недорогих методах, предотвращают неумышленные причины дефектов.

Пока-Йоке — это любые механизмы или процедуры, предотвращающие совершение ошибки или делающие ее столь очевидной, что ее легко устранить. Благодаря мерам или устройствам Пока-Йоке совершить ошибку почти невозможно. Они особенно уместны в тех случаях, когда частью процесса являются люди, потому что, как говорили древние римляне, *errare humanum est* — “человеку свойственно ошибаться”. Иначе говоря, люди иногда неумышленно (нечаянно) забывают правила или по-разному действуют в одних и тех же обстоятельствах.

В качестве примеров назовем блокирующие механизмы; электрические пттекеры, которые благодаря их геометрической форме невозможно вставить в “чужое” гнездо или, в случае постоянного тока, перепутать полярность; системы предотвращения перелива жидкости. Еще пример Пока-Йоке, знакомый всем автомобилистам: размер входного отверстия топливного бака меньше, чем диаметр заправочного пистолета, по которому подают этилированный бензин, поэтому в вашу машину, не предназначенную для такого топлива, оно не попадет.

Для каждого отказа отмечаем его ПНР на диаграмме Парето (рис. 11.7), позволяющей нам сразу же увидеть, на что обратить внимание.

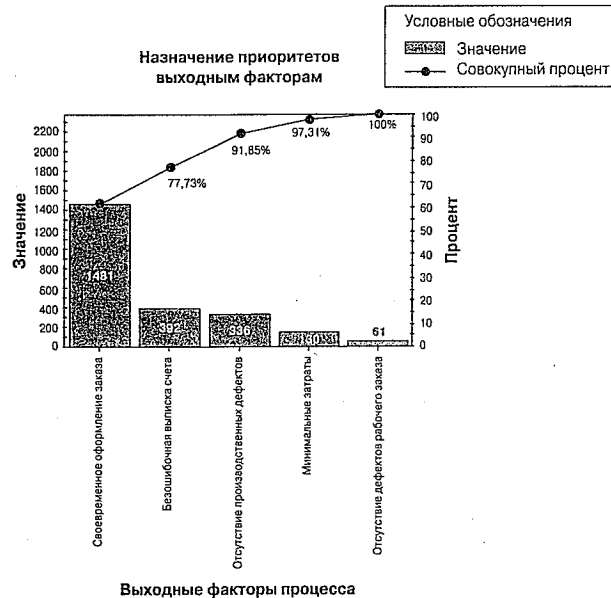


Рис. 11.7. Диаграмма Парето приоритетного номера риска АЭОР

Хотя ПНР и является основным индикатором, он — не единственный важный результат АЭОР. Для нас также важно рассмотреть связи между всеми элементами, включая уровень, вероятность возникновения и обнаружения, а также причину, действия, условия и другие обстоятельства. Поскольку отказ, по определению, нежелателен, мы должны использовать все возможности АЭОР.

Имея результат АЭОР, мы переходим к изучению фундаментальных разработок, отчетов об использовании фильтрующей воронки (т.е. отчетов о поиске критичных факторов), контрольных планов и планов сбора данных. Но как только мы все это обновим, мы вновь — и вновь — запускаем АЭОР, до тех пор, пока не вгоним риск отказа в приемлемые рамки.

### KISS: анализ способности и сложности

Знаете, что такое KISS? Нет, это не популярная в 1970-х годах рок-группа и даже не поцелуй. Это элегантный и широко известный акроним формулы простоты: “Чем проще, тем лучше” (*Keep it simple, stupid*). Потому что всем известно: чем более простым делом мы заняты, тем ниже вероятность ошибок.

Но как быть с теми незаурядными людьми, с избытком одаренными природой, которым по плечу задача любой сложности? Для них, кажется, чем сложнее, тем лучше. Значит, чем способнее человек, тем больше он осилит.

Комбинация этих двух концепций в контексте сложных товаров и процессов приводит нас к изучению точного соотношения сложности и способности. В “Шесть сигм” мы определяем, измеряем и контролируем как сложность наших товаров и услуг, так и способность наших процессов. Но как определить оптимальное соотношение? Какими будут ответы на следующие вопросы?

- ✓ Насколько способны должны быть наши процессы, чтобы они справились со сложностью наших товаров и услуг?
- ✓ Насколько сложными допустимо быть нашим товарам и услугам, чтобы с ними справились наши процессы, имеющие определенную, и не более того, способность?
- ✓ Если мы собираемся повысить сложность товаров, то насколько при этом надо повысить способность процессов, чтобы они справились с новой задачей?
- ✓ Если мы повышаем сложность товаров и услуг, но при этом оставляем прежней способность процессов, то насколько возрастет уровень дефектов?

Все это жизненно важные вопросы, и для ответа на них практик “Шесть сигм” прибегает к анализу способности-сложности (ACC (CCA)), чтобы оптимизировать процессы. Карта и моделирование процессов, причинно-следственный анализ, АЭОР и другие инструменты зависят от баланса настроек в ACC.

Поскольку в расчетах количественных значений ACC одновременно участвует несколько переменных, этот анализ удобно выполнять с помощью компьютерного программного обеспечения. По запросу программы ACC необходимо ввести параметры сложности для товара или услуги, а также такие параметры способности и контроля процесса, как сигма-способность, смещение статичного среднего, темпы роста динамической вариации. Затем программа рассчитает краткосрочный и долгосрочный уровни дефектов и производительности на элемент или на единицу. Пример окна ACC показан на рис. 11.8.

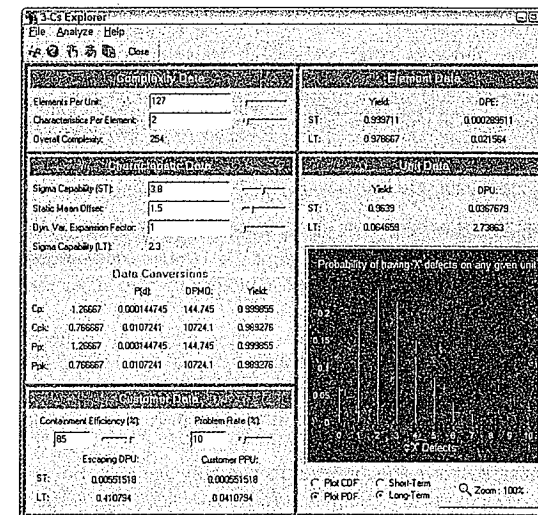


Рис. 11.8. Анализ способности-сложности

Более совершенные инструменты АСС позволяют проанализировать, насколько необходимо изменить способность процесса или сложность продукта, чтобы получить желаемые выходные факторы.

## Отчеты об использовании фильтрующей воронки



Суть “Шесть сигм” заключается в поиске *немногих критичных* факторов влияния среди *массы тривиальных* кандидатов на эту влиятельную роль. В начале процесса оптимизации или решения проблемы количество возможных факторов влияния может быть чрезвычайно большим. Иногда настолько большим, что у нас опускаются руки и мы теряем мотивацию решать проблему.

Спасение приходит в виде “Шесть сигм”. Интегральной частью данной методологии является процесс, названный *сокращением количества переменных*. “Шесть сигм” почти автоматически сокращает количество факторов влияния (*X*) и находит среди них так называемые критичные *X* или важнейшие причины. Определив их, мы получаем основу для прорывного улучшения.

Отчеты об использовании фильтрующей воронки (напомним, что это отчеты о поиске критичных факторов) позволяют вам пропустить через фильтр множество тривиальных факторов, выделив среди них несколько критичных, и управлять ими. Источником информации для отчета об использовании фильтрующей воронки служат, в первую очередь, деревья критичных факторов, причинно-следственные матрицы и АЭОР. В более продвинутых программных инструментах импорт необходимых данных осуществляется автоматически. В процессе поиска критичных факторов каждая кандидатура подвергается ряду аналитических и статистических проверок, чтобы определить, важна ли данная причина.

В результате использования фильтрующей воронки мы узнаем самые вероятные причины нашей проблемы или недостатков процесса. На следующем шаге мы вновь просеиваем эти факторы — используя статистические выводы и другие экспериментальные инструменты — и находим действительно корневые причины.

## Планы

Практик “Шесть сигм” готовит набор планов и управляет ими. От них зависят элементы ИАУК прорывной стратегии. Благодаря плану сбора данных получаем результаты измерений. План контроля обеспечивает управление критичными *X*, а план аудита нужен для непрерывного мониторинга важнейших причин.

### План сбора данных

План сбора данных содержит сжатый набор команд и действий для сбора всех необходимых данных о процессе или проекте “Шесть сигм”. В то же самое время он может быть объемным в том смысле, что касается не только содержания, но и надежности, доступности, формата данных.

Информацию собирают из ряда источников, включая модель процесса, дерево критичных факторов, причинно-следственную матрицу, АЭОР, отчет об использовании фильтрующей воронки. В более функциональных программных приложениях “Шесть сигм” информация от этих инструментов поступает прямо в шаблон плана сбора данных. В свою очередь процедура сбора данных служит источником информации для планов контроля и аудита.

Более сложная задача состоит в выборе способа сбора данных. Вопрос об этом вам почти наверняка придется согласовать со специалистами по информационным технологиям. При этом определяют ряд пунктов.

- ✓ **Источники данных.** Лучше всего получать данные непосредственно из их источника и в момент их возникновения и проверки.
- ✓ **Хронология данных.** Транзакционные данные от основной деятельности меняются регулярно. Поэтому указание точного времени их сбора так же важно, как и они сами. Правильные данные, собранные не в тот момент, когда нужно, особой пользы не имеют.
- ✓ **Стабильность данных.** Люди регулярно и без уведомления меняют базис операционных измерений. Это проблема управления конфигурацией — добиться, чтобы без вашего ведома не меняли определения данных, на которые вы полагаетесь.
- ✓ **Формат данных.** Физическое форматирование данных очень важно. Обязательно нужно указать в плане сбора, в каком формате они должны быть представлены.
- ✓ **Передача данных.** Укажите, как вам должны передавать данные. Несомненно, самым оптимальным способом был бы их сбор и передача автоматически и по расписанию. Но в равной степени несомненно и то, что в действительности чаще всего какой-то человек передает вам данные по электронной почте. Все же настаивайте на первом способе, чтобы исключить ненадежный человеческий фактор.

В вашем плане должны присутствовать все перечисленные элементы, и их необходимо официально согласовать со всеми заинтересованными сторонами.



Вы поступите правильно, если используете некоторые процессные инструменты “Шесть сигм” для сбора данных. Успех оптимизации процесса зависит от достоверности данных, на основе которых вы принимаете решения. Но данные — скользкая штука; не думайте управиться с ними малыми силами. Потрудиться все же придется.

### План контроля

Как следует из основной концепции “Шесть сигм”,  $Y = f(X)$ , реализованные вами улучшения сохранятся надолго, если вам удастся контролировать те *X*, от которых зависят интересующие вас выходные факторы *Y*. План контроля направляет ваши усилия на критичные причины *X* и обеспечивает понимание всеми участниками действий, позиций и пределов спецификации, необходимых для контроля за процессом. План контроля — это активные усилия для получения долгосрочных результатов, а также призыв к действию, если происходит некоторое событие, указывающее на ухудшение показателей процесса.

План контроля (пример на рис. 11.9) является управленческим инструментом “Шесть сигм”. Он позволяет рассмотреть все важные факторы успеха процесса и содержит достаточно подробной информации для того, чтобы осуществлять сфокусированный управленческий контроль.

Task#	Activity Name	Variable Name	Output	Input	Specification Characteristics	URL	Target	USI	Measurement Method
1	New Customer Processing	CL: CSR - New Customer	CP						
2	New Customer Processing	SL: New Order Accuracy	CP						
3	New Customer Processing	SL: New Order Accuracy	CP						
4	New Customer Processing	SL: New Order Accuracy	CP						
5	Customer Service	SL: Customer Satisfaction	CP						
6	Customer Service	SL: Customer Satisfaction	CP						
7	Customer Service	SL: Customer Satisfaction	CP						
8	Customer Service	SL: Customer Satisfaction	CP						
9	Customer Service	SL: Customer Satisfaction	CP						
10	Customer Service	SL: Customer Satisfaction	CP						
11	Customer Service	SL: Customer Satisfaction	CP						
12	Customer Service	SL: Customer Satisfaction	CP						
13	Customer Service	SL: Customer Satisfaction	CP						
14	Customer Service	SL: Customer Satisfaction	CP						
15	Customer Service	SL: Customer Satisfaction	CP						
16	Customer Service	SL: Customer Satisfaction	CP						

Рис. 11.9. План контроля



Тщательно управляйте вашим планом контроля. Заручайтесь широкой поддержкой — в том числе одобрением и согласованием — со стороны руководства организации и всех заинтересованных участников. Также тщательно управляйте изменениями конфигурации плана, официально координируя их. Работая по плану сопутствует успех. Добивайтесь того, чтобы так и было!

### План аудита

План аудита служит измерительным инструментом для плана контроля. Когда план контроля уже введен в действие, с помощью плана аудита вы регулярно измеряете и отслеживаете результаты.

## Инструменты статистического анализа

В основе “Шесть сигм” лежат статистические инструменты (табл. 11.6). С их помощью практик “Шесть сигм” сначала статистически анализирует практические проблемы, а затем формулирует статистические ответы, на основе которых принимает практические решения по прорывному улучшению. Статистики, создавшие “Шесть сигм”, проявляли недюжинную выдержку и решимость, пока учились применять эти инструменты на практике. Сегодня же мы, вооруженные персональными компьютерами и соответствующим программным обеспечением, выполняем те же задачи всего несколькими щелчками компьютерной мыши.

В этом разделе мы рассмотрим используемые в “Шесть сигм” инструменты статистического анализа и покажем, какие из них применять на практике. Это инструменты, которые традиционно используются Зелеными и Черными поясами “Шесть сигм”. Теоретические основания для их применения мы рассматривали в главах 5 и 6.



Данный раздел не является пособием по используемым в “Шесть сигм” инструментам статистического анализа, потому что здесь требуется объем целого учебника. Для освоения программных приложений нужны определенные инвестиции в обучение Поясов. Мы дадим всего лишь общий и краткий обзор этих инструментов и покажем сферы их применения.

Таблица 11.6. Используемые в “Шесть сигм” инструменты статистического анализа

Статистический инструмент	Роль
Основные статистические инструменты	Основные и описательные статистики, такие как средние значения, размах, дисперсия и т.д., используются в “Шесть сигм” постоянно
Диаграммы и графики	Гистограммы, диаграммы Парето, контрольные диаграммы
Временные ряды	Специальные инструменты для анализа данных, собранных за определенное время, — тренды, разложения, скользящие средние
Дисперсионный анализ (ANOVA)	Анализ дисперсий, тест на равенство дисперсий, проверка существования действительной связи между переменными
Анализ допусков	Анализ границ и допусков для определения оптимальных конструктивных спецификаций
Разработка экспериментов (РЭ (DOE))	Систематическое исследование переменных процесса или продукции, которые влияют на качество последней
Анализ способности процесса	Определение способности процесса соответствовать ожиданиям. Результатом является численная оценка способности
Регрессия	Определение силы связи между переменной отклика (Y) и одним или несколькими входными факторами (X)

Окончание табл. 11.6

Статистический инструмент	Роль
Многомерный анализ	Анализ данных, полученных множественными измерениями различных позиций или объектов. Результатом является графическое изображение различных связей
Исследовательский анализ	Методы исследования данных перед использованием более традиционных инструментов статистического анализа
Анализ измерительной системы (MSA)	Анализ измерительной системы для определения точности и прецизионности данных, полученных путем измерений
Надежность и живучесть	Ускоренные ресурсные испытания, анализ характеристик на протяжении всего времени существования, кривые роста

## Основные статистические инструменты

Основу “Шесть сигм” составляет набор статистических инструментов, используемые в аналитической деятельности, эффективной практике и ежедневной работе практика “Шесть сигм”.








В статистическом анализе “Шесть сигм” эти инструменты совершенно необходимы. Поэтому вы должны их понимать и уметь использовать. Хорошая новость в том, что выполнять вручную вычисления вам не придется, поскольку для этого существуют прикладные компьютерные программы. Их обзор приведен в разделе “Платформы и протоколы” данной главы.

## Лучше один раз увидеть...

Время — деньги. Диаграммы и графики — это быстрый и мощный способ интерпретировать данные и представить их заинтересованным сторонам. Поэтому используйте изображения, и как можно чаще! Диаграммы и графики способны превратить массы непонятных данных в доступную информацию, которую человек способен охватить с одного взгляда. Самые распространенные диаграммы и графики приведены в табл. 11.7.

Таблица 11.7. Диаграммы и графики

Диаграмма или график	Описание	Пример
Гистограмма	Столбиковая диаграмма, показывающая распределение данных по категориям в соответствии с частотой появления этих данных. По виду гистограммы можно подобрать функцию распределения	
Точечная диаграмма	Разновидность гистограммы, где данные представлены в одноточечном формате; используется для оценки распределения или сравнения распределений	
Диаграмма Парето	Столбиковая диаграмма, в которой столбики расположены в убывающем порядке. Диаграмма Парето показывает критические входные факторы	
Диаграмма рассеяния	Показывает связь между двумя переменными и природу этой связи	
Матричная диаграмма	Матрица диаграмм рассеяния, одновременно показывающая связь между несколькими парами переменных	

Диаграмма или график	Описание	Пример
Трехмерная диаграмма рассеяния	Используется для одновременной оценки связи между тремя разными переменными	
Интервальная диаграмма	Двумерная диаграмма значений данных с доверительными интервалами или столбиками ошибок; показывает как центральную тенденцию, так и изменчивость	
Диаграмма "ящик с усами" (ящичная диаграмма)	Сравнение выборочных распределений на одной диаграмме. По условиям построения, центральная линия — это среднее значение, ящики составляют $\pm 25\%$ , а линии показывают пределы	
Диаграмма функции накопленного распределения (CDF)	Пошаговая накопленная гистограмма (без столбиков), на которую наложена подогнанная функция нормального кумулятивного распределения. Используется для подбора распределения для данных	
Вероятностная диаграмма	Диаграмма рассеяния, на которую наложена вероятностная линия функции накопленного распределения. С ее помощью выясняют, насколько близко определенное распределение соответствует данным	
Диаграмма временных рядов	График данных, распределенных во времени. Используется для оценки закономерностей; возникающих в некоторой деятельности с течением времени. По условиям построения, значения времени отложены на оси x	
Маргинальная диаграмма	Диаграмма рассеяния, совмещенная с гистограммой (или иногда с ящичной диаграммой). Используется для оценки связи между двумя переменными и их распределений	

Программные приложения превосходно справляются с задачей обработки статистических данных. Но их возможности в автоматическом построении диаграмм и графиков просто поразительны. Сегодня такая функция предусмотрена во всех прикладных программах, имеющих на рынке. Пользователю остается только выбрать нужную ему диаграмму из меню и, по желанию, различные настройки, такие как подогнанные кривые, условные обозначения, цвет, шрифт и др.

## Машина времени

Большую часть человеческой деятельности измеряют, описывают и оценивают во времени; поэтому анализ временных рядов тесно связан с управлением и мерами улучшения. Исследованию временных рядов каждой фазы процесса в "Шесть сигм" посвящены многочисленные инструменты статистического анализа.

- ✓ **Поиск трендов.** Применение общей модели к прошлым данным и наблюдение трендов.
- ✓ **Прогнозирование.** Простые методы прогнозирования и сглаживания помогают разложить данные на составляющие, а затем расширить оценки на будущее, чтобы по текущим рабочим показателям спрогнозировать будущее.

- ✓ **Разложение.** Разбиение сезонных или циклических трендов на группы и выделение повторяющихся схем.
- ✓ **Скользящее среднее.** Вычисление среднего значения последовательных наблюдений и анализ тренда во времени. Инструмент распознавания закономерностей, названный авторегрессионным проинтегрированным скользящим средним (АРПСС (ARIMA)), помогает отыскивать закономерности, которые не видны на диаграмме.
- ✓ **Экспоненциальное сглаживание.** С помощью АРПСС сглаживают данные временного ряда и вычисляют средний уровень или, при необходимости (в случае двойного экспоненциального сглаживания), средний уровень и тренд.
- ✓ **Автокорреляция.** Обнаружение повторяющихся закономерностей в данных временного ряда.
- ✓ **Кросс-корреляция.** Рассчитывают, строят диаграмму и находят связь между двумя отдельными временными рядами.

## Дисперсионный анализ (ANOVA)

Поскольку дисперсия является одним из фундаментальных принципов "Шесть сигм" (см. главу 5), дисперсионный анализ представляет собой не только важную ее часть, но и статистику в целом.

Дисперсионный анализ включает ряд мощных инструментов: однофакторный и двухфакторный дисперсионный анализ (проверка дисперсии с классификацией по одной или двум переменным); анализ средних значений (проверка равенства средних значений генеральных совокупностей); сбалансированный дисперсионный анализ (учитывает различия в данных, собранных в ходе разных процедур), который иногда еще называют общей линейной моделью; полногнездовой дисперсионный анализ (оценка дисперсионного компонента для каждой переменной отклика); многомерный дисперсионный анализ для одновременной проверки равенства средних, полученных по разным откликам (MANOVA); тест на равенство дисперсий (определение разности дисперсий для выборок из генеральных совокупностей с разными средними значениями).

Звучит устрашающе... Но не стоит отчаиваться, ведь спасение опять приходит в виде компьютерных программ! Все эти инструменты предусмотрены в каждой из основных прикладных статистических программ, имеющихся на рынке. Пользоваться ими очень просто — все действия расписаны по шагам. Ничего страшного.

## Главное, чтобы костюмчик сидел

Увы, в нашем мире вещи редко бывают идеально подогнаны друг к другу. Колпачок не держится на ручке и постоянно спадает; крышка на банке не закручивается; входная дверь пропускает в квартиру холодный воздух; краска выходит за линию, из-за чего контур получается расплывчатым. Вещи либо слишком плотно прилегают друг к другу, либо слишком слабо. Почему это происходит? Ведь их не специально так сделали. Дело в том, что при разработке вещей не принимают во внимание комбинацию вариаций, возникающих при производстве разных компонентов.

*Анализ допусков* — это инструмент статистического анализа, помогающий определить правильные спецификации и пределы для отдельных частей и компонентов с целью их соответствия друг другу после производства всей системы. Это более сложная тема, и она является частью так называемой разработки возможностей производства (DFM), которую обычно преподадут на продвинутых курсах разработки для "Шесть сигм" (DFSS).

Анализ допусков используют в тех случаях, когда для правильного функционирования системы и удовлетворения ожиданий потребителей детали или компоненты должны максимально точно соответствовать друг другу.

## Разработка экспериментов

В “Шесть сигм” разработку экспериментов (РЭ (DOE)) рассматривают еще и как учебную деятельность. С ее помощью мы в экспериментальных условиях статистически исследуем переменные, влияющие на процесс и на качество конечных товара или услуги. Согласно результатам исследований мы направляем наши усилия на улучшение процесса уже не в экспериментальных, а в реальных производственных условиях.

РЭ также позволяет практику “Шесть сигм” одновременно изучать эффекты изменения значений множественных переменных. Без РЭ нам пришлось бы значительно снизить темпы экспериментов — изучать отдельные факторы по очереди (это так называемые *пофакторные эксперименты (OFAT)*). При таком подходе мы упускаем из виду взаимодействия между переменными, не говоря уже о длительности пофакторных экспериментов.

Эксперименты чрезвычайно важны. Они позволяют нам смоделировать, оценить и проверить свои гипотезы в контролируемых условиях, и лишь затем реализовывать их на практике. Эксперименты снижают риск и повышают уверенность. Они — мост между моделями и реальностью.

И поскольку эксперименты крайне важны, проводить их надо правильно. Время и ресурсы для экспериментов всегда ограничены, поскольку люди часто нетерпеливы и рассматривают экспериментирование как досадную помеху. Поэтому если уж вы добились права на эксперимент, из него надо выжать максимальное количество полезной информации. Хорошо разработанные эксперименты принесут вам куда более полезные результаты, чем случайные тесты. Но учтите: результаты плохо разработанных экспериментов могут ввести вас в заблуждение!

Эксперименты представляют собой мини-проекты. На них тоже расходуются ресурсы, в том числе трудовые, оборудование, материалы. Они стоят денег и времени. Теперь понятно, почему экспериментирование требует такого же внимания и тщательного подхода, как и любой проект или программа.

### 1. Определите проблему.

Четко — и количественно — определите природу проблемы, которую вы хотите лучше понять или решить через эксперимент.

### 2. Определите задачи эксперимента.

Эксперимент должен дать вам конкретную, практичную и полезную информацию.

### 3. Разработайте эксперимент.

Используя множество инструментов РЭ, разработайте эксперимент, который позволит решить поставленные в пункте 2 задачи.

### 4. Разработайте планы.

Детально проанализируйте среду, предпосылки и условия, которые будут способствовать или мешать эксперименту, и разработайте план, позволяющий решить задачи за выделенное время и в пределах выделенных ресурсов. Также разработайте план сбора данных, чтобы ваши измерительные системы обеспечили сбор всей необходимой информации, и план анализа данных для правильной интерпретации результатов.

За многие годы практики “Шесть сигм” определили набор инструментов, помогающих в разработке эксперимента.

- ✓ **Факторный план.** Факторные планы помогают одновременно изучать эффекты, производимые на процесс или товар несколькими разными факторами. Это повышает эффективность эксперимента, поскольку в ходе его выполнения можно одновременно менять уровни или значения нескольких параметров.
- ✓ **Поверхность отклика.** С помощью поверхности отклика исследуют связь между одной или несколькими переменными отклика и набором экспериментальных переменных. Данный подход особенно полезен, если вы определили немногочисленные жизненно важные параметры и теперь хотите подобрать такие их значения, которые приведут к оптимальному результату.
- ✓ **Схемы Тагучи.** Эти экспериментальные схемы названы по имени доктора Геничи Тагучи, признанного авторитета в области параметрических разработок. Схемы Тагучи помогают подобрать значения параметров, при которых товар или услуга стабильно работают при различных условиях.

## Насколько способен ваш процесс

Анализ способности процесса сродни статистическому контролю процесса (СКП (SPC)) и заключается в следующем: выяснить, отвечает ли процесс спецификациям при условии его подконтрольности. Анализ способности процесса — это критичный компонент методологии “Шесть сигм”, практики которой рассчитывают различные индексы и меры, а также строят многочисленные диаграммы и графики, чтобы оценить и оптимизировать способность процесса.

Кратко говоря, в ходе анализа способности сравнивается голос процесса (ГПр (VOP)) с голосом потребителя (ГП (VOC)), чтобы убедиться в способности первого отвечать предъявляемым требованиям.

В главе 6 мы достаточно подробно рассмотрели тему способности процесса. Инструменты для ее анализа немало. Нашедшие самое широкое применение приведены в табл. 11.8.

Таблица 11.8. Инструменты анализа способности процесса

Инструмент	Применение
Нормальный анализ	Анализ способности процесса, когда данные отвечают нормальному распределению
Анализ распределений, отличных от нормального	Анализ способности процесса, когда данные не отвечают нормальному распределению
Межгрупповой и внутригрупповой анализ	Анализ способности процесса для межгрупповой и внутригрупповой вариации
Многопеременный анализ	Анализ способности подконтрольного процесса, когда все непрерывные переменные нормально распределены
Биномиальный анализ	Анализ процесса, когда данные отвечают биномиальному распределению. Исследуют количество дефектных объектов среди полного количества объектов в выборке
Пуассоновский анализ	Анализ количества наблюдаемых дефектов, когда объект занимает определенное время или пространство
Шестидиаграммный набор способности	Набор из шести диаграмм, которые совместно содержат ключевые метрики способности процесса. Пример такого набора приведен на рис. 11.10



## Регрессия

С помощью *регрессионного анализа* обнаруживают и характеризуют связь между откликом и одним или несколькими входными факторами. В регрессионном анализе мы подбираем модели или функции распределения под наблюдаемые данные. В зависимости от данных это могут быть различные функции.

Цель регрессионного анализа состоит в подборе линии и создании уравнения, которые объясняют или предсказывают поведение результатов процесса. В качестве примера рассмотрим график расхода топлива в зависимости от скорости автомобиля. Интуитивно мы все знаем: чем быстрее едешь, тем выше расход топлива. Но можем ли мы предложить уравнение, связывающее эти две переменные, чтобы с его помощью прогнозировать расход топлива автомобиля в зависимости от его скорости? Да, можем, и для этого и существует регрессионный анализ.

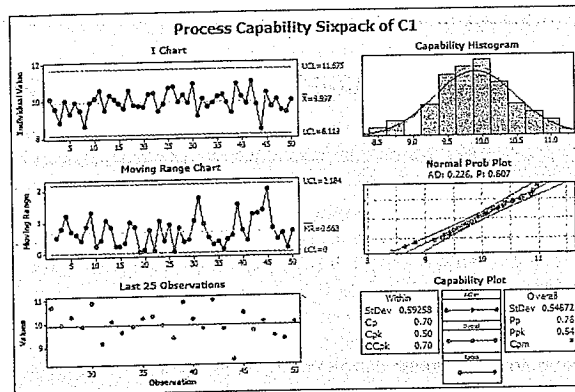


Рис. 11.10. Шестидиаграммный набор способности процесса

- ✓ **Подгоночная линия.** Используется в тех случаях, когда между переменными существует линейная или логарифмическая зависимость. Производными будут подгоночные линии второго (квадратичная) и третьего (кубическая) порядка.
- ✓ **Метод наименьших квадратов.** Когда переменная отклика непрерывна.
- ✓ **Метод частных наименьших квадратов.** Когда между входными факторами существует сильная корреляция или если их больше, чем наблюдений.
- ✓ **Логистическая регрессия.** Используется для категориальных переменных отклика. Существует три типа переменных: бинарные (два уровня), порядковые (три или больше уровней) и номинальные (отсутствует естественное упорядочение уровней).
- ✓ **Пошаговая регрессия.** Когда из регрессионной модели удаляют переменные или добавляют их к ней, чтобы идентифицировать полезное подмножество входных факторов.
- ✓ **Лучшая подгонка.** Исследуя все подмножества, идентифицируют лучшие подгоночные модели, созданные из заданных входных переменных.

## Многомерный анализ

Достаточно часто у нас имеются множественные измерения одного объекта. Многомерный анализ помогает нам понять структуру этого набора данных. Через него мы распределяем различные наблюдения по статистически значимым группам и зрительно исследуем связи среди сгруппированных переменных.

*Многомерный анализ* начинается с изучения ковариационной структуры данных. Анализ главных компонент и факторный анализ — два метода для определения структуры, порядка и размерности переменных. После чего с помощью других инструментов мы группируем данные. Мы собираем в кластеры данные из аналогичных наблюдений и переменные, группируем данные по известным подобным средним (их называют *K-средними*) и через сравнение с некоторой выборочной группой (это дискриминантный анализ).

После статистической сегментации переменных мы посредством многомерного анализа исследуем связи между ними.

- ✓ **Простой анализ соответствий.** Исследование вариаций между двумя переменными.
- ✓ **Множественный анализ соответствий.** Расширение простого анализа соответствий в случае трех или больше переменных.

## Исследовательский анализ

Иногда мы теряемся, с чего начать, или какие статистические инструменты применить в данной ситуации, или применимы ли здесь вообще хоть какие-нибудь традиционные инструменты. Ничего страшного! Существуют разнообразные инструменты *исследовательского анализа*, позволяющие изучить данные нетрадиционным способом, чтобы увидеть их (данные) в другом свете. Самые употребительные из этих инструментов приведены в табл. 11.9.

Таблица 11.9. Инструменты исследовательского анализа

Инструмент	Применение
Диаграмма "ствол с листьями"	Быстрый способ изучить разброс и форму данных
Ящичные диаграммы	Оценка и сравнение выборочных распределений (см. пример в табл. 11.7)
Буквенные значения	Распределение данных по широким категориям
Медианная очистка	Анализ дисперсии относительно медианы, а не среднего
Резистентная линия	Позволяет подобрать прямую линию под данные, игнорируя выбросы
Резистентное сглаживание	Сглаживание данных путем удаления случайных флуктуаций перед исследованием трендов
Корневая диаграмма	Построить по нашим данным гистограмму, подобрать к ней нормальное распределение и исследовать, насколько данные соответствуют ему или отклоняются от него

## Анализ измерительной системы

Прежде чем переходить к сбору и анализу данных, мы должны ответить на такой очевидный вопрос: насколько хороша наша измерительная система? Если она имеет дефекты, то и собранные с ее помощью данные и их анализ окажутся недостоверными, а планы, построенные на их основе, будут не ценнее пустых фантазий.

С помощью *анализа измерительной системы (MSA)* мы определяем, насколько наблюдаемая вариация процесса обусловлена вариацией измерительной системы. Каждый раз, производя измерения, мы сталкиваемся с вариацией. Она имеет два источника.

- ✓ Реальная вариация самого процесса.
- ✓ Несовершенства измерительной системы.

Существуют две широкие категории погрешностей измерительных систем: недостаточная точность и прецизионность. Большинство измерительных систем имеют погрешности обоих видов.



## Точность

Точность — это разность между наблюдаемым измерением и истинным значением. Ошибки точности имеют три источника.

- ✓ **Линейность** — это мера связи наблюдаемой ошибки с размером измерений. Если измерение является точным посередине диапазона измерений, но не в случае очень больших или очень малых измерений, то мы имеем ошибку линейности.
- ✓ **Смещение** возникает при асимметрии измерительной системы. Например: перед тем как встать на напольные весы, женщина отводит нулевую метку на шкале на несколько килограммов назад!
- ✓ **Стабильность** нарушается, если точность измерительной системы немного меняется со временем или изменяются какие-нибудь другие условия, такие как температура или влажность.

С помощью исследований “Калибровка линейности”, “Калибровка смещения” и “Калибровка стабильности” определяется точность измерительной системы.

## Прецизионность

Ошибка прецизионности определяется вариацией между отдельными измерениями или отдельными объектами измерений. Существуют два компонента ошибки прецизионности.

- ✓ **Повторяемость.** Вариация *измерительного устройства*. При всех прочих равных условиях существует вариация самого измерительного устройства.
- ✓ **Воспроизводимость.** Вариация *измерительной системы*. Само устройство работает правильно, но система измерений — включая процедуры, ошибки людей, вспомогательные системы — вносит вариацию.

С помощью исследований “Калибровка повторяемости и воспроизводимости” мы определяем, до какой степени вариация измерительного устройства и вариация измерительного процесса обуславливают общую вариацию измерительной системы.

## Назад в будущее

*Анализ надежности и живучести* позволяет использовать все прошлые измерения и данные для прогнозирования самых вероятных будущих событий.

- ✓ Разработать тесты для демонстрации выполнимости спецификаций надежности при указанных доверительных интервалах.
- ✓ Определить количество тестов, необходимых для прецизионных оценок перцентилей и надежности.
- ✓ Указать критерии для ускоренных ресурсных испытаний, чтобы определить связь между временем отказа и ключевыми входными факторами.

## Платформы и протоколы

На протяжении всей главы мы постоянно подчеркивали, что многие инструменты и методы “Шесть сигм” существуют в виде прикладного программного обеспечения, “готового к употреблению”. Пока статистики, аналитики и основатели “Шесть сигм” оттачивали ее методы и инструменты, программисты тоже не сидели сложа руки. Сейчас на рынке программного обеспечения для “Шесть сигм” вдоволь прекрасных отлаженных прикладных пакетов. И что еще хорошо: они относительно недороги и просты в использовании.

В общем, компьютерные программы делятся на те же две категории, что и инструменты “Шесть сигм”: оптимизация процессов и статистический анализ. Но по мере дальнейшего совершенствования программного обеспечения эти две категории сближаются, хотя зоны квалификации по-прежнему четко разделены.

## Программные продукты

Их множество. По нашим последним подсчетам, на рынке имеется более 120 компьютерных программ для процесса “Шесть сигм” и статистического анализа. Многие из них разработаны небольшими фирмами и предназначены для узких специализированных зон применения. Но, как следует из принципа Парето, на рынке доминирует всего несколько крупных и очень профессиональных организаций, предлагающих пользователям надежные и многофункциональные программные продукты.

## Программное обеспечение для статистического анализа

Назовем лидирующие программные пакеты.

- ✓ **Minitab.** Безусловный лидер. Minitab углубленно преподают в колледжах и университетах, широко используют в крупных корпорациях, его пропагандируют все консультанты “Шесть сигм”. В 14-м выпуске Minitab (последнем на момент написания данной книги) предусмотрено множество функций; пакет позволяет пользователю квалифицированно применять все статистические инструменты, рассмотренные выше в данной главе. Работает Minitab только на платформе PC (персональном компьютере).
- ✓ **JMP.** Разработка престижного *SAS Institute*. JMP (произносится, как английское слово *jump* (“джамп”), т.е. “прыжок”) является профессиональным статистическим пакетом, соперничающим с Minitab по функциям и возможностям. Его главное достоинство заключается в поддержке разных платформ: JMP совместим с Windows, Macintosh, Linux.
- ✓ **Excel.** Да, тот самый Excel из пакета Microsoft Office. Эта вездесущая электронная таблица, которая установлена на любом персональном компьютере, является еще и мощной программой для вычислений и графических изображений, и поэтому широко используется в статистическом анализе “Шесть сигм”. От Minitab и JMP электронная таблица Excel отличается следующим: чтобы выполнять расчеты с помощью Excel, пользователю сперва приходится их запрограммировать самостоятельно или купить статистические дополнения и расширения Excel у компаний — производителей программного обеспечения, коих опять-таки существует множество.

## Программное обеспечение для оптимизации процессов

Область оптимизации процессов значительно шире — и сформировалась позднее, — чем рынок статистического анализа, причем ни одна из существующих программ не делает всего необходимого. Поэтому приходится собирать программное решение по кусочкам от разных разработчиков программного обеспечения. Ниже приведен краткий перечень ведущих компаний, чьи программные продукты поддерживают основные процессные инструменты. Все они, за несколькими исключениями, работают на платформе PC.

Выделяют два класса инструментов оптимизации процессов.

- ✓ **Анализ бизнес-процессов (BPA).** С помощью данных инструментов моделируют процессы, составляют их карту, воспроизводят процессы на модели и анализируют результаты.
- ✓ **Управление бизнес-процессами (BPM).** Посредством этих инструментов вы подключаетесь к информационным системам своей организации и реализуете функции измерений и контроля процессов.

Назовем ведущие инструменты на арене управления процессами.

- ✓ **Traxion.** От компании *CommerceQuest*. Traxion — это инструмент всестороннего управления бизнес-процессами с возможностями моделирования и воспроизведения на модели; подобен iGrafx и SigmaFlow. Но Traxion имеет уникальную дополнительную функцию: собирает информацию из вашей операционной среды и в реальном времени сообщает вам текущие показатели работы вашей системы. Это так называемое решение замкнутого контура: в нем интегрированы схема и воспроизведение на модели, используемые в “Шесть сигм”, с измерительными и контрольными системами вашей компании. Подробнее см. ниже в разделе “Технологические архитектуры”.
- ✓ **iGrafx.** Программный пакет iGrafx, предназначенный для создания карт процесса и его воспроизведения на модели, является самым распространенным на рынке полнофункциональным инструментом процессного анализа. Правда, на протяжении своей истории компания iGrafx неоднократно переходила из рук в руки и на момент написания данной книги входила в состав *Corel, Inc.* Родословная iGrafx насчитывает 20 лет; этот программный продукт считается лидером своего рыночного сектора.
- ✓ **SigmaFlow.** Хотя данный продукт можно назвать относительным новичком на рынке, SigmaFlow завоевывает симпатии все большего числа пользователей, поскольку в нем моделирование и воспроизведение процессов на модели больше ориентированы на бизнес-среду. Характеризуется полной внутренней интеграцией, т.е. автоматически подает на один инструмент информацию и результаты, полученные из других.
- ✓ **Visio.** Удивительно, но этот более низкого уровня инструмент от *Microsoft* стал одним из главных игроков на рынке “Шесть сигм”. Его используют для построения карт процессов; функции детального моделирования и воспроизведения на модели не предусмотрены.
- ✓ **Varyx.** Продукт компании *Savvi International*. Единственный на рынке программный пакет для анализа допусков. Ориентирован на узкую нишу, но в ней действительно представляет собой мощное и важное средство. Признаемся, что и мы, авторы данной книги, ваши покорные слуги, работаем на *Savvi*. Однако вне зависимости от этого Varyx действительно является хорошим программным продуктом.
- ✓ **3-Cs Explorer.** Еще одно произведение *Savvi International*. С помощью 3-Cs Explorer стало проще выполнять анализ способности-сложности.

## Технологические архитектуры



Программное обеспечение — сложная штука. За всеми этими наглядными окнами, зонами диалога, раскрывающимися меню и привлекательно оформленными отчетами прикладных программ скрывается целый океан символов программного кода. Программы имеют свою архитектуру, определяющую, как и в какой вычислительной среде будет работать программный код, как он взаимодействует с другими программами и насколько доступны его функции и данные внешним пользователям.

Чтобы реализовать инструменты “Шесть сигм” в программных приложениях, надо понимать их архитектуру. Программные продукты различаются по архитектуре, и хотя многие имеют аналогичные характеристики, из-за глубинных различий конкретный программный продукт может вам не подойти. Сейчас мы рассмотрим эти различия и подскажем вам, как выбрать правильное решение.

## Операционная система PC-Windows

За несколькими значимыми исключениями большинство программ “Шесть сигм” для оптимизации процессов и статистического анализа были разработаны специально под операционную систему PC-Windows. Иначе говоря, они функционируют только на персональных компьютерах с Windows, но не в среде Mac или Linux.

Но поскольку лишь немногие компании ограничиваются одной операционной системой, большинство программ статистического анализа имеют функцию импорта и экспорта, поэтому они могут преобразовать данные в плоский двумерный файл или Excel-файл. Благодаря этому пользователи в разных операционных средах получают возможность генерировать или просматривать результаты. Универсальным переводным средством выступают Excel-файлы.



Проблема пользователей персональных компьютеров (PC) в том, что многие PC-программы работают как самостоятельные системы, поэтому соединение или совместная работа с другими пользователями или системами усложняется. Передача файлов по электронной почте уже морально устаревает, а их совместное использование громоздко, чревато ошибками и сложно в управлении. Коротко говоря, среда настольных персональных компьютеров по своей природе часто работает против философии и целей “Шесть сигм”.

Это явление называется *функциональной субоптимизацией*, т.е. инструмент, возможно, полностью устраивает вас, но при этом мешает успешно сотрудничать с другими людьми. Решением проблемы совместной работы служит так называемая *внутрикорпоративная технология*, детальнее о которой мы поговорим ниже в данном разделе и в главе 12.

## Платформы Mac и Linux

Эти две альтернативные PC-Windows платформы традиционно находятся на задворках рынка инструментов “Шесть сигм”. Лишь очень немногие производители предлагают программные продукты для пользователей Mac и Linux; исключение составляют *Microsoft Excel* и обладающий большими возможностями продукт для статистического анализа *JMP*. Не зря последний известен как инструмент для разных платформ — PC, Mac, Linux. Поэтому если вы работаете в среде, где сосуществуют разные платформы, вам стоит выбрать *JMP*.

Использование разных платформ также сопряжено с проблемами обмена информацией и командной работы. Как правило, в архитектуре программных решений для Mac и Linux предусмотрено больше возможностей интеграции и связности, но в то же время есть немало программ, в которых передача данных возможна только через электронную почту. Есть и хорошая новость: PC-программы могут работать и на платформе Mac, для чего существуют вспомогательные программы эмуляции. Это тоже выход, хотя и не слишком изящный.

## Внутрикорпоративные платформы

Задачу работы с компьютерами решают с помощью так называемой *внутрикорпоративной технологии*. Внутрикорпоративные системы разработаны для взаимодействия, т.е. они позволяют людям выполнять свои обязанности при одновременном взаимодействии с согласованной системой управления информацией. В течение десятилетий так строили крупные программные системы.

Технология и инструменты “Шесть сигм” возникли и развились в эру персональных компьютеров, и в результате лишь немногие процессные или аналитические инструменты были построены для внутрикорпоративной архитектуры. (Заметим, что *не так* обстоят дела с управленческими инструментами. Их, напротив, разрабатывали, главным образом, для внутрикорпоративной архитектуры. Об этом мы подробнее поговорим в главе 12.) Однако за все надо платить, в том числе и за интеграцию и взаимодействие внутрикорпоративных систем.

В них каждому пользователю приходится ради общего блага приносить персональную жертву — терять в производительности или независимости. Но если в вашей бизнес-среде требуется активный и контролируемый обмен аналитической или процессной информацией, используйте внутрикорпоративное решение.

Распознать внутрикорпоративное программное решение проще всего по пользовательскому интерфейсу. К большинству внутрикорпоративных систем пользователи получают доступ через Web-браузер, такой как Internet Explorer или Mozilla Firefox. Программная логика и информационная база данных находятся где-то в сети, а не на вашей локальной машине.

## Глава 12

# Управленческие инструменты “Шести сигм”

*В этой главе...*

- ✓ Потребность в управленческих инструментах “Шесть сигм”
- ✓ Различные виды управленческих инструментов “Шесть сигм”
- ✓ Где и как используются управленческие инструменты “Шесть сигм”
- ✓ Существующие на рынке управленческие инструменты и технологии

**В**ажнее использования “Шесть сигм” может быть только управление “Шесть сигм”. Думаете, главное — понять все инструменты технической практики и анализа? Да, верно, но еще важнее управлять ресурсами (людьми), графиками, бюджетами — и отвечать за конечные результаты.

Для управления проектами и программами “Шесть сигм” вам необходимо понять сферу применения этой методологии, а также процессных методов и инструментов. Но вы также должны использовать методы и инструменты управленческого процесса. С их помощью управляют множеством взаимодействий между множеством входных факторов, играющих разные роли на разных уровнях организации. Инструменты также должны поддерживать сложные технические взаимодействия между информационными системами. Мы считаем, что именно за это высшие менеджеры получают такую высокую зарплату!

В данной главе мы изучим методы и инструменты управления “Шесть сигм”. Начнем с инструментов руководства программами, включая определение и отслеживание проектов, а также бизнес-отчетность. К тому же в данной главе мы рассмотрим инструменты, необходимые для доступа к справочной информации. Завершит главу обзор систем передачи информации и формирующегося мира онлайн-обучения.

## *Инструментарий менеджера*

Чтобы стать успешным менеджером “Шесть сигм”, вы должны не только понимать ее, но и освоить методы и инструменты управления проектами. Любая инициатива “Шесть сигм” — это бесконечная серия проектов разных размеров и форм, образующих нескончаемый поток прорывного улучшения бизнеса. Улучшения происходят по одному проекту за раз, и каждый проект — это в сжатом виде целая вселенная деятельности “Шесть сигм”.

Инструментарий менеджера “Шесть сигм” представляет собой портфолио из инструментов управления проектами и людьми. Эти инструменты определены лидерством, стали возможными благодаря инфраструктуре, подобраны под методологию “Шесть сигм” и реализуются через технологию. Некоторые из них относительно просты (например, инструменты, помогающие управлять результатами проекта или не забывать о том, как работает “Шесть сигм”). Другие сложнее, например инструменты для отслеживания и демонстрации критичных бизнес-показателей, а также для управления затратами и графиками.



В отличие от “стоящих на вооружении” у практиков инструментов, большинство из которых используются индивидуально и обособленно, большая часть управленческих инструментов направлена на интеграцию и обмен информацией. Управленческие системы должны надежно объединять результаты ежедневной работы многих отдельных сотрудников. Поэтому управленческие инструменты “Шесть сигм” обычно имеют внутрикорпоративную информационную архитектуру с ключевыми хранилищами данных и совместным доступом к логике приложения, благодаря чему снижается количество операционных ошибок. Очень часто простые управленческие инструменты (не из среды “Шесть сигм”) интегрированы через *sneakernet* (“сеть на ногах”— практику рассылки файлов туда и обратно, раньше через перенос файлов на дискетах, а теперь обычно через электронную почту); такая практика внутренне чревата ошибками. В любом случае управленческие инструменты обеспечивают специализированный доступ к информации и контроль за ней каждому субъекту, способствующему успеху инициативы.

Управленческий процесс для “Шесть сигм” несколько отличается от процесса, обычного для большинства видов деятельности. Как и везде, задачей менеджера является управление работой, графиками и бюджетом, но в случае “Шесть сигм” существуют специальные методы и инструменты. Чтобы упростить применение “Шесть сигм” и получить от этой методологии больше пользы, вы должны объединить уже освоенные вами управленческие инструменты и знания со специальными управленческими инструментами.

## Каждому свое

На управленческом уровне все наблюдают, слушают и задают вопросы. Управленческие инструменты “Шесть сигм” поддерживают как участников, так и зрителей этих процессов. Вспомним всех поименно.

- ✓ **Высшее руководство.** Поскольку большинство инициатив “Шесть сигм” утверждаются непосредственно высшими руководителями, то инструменты должны помогать им и обеспечивать их информацией и взаимодействием, необходимым для продолжения поддержки с их стороны.
- ✓ **Чемпионы и лидеры развертывания “Шесть сигм”.** Чемпионы руководят инициативой “Шесть сигм” в целом; за результаты они ответственны перед высшим руководством и операционными бизнес-единицами. Образно говоря, чемпионы “Шесть сигм” занимают лучшую наблюдательную позицию, с которой держат в зоне прямого видения людей и проекты, и должны постоянно держать руку на пульсе деятельности “Шесть сигм”.
- ✓ **Финансовые руководители.** Поскольку проекты “Шесть сигм” влияют непосредственно на конечные финансовые результаты, то они (проекты) вызывают особый интерес у финансовых руководителей, тщательно их отслеживающих.
- ✓ **Собственники процессов.** Эти менеджеры управляют прибылью и убытками или бюджетом и производительностью процессов, поддерживающих или обеспечивающих потребительную стоимость, которую предлагает компания. Собственники процессов должны иметь открытый доступ к информации о любых переменах, поскольку только в таком случае они смогут поддерживать и воплощать их.
- ✓ **Черные пояса.** Они являются командными лидерами крупных проектов “Шесть сигм” — самых сложных по структуре и реализации — и оказывают на бизнес самое сильное влияние. Как лидеры команд Черные пояса используют инструменты для отслеживания и управления, а также оптимизации процессов и статистического анализа.

- ✓ **Зеленые пояса.** Они традиционно исполняют роль вспомогательного персонала, но также бывают менеджерами проекта в своей зоне ответственности. Как менеджеры проекта “Шесть сигм” Зеленые пояса используют инструменты, подобные взятым на вооружение Черными поясами, хотя и с меньшими аналитическими функциями.
- ✓ **Желтые пояса.** Инициативы “Шесть сигм” затрагивают всех участников бизнеса, поэтому о ходе этих инициатив и их успехах нужно информировать весь персонал компании. Менеджеры “Шесть сигм” используют инструменты обучения и отчетности для привлечения и информирования персонала, а последний, в свою очередь, с помощью тех же инструментов инициирует новые проекты и участвует в существующих.
- ✓ **Поставщики.** Поскольку поставщики все более интегрируются в бизнес-процессы и благодаря внутрикорпоративной архитектуре становятся доступными во многих управленческих структурах, инструменты “Шесть сигм” обеспечивают управление вертикальными цепочками стоимости.
- ✓ **Потребители.** Внешним называется потребитель, который платит за предлагаемый товар или услугу. Руководители несут высшую ответственность перед потребителями, поэтому используют инструменты и методы “Шесть сигм”, чтобы направлять улучшения на их благо.

## Типы управленческих инструментов

Поскольку состав участников процесса “Шесть сигм” весьма разнообразен, инструменты руководства тоже далеко не однородны. В целом это инструменты информирования и лидерства, управления проектами, отчетности, управления знаниями, обучения.

- ✓ **Информирование и лидерство.** Инструменты информирования и лидерства бывают как формальными, так и неформальными: корпоративные интранет-сайты, видеосообщения, письма, служебные записки, отчеты и другие сообщения. И не забывайте самый важный инструмент лидерства — личное общение.
- ✓ **Управление проектами.** Управленческие инструменты включают все, от идеи проекта, подбора персонала и выделения бюджетов до реализации. В более продвинутых инструментах внутрикорпоративная архитектура предусматривает возможности множественного и перекрестного управления проектами.
- ✓ **Инструменты отчетности.** Это инструменты запроса и уточнения данных, создания отчетов, стандартного и повторяемого распространения подробной информации. Отчеты включают таблицы, диаграммы, графики аналитических и рабочих процессных данных. Отчеты комбинируются с бюджетами, графиками, ресурсами и бизнес-информацией, создавая полную картину состояния, развития и трендов проектов и программ. При объединении эти инструменты обычно называются “информационными панелями показателей”.
- ✓ **Инструменты управления знаниями.** Являются инструментами сотрудничества, поскольку предоставляют отдельным лицам и командам доступ к информационным банкам. Имея доступ к нужным знаниям в нужное время, менеджеры и практики быстрее получают отдачу от инвестиций в улучшение.
- ✓ **Инструменты обучения.** Кроме традиционного, возможно обучение и через эти инструменты — прямое, своевременное и недорогое, для отдельных лиц, команд и компаний. Благодаря таким инструментам большие группы людей изучают концепции, способы и методы “Шесть сигм”.



Поскольку описанные инструменты объединяют людей, функции и системы, то средства, известные как *интеграция приложений*, помогают интегрировать и совместно использовать информацию. Один класс этих средств, названный *интеграцией внутрикорпоративных приложений (EAI)*, или *микропрограммными средствами*, позволяет перемещать данные между и среди не только этих управленческих инструментов, но также между и среди транзакционных систем, включая управленческие отношениями с потребителями, учет, дизайн, цеховые системы.

## Роль лидера

Освоив основные концепции “Шесть сигм”, вы изменитесь навсегда. Ваше видение и проныцательность радикально повысят ваши способности. Знания и инструменты “Шесть сигм” пододут в вас уверенность в реализации широких возможностей. Вооруженные “Шесть сигм”, вы почувствуете в себе силы и способности изменить мир к лучшему. А в результате — независимо от вашей должности или официальных обязанностей — вы станете лидером!

Как лидер вы должны использовать важнейший инструмент для такой роли, а именно контакты с людьми. Ваши знания и возможности “Шесть сигм” наделят вас значительным влиянием, и вы через различные инструменты примените его при контакте с людьми. Инструментов контакта множество; все они перечислены в табл. 12.1.

Таблица 12.1. Инструменты контактов лидера с персоналом

Инструмент контакта	Роль
Личное общение	Самый мощный лидерский инструмент — это личное общение. Прямой контакт с человеком дает вам лучший шанс выслушать его и повлиять на него
Официальные презентации	Благодаря такому инструменту, как Microsoft PowerPoint, официальные презентации становятся распространенным, эффективным и пригодным для многократного использования инструментом лидерства и контактов
Импровизированные презентации	Белые доски для письма фломастером и электронные доски с перекидными листами представляют собой идеальные платформы для передачи важных идей и информации, проведения мозговых штурмов, создания первичных разработок, решения проблем
Электронная почта (e-mail)	Сообщения, директивы, запросы и отчеты можно передавать по электронной почте напрямую адресатам и в разных аудиториях. За счет возможности прикреплять файлы приложения электронная почта стала мощным коммуникационным средством. Однако она плохо подходит для решения проблем
Совместное использование банков данных	Такие системы, как интранет, файл-серверы, групповая работа над документами и внутрикорпоративные прикладные системы, обеспечивают широкие и стабильные контакты
Телефонные контакты	В тех случаях, когда существуют какие-нибудь сложные вопросы или проблемы, нет ничего эффективнее, чем добрый старый телефон — надо просто поднять трубку и позвонить своим подчиненным
Служебные записки и письма	Формальные служебные записки и письма служат лучшим средством официального общения. Через них информируют персонал о директивах, касающихся корпоративной политики, делают официальные объявления
Мегафон	В конце концов, для благой цели все средства хороши! Главное, быть уверенным, что ваше сообщение услышано



Невозможно переоценить лидерские качества, присущие любому практику “Шесть сигм”. Не имеет значения, кто вы — аналитик, руководитель, менеджер, инженер или административный помощник. Если вы научились применять методы и инструменты “Шесть сигм”, назад пути уже нет. Теперь у вас есть особое видение, особое понимание, новые способности, и вы не сможете не использовать их. С этими способностями приходят суть и ответственность лидера.

В дополнение к инструментам контакта следует применять и другие лидерские инструменты, включая средства мотивации и влияния.

## Управление проектами

“Шесть сигм” приносит свои плоды через серию проектов. Через много проектов. Через крупные и мелкие проекты. Продолжительные и короткие. Проекты в пределах одного подразделения и проекты, охватывающие несколько подразделений. Проекты в границах компании и проекты, пересекающие эти границы. Десятки проектов, а в крупных компаниях даже сотни!

На уровне компании проекты “Шесть сигм” выступают игроками в инициативе прорывного улучшения работы. С точки зрения бизнеса проект “Шесть сигм” воплощает действия, необходимые для реализации бизнес-стратегии и получения результатов. Поэтому выбор правильного проекта — критичная задача, но столь же критична и правильная его реализация. Значит, эффективное управление проектами является ключом к успеху инициативы Шесть сигмы.

Квалификация и инструменты, необходимые для управления проектом “Шесть сигм”, подобны используемым при управлении проектами любых других видов. Хотя это и сложная задача, диплом от Института управления проектами вам не потребуется.

Во-первых, нужно определить ту фундаментальную проблему или потребность, которую вы хотите решить или удовлетворить своим проектом. Затем сформулировать необходимые цели и результаты. На этой основе составить план проекта, включающий диапазон действий, календарный план и плановые показатели. Утвердив план у руководства, можете закатывать рукава и приступать к работе. При этом постоянно сверяйтесь с планом и управляйте проектом так, чтобы он двигался по намеченному пути. Результаты сообщайте Чемпиону или Лидеру развертывания.

Содержание проекта может быть уникальным для “Шесть сигм”, но управление этим проектом все равно базируется на многих стандартных правилах. В табл. 12.2 сведены основные категории инструментов управления проектами “Шесть сигм”. На рынке имеются различные прикладные программные пакеты, помогающие использовать эти инструменты.

## Эврика!

Проекты начинаются с проблемы или потребности что-нибудь улучшить. Кто-то где-то понимает, что нечто должно стать лучше. Например, можно улучшить процесс. Снизить количество дефектов. Устранить перерасход материалов. Причин для проектов неисчислимое множество. (Об источниках и определении проектов “Шесть сигм” подробнее рассказано в главе 4.)

Процесс поиска возможностей для проектов “Шесть сигм” известен как *поиск идей*. Что-бы появилась идея проекта, нужно в сложившихся обычных обстоятельствах проявить творчество и проникательность. Инструменты поиска идей позволяют уловить суть идеи, а также обеспечивают нас вспомогательной информацией из центральной базы данных для оценки идеи. Пример Web-портала для поиска идей приведен на рис. 12.1.

Таблица 12.2. Инструменты управления проектами "Шесть сигм"

Инструмент управления проектами	Роль
Поиск идей	Поиск идей для потенциальных проектов "Шесть сигм"
Определение	Определить масштабы проекта, сформулировать проблему и цели, составить календарный план, назначить членов первичной команды
Отбор	Установить приоритетность проектов, управлять их очередностью, запуск проектов
Наблюдение	Наблюдать за продвижением проекта и управлять этим продвижением. Обнаруживать отклонения от плана и принимать меры. Обеспечивать достижение поставленных целевых показателей в соответствии с календарным планом
Отчетность	Сообщать о состоянии и текущих результатах проекта членам проектной команды, владельцам бизнеса, Чемпионам "Шесть сигм", руководителям и другим заинтересованным сторонам

The screenshot shows a web form titled "Instantis EnterpriseTrack Portal: Submit Your Idea". It includes several sections with input fields:
 

- Idea Title and Contact:** Fields for Idea Title, Primary Contact First Name, Primary Contact Last Name, Contact Phone, Contact Cell No, and a dropdown for Idea Linked To.
- Submitted By:** Fields for First Name, Last Name, Phone, Email, Job Title, and a checkbox for "Keep Submitter Name Hidden?".
- Area of Concern:** A dropdown menu.
- Division and Business Unit:** Dropdown menus for Division, Business-SubUnit, Business Unit, and Location.
- Description of Problem / Opportunity:** A large text area.
- Customer and Benefits from Improvement:** Two additional text areas.

Рис. 12.1. Web-портал для поиска идей

Такие инструменты поиска идей — это мощное средство вовлечения всех сотрудников организации (включая потребителей и поставщиков) в процесс подбора потенциальных проектов улучшения.

### Выбор победителя

Отбор проектов — это тонкий процесс их оценки, определения соответствия бизнесу, ранжирования приоритетов. Проекты "Шесть сигм" должны иметь собственную ценность и поль-

зу, но их также следует рассматривать в контексте улучшения всего бизнеса и достижения его заявленных целей. Ошибочно выбранные проекты "Шесть сигм" будут решать лишь незначимые проблемы или и вовсе не их.

В процессе отбора проект сначала формулируют приблизительно, но все же количественно, указывая его масштаб, календарный план, сложность и ожидаемые последствия для бизнеса. Затем решают, стоит ли овчинка выделки.

### Оценка

Предложенный проект сначала оценивается с точки зрения его прямой пользы для узкой области применения и соответствия общей стратегии и задачам бизнеса. Оценку производят количественно, например, процентное снижение количества дефектов или процентный рост удовлетворенности потребителей, а также оценивают финансовую отдачу в виде роста рентабельности.

- ✓ Количественная оценка улучшений: ключевые показатели вырастут не менее чем на 70% от исходного уровня.
- ✓ Количественная оценка финансовой отдачи: инвестиции начнут приносить прибыль менее чем через год.

### Определение соответствия проекта бизнесу

Далее необходимо оценить соответствие проекта целям и стратегиям бизнеса или то, пригоден ли контекст проекта для бизнес-процессов. Чемпион или Лидер развертывания "Шесть сигм" должен определить, насколько данный проект поможет удовлетворить общие потребности бизнеса.

- ✓ Оценить стоимость проекта в денежном выражении, или "мягкий вклад". Мягкая экономия должна составлять не более чем 25% проектов "Шесть сигм".
- ✓ Сопоставить профиль проекта с бизнесом в целом и определить, насколько проект отвечает его стратегическим целям.
- ✓ Рассмотреть учебную ценность проекта и его вклад в общую инициативу улучшения "Шесть сигм".

### Приоритетность проекта

После первых двух этапов — оценки и определения соответствия проекта — ему назначают номер приоритетности. Обычно по десятибалльной шкале — от 0 (проект отвергается) до 10 (выделить под проект лучшие ресурсы и бюджет).

С помощью системы приоритетов идентифицируют проекты, могущие оказать огромное влияние на организацию, стратегическое или финансовое, и вероятность успеха которых максимальна, причем при минимальной потребности в ресурсах. Матрицу приоритетов используют для сравнения параметров и упорядочения проектов по их ценности для организации.

### Определение проекта

Это критичный процесс преобразования некоторой практической бизнес-проблемы в проект "Шесть сигм". В результате получаем обстоятельную формулировку проблемы и набор задач, включая задачу одобрения проекта лицами, либо причастными к нему, либо заинтересованными в его результатах. Управленческое сообщество "Шесть сигм" полагает, что 50% успеха проекта определяются качеством его определения.



Рабочая таблица позволяет рассмотреть множество задач определения проектов как совокупность несложных и небольших элементов. Об источниках и определении проектов “Шесть сигм” подробнее рассказано в главе 4.



За определение проектов отвечают менеджеры в лице Чемпиона, Лидера развертывания и/или Собственника процесса. Именно менеджмент должен решить, какие проекты достигнут бизнес-целей (ГБ) и удовлетворят требования потребителей (ГП). В процессе активно участвуют практики “Шесть сигм”, помогая менеджерам и обеспечивая входную информацию для оценки и определения соответствия проектов-кандидатов.

По сути, вот и все, что делают на высшем уровне для определения проекта. Но хотя описанные процедуры кажутся несложными, на самом деле это трудоемкая и сопряженная с обработкой массы информации задача, поэтому приходится за многим наблюдать и управлять.

На пути определения проекта стоят серьезные препятствия. Ресурсов — денег, людей, оборудования — всегда не хватает. Сроки всегда очень жесткие. Также необходимо учесть различные ограничения и риски. Однако при последовательном выполнении процесса управления проектами можно разработать хорошо определенный план проекта и обеспечить успех проектной команды.

За магическим трио формулировки проблемы, целей и одобрений стоит ряд вспомогательных элементов, которые и обеспечивают глубокое определение проекта. Эти элементы сведены в табл. 12.3. Их сжатое и точное описание должно содержаться в каждом определении проекта.

Таблица 12.3. Основные элементы определения проекта

Элемент	Описание
Назначение проекта	Причина и мотивация для реализации проекта. Включает точную формулировку проблемы и ее последствия
Целевые показатели	Ключевой набор целевых показателей, которых необходимо достичь для того, чтобы признать проект успешным. Ожидаемые уровни улучшения следует выразить количественно
Преимущества	Показывают, что именно получит каждая заинтересованная сторона при достижении целевых показателей проекта. Для проектов “Шесть сигм” также необходимо указать конечные преимущества
Члены команды	Указать необходимую для реализации проекта команду лиц и их квалификацию. Команда должна быть достаточно малочисленной, чтобы сохранились оперативность и мобильность, но в то же время обладать достаточной квалификацией и представительством
Календарный план	В календарном плане должны быть указаны как общая продолжительность проекта, так и индивидуальная продолжительность каждой его фазы
Риск и контроль	Масштаб, календарный план и целевые показатели находятся в неустойчивом равновесии. Изменение одного элемента влияет на один или два других. Нужно оценить риск и влияние возможных и вероятных изменений, определить меры контроля, которые нужны для предотвращения этих изменений, и ответственность в случае, если они произойдут

## Планирование и отслеживание проекта

В предыдущем разделе были рассмотрены инструменты определения проекта. В данном речь пойдет об инструментах его планирования и отслеживания.

## Планирование проекта

После завершения фазы определения проекта “Шесть сигм” можно переходить к его планированию, что тоже немаловажно. Проект — это процесс, и его планирование не менее сложно, чем развитие рабочего процесса, который мы собрались улучшить. Генерал Дуайт Эйзенхауэр, дважды занимавший пост президента США, однажды сказал: “Планы — ничто. Планирование — все”.

Для подготовки плана проекта сначала необходимо собрать и организовать информацию со стадии его определения.

- ✓ **Методология.** Метод разработки проекта “Шесть сигм” согласован с процессом ОИАУК (см. главу 3). Все программные инструменты для планирования и отслеживания проектов “Шесть сигм” имеют встроенные шаблоны для ОИАУК, которым следуют ключевые и второстепенные моменты проекта.
- ✓ **Роли.** Выбрать и назначить людей с квалификацией, необходимой для реализации проекта. Это Черные пояса, Зеленые пояса и собственники процесса. Если проект очень сложный, охватывает много организаций и никогда не выполнялся в прошлом, обязательно нужен Черный пояс, который обеспечит глубокий технический анализ и лидерство.
- ✓ **Календарный план.** Проекты “Шесть сигм” непродолжительны; обычно их реализуют не больше чем за три месяца. За это короткое время проектная команда должна успеть продемонстрировать заявленные результаты. Основные промежуточные пункты проекта, промежуточные результаты и контрольные точки обычно совпадают с этапами прикладной методологии, такой как ОИАУК.
- ✓ **Отчетность.** Обнародование текущего состояния проекта “Шесть сигм” критично важно — так же, впрочем, как и в случае любых других проектов. Каждая заинтересованная сторона и каждый участник должны регулярно получать информацию о ходе реализации проекта “Шесть сигм” и промежуточных результатах. Это касается не только членов проектной команды, но и финансовой группы, собственников процессов, высших руководителей. Задачу отчетности о проекте помогают решить инструменты контактов лидера с персоналом (см. табл. 12.1).
- ✓ **Соотношение затрат и выгоды.** Поскольку итоги и отдача проектов “Шесть сигм” оцениваются по их вкладу в конечные результаты всего бизнеса, то важнейшей метрикой проекта будет рентабельность инвестиций. Для ее оценки следует по всей организации использовать одни и те же методы.

Результат процесса планирования проекта — собственно *план проекта* — это специальный и контролируемый объем информации. План проекта включает текстовые документы, вспомогательные финансовые электронные таблицы и календарный план проекта Гантта или подобного типа с указанием промежуточных результатов, информации о ресурсах и механизма отчетности. Всю эту информацию тщательно изучают и после ее утверждения излагают в виде так называемого *основного* плана проекта, по которому все и работают. Любые его изменения необходимо согласовать с Чемпионом или Лидером развертывания, а также с другими заинтересованными сторонами, и определить, в каком направлении должен двигаться проект.



Для подготовки плана проекта существуют следующие вспомогательные прикладные программные инструменты.



- ✓ **Текстовый редактор.** Программный инструмент, такой как Microsoft Word, охватывает всю текстовую информацию и сохраняет ее в файлах. План проекта следует распечатать как справочный материал в одном или нескольких экземплярах, собрать подписи, подтверждающие выделение ресурсов.
- ✓ **Финансовый калькулятор.** Обычно информация по финансовому планированию содержится в электронной таблице, такой как Microsoft Excel. Однако в более сложной среде электронную таблицу можно заменить встроенными возможностями корпоративной системы планирования ресурсов предприятия (ПРП (*ERP*)) или управлять ею из интегрированного инструмента проектного планирования, такого как Instantis или SixNet.
- ✓ **Календарный планировщик.** Календарные планировщики проектов аналогичны инструментам создания карт процесса для проектов. Они позволяют охватить все запланированные рабочие задачи, ресурсы, затраты, риски и отразить их в календарном формате в соответствии с формальной организацией работы. На рынке имеются многочисленные программные средства управления проектами; инструменты, разработанные специально для проектов “Шесть сигм”, включают Instantis и SixNet. Это мощные инструменты с интернет-архитектурой, выполняющие подготовку календарного плана для специальных проектов “Шесть сигм”. Но существует и множество других; чаще всего используют инструмент календарного планирования проектов Microsoft Project. На рис. 12.2 приведен пример календарного плана проекта.
- ✓ **Отчетность.** Отчеты о текущем состоянии проекта обычно генерируются непосредственно инструментами планирования проектов и подготовки их календарных планов. Для создания необходимых отчетов требуется получить информацию с помощью инструмента календарного планирования проекта. В следующем разделе мы поговорим об этом подробнее.
- ✓ **Менеджер документов.** Инструменты для управления массой проектной документации часто упускаются из виду, однако на самом деле они критично важны. Управление документами заключается в хранении файлов данных, обеспечении строгого к ним доступа и контроля над ними. Эти системы бесценны для контроля обновлений официальной или справочной документации.

### Отслеживание проекта

Планы проектов выглядят прекрасно — но лишь до того дня, пока не начинается их реализация. Отслеживание хода проекта и управление им для того, чтобы все шло по плану, значительно облегчаются благодаря использованию инструментов “Шесть сигм”. С их помощью мы отслеживаем проект и формируем отчеты о его текущем состоянии, вносим изменения в ресурсы, бюджеты, календарные планы; корректируем работу и промежуточные результаты. Во многих случаях инструменты также позволяют управлять изменениями плана и сравнивать реальные (или *фактические*) результаты с исходным основным планом проекта, демонстрируя отклонения от него.

Замечательная особенность проектов “Шесть сигм” заключается в их краткосрочности. Чем на больший срок рассчитан проект, тем он сложнее в управлении. К счастью, проекты “Шесть сигм” обычно длятся всего несколько месяцев. Благодаря этому и сами проекты, и их модели не сталкиваются с большими неприятностями, поскольку за время своего существования просто не успевают стать слишком сложными.

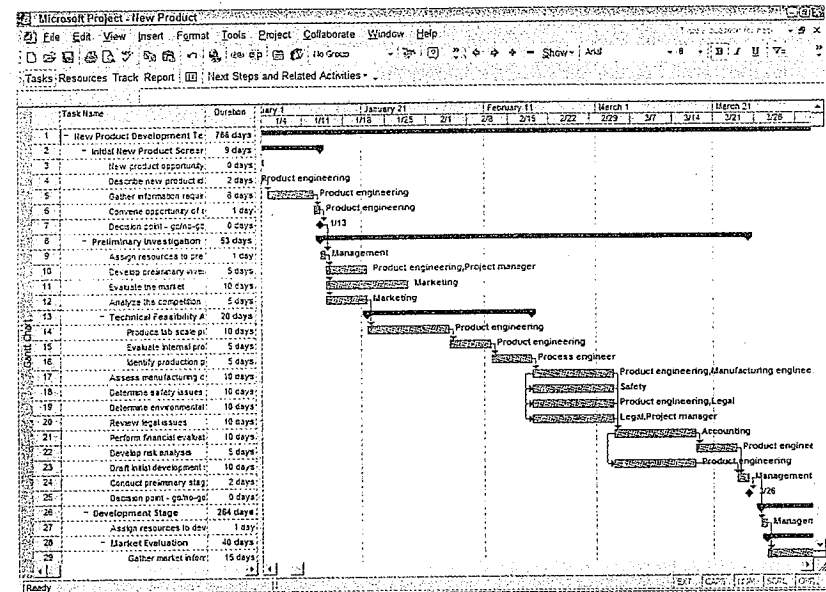


Рис. 12.2. Календарный план проекта в формате Гантта

## Только факты, мэм

В отчетах приводятся результаты. Это индикаторы, демонстрирующие успехи ваших начинаний. С помощью инструментов отчетности вам удастся проинформировать всех причастных лиц о ходе развития вашей инициативы. Такие инструменты жизненно важны, поскольку обеспечивают наглядность конечных результатов ваших проектов и программ.

Отчетам о проекте как основным инструментам информирования вы должны уделять пристальное внимание. Без них участники проекта и причастные к нему лица не узнают о свершении ваших великих дел и просто не догадываются, как и когда вас поддержать. Нужно, чтобы все услышали хорошие новости о проделанной вами тяжелой работе и ваших достижениях.

Инструменты отчетности о проектах и программах “Шесть сигм” разнообразны.

- ✓ **Общие инструменты отчетности.** На рынке управления информацией существует категория продуктов, известная как инструменты бизнес-анализа. С их помощью извлекают информацию из баз данных и готовят отчеты в удобном формате; при необходимости эти операции повторяются. Инструменты данного класса не присущи исключительно “Шесть сигм” — они общего назначения и адаптируются под конкретное применение. В эту группу входят такие программные продукты, как Cognos, Business Objects и даже Microsoft Office.
- ✓ **Интегрированные инструменты.** Внутрикорпоративные интегрированные инструменты используются для планирования и отслеживания проектов, а некоторые из них еще и для отчетности. Пример приведен на рис. 12.3.
- ✓ **Сбалансированные оценочные карты.** Специальная и стандартизованная система отчетности о состоянии бизнеса, известная как *сбалансированная оценочная карта*,

возникла в последние годы. Такая карта сама по себе служит целой областью изучения. Методология карты разработана членами Института сбалансированных оценочных карт, включающего как корпорации, так и правительства. В отдельных случаях результаты "Шесть сигм" тоже можно представлять в таком виде. Пример сбалансированной оценочной карты показан на рис. 12.4.

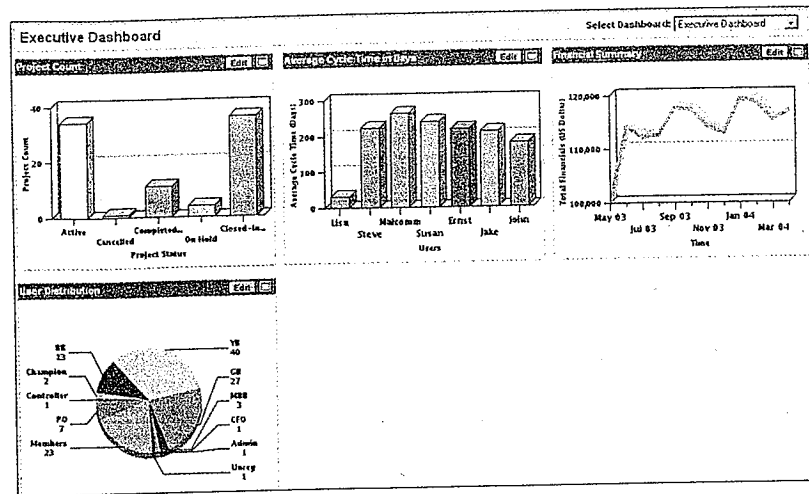


Рис. 12.3. Отчеты "Шесть сигм"

## Управление знаниями

Инструменты управления знаниями (УЗ (КМ)) — это эффективные средства сотрудничества, помогающие распространять и передавать знания и информацию в пределах организации. Такие инструменты не присущи "Шесть сигм", но квалифицированный менеджер использует их, чтобы распространить эффекты результатов данной инициативы.

Инструменты управления знаниями почти исключительно являются внутрикорпоративными приложениями, охватывающими внутренние сообщества. Совместно с учебными инструментами они образуют эффективные механизмы распространения интеллектуального капитала и создания среды, благоприятной для инноваций. Инструменты УЗ служат неформальным способом сбора и распространения информации.

Рынок инструментов управления знаниями довольно широк и в самом общем смысле включает все технологии обработки информации, отчетности, управления данными. В более узком смысле инструменты УЗ позволяют людям собирать информацию по различным темам, получать к ней доступ, управлять и обмениваться ею. Перечислим эти инструменты.

- ✓ Методологии "Шесть сигм".
- ✓ Методы и инструменты статистического анализа.
- ✓ Методы и инструменты оптимизации процессов.
- ✓ Результаты прошлых статистических анализов.
- ✓ Прошлые деятельность и результаты управления процессами.
- ✓ Определения и правила проектов.

- ✓ Планы проектов.
- ✓ Результаты проектов.

BSC: Finance			
Per	YTD	Var Per	Var YTD
▲	▲	-14,29	-23,81
★	★	20,60	18,83
●	●	1,89	1,60
●	●	4,41	-1,03
●	●	9,44	9,44
TROCE			

BSC: Internal			
Per	YTD	Var Per	Var YTD
●	●	4,55	3,52
●	●	-1,07	-1,02
●	●	-0,16	-0,09
●	●	1,10	0,87
●	●	-0,75	-0,97
●	●	-2,35	-1,48

BSC: Learning & Growth			
Per	YTD	Var Per	Var YTD
●	●	1,27	-1,56
●	●	-0,63	-0,72
●	●	10,00	1,67
●	●	0,70	1,30
●	●	3,15	0,37

BSC: Customer			
Per	YTD	Var Per	Var YTD
▲	▲	14,99	13,04
●	●	8,67	2,67
●	●	1,58	-1,47
●	●	-8,47	-4,66
★	★	150,00	91,67
★	★	27,36	15,05

Рис. 12.4. Сбалансированная оценочная карта

В области управления знаниями данные средства представляют собой драгоценные носители интеллектуальной ценности в компании. Все виды инструментов и технологий, от способов доступа к Интернету и интранету, до инструментов структурированного доступа и контроля, а также систем управления библиотеками, следует рассматривать как возможные средства для интеграции информации в ежедневную жизнь вашего персонала и сотрудников.

Управление знаниями — это не эзотерика и не академическая чепуха о жизни в электронную информационную эру. Инициативы “Шесть сигм” порождают массу важнейшей информации, существенно пополняющей интеллектуальный капитал вашего бизнеса. А УЗ — технология, позволяющая использовать этот капитал в вашей организации для роста и улучшения работы.

## Ученые — свет

Обучение является ключевым инструментом управления “Шесть сигм”. Корпоративное обучение принципам и практике “Шесть сигм” традиционно осуществляют консультанты или внутрикорпоративные Мастера Черных поясов. Оно проходит по отработанной схеме: руководители, Чемпионы, Лидеры развертывания, Пояса и вспомогательный функциональный персонал изучают все необходимое им для исполнения своих ролей “Шесть сигм”.

Обучение все чаще осуществляется через компьютер, поэтому оно еще называется онлайн-обучением или электронным. В последние годы оно кардинально развилось и распространилось, и постепенно занимает все большую долю формального и корпоративного обучения. Вероятно, вам, нашим читателям, тоже довелось познакомиться с электронным обучением.

Перечислим причины того, почему для “Шесть сигм” такой вид обучения является привлекательным инструментом управления.

- ✓ По затратам на одного учащегося электронное обучение значительно дешевле обычного очного.
- ✓ Электронное обучение почти полностью устраняет непроизводительные затраты времени и денег на поездки — как для учащегося, так и для преподавателя.
- ✓ При электронном обучении учащиеся часто занимаются в свое свободное время, т.е. без отрыва от производства.
- ✓ Электронное обучение забирает у преподавателей меньше времени, благодаря чему меньше Мастеров Черных поясов отрываются от производства.
- ✓ Поскольку электронное обучение выполняется в информационно-технологической среде, оно непосредственно облегчает понимание технологических инструментов.
- ✓ Электронное обучение — естественный спутник управления знаниями, а материалы для него без труда преобразуются в справочные.

Легко оценить, насколько привлекательно электронное обучение для “Шесть сигм”. Однако его технологии и платформы не заменяют обычного обучения “Шесть сигм” в одной ключевой области: учащимся все равно предстоит выполнять проекты на своем рабочем месте, и без непосредственного наставничества в проектом процессе не обойтись. Мастер Черных поясов — важный элемент системы наставничества. Автоматизация не полностью заменяет наставника — во всяком случае пока что!

В следующих разделах мы рассмотрим несколько методов электронного обучения для “Шесть сигм”.

## Обучение с помощью компьютера

Это самый известный и распространенный метод электронного обучения. При таком подходе оно осуществляется либо с помощью компакт-дисков, либо через Интернет. Учащиеся последовательно осваивают страницы материала, а по окончании обучения обычно проверяют свои знания посредством онлайн-экзаменов.

Такой подход приемлем для обучения более низкого уровня, однако его недостаточно для сложных учебных конструкций, необходимых в среде “Шесть сигм”. И еще при обучении с помощью компьютера сложно поддерживать график учебного процесса и участие в последнем наставника.

## Синхронное обучение с участием наставника

Данный подход, часто в шутку называемый “комплектующим учителем”, ближе к реальному обучению, чем обучение с помощью компьютера. При синхронном обучении учащийся “присутствует” на лекциях в определенное время дня, но дистанционно, т.е. в режиме онлайн. В реальном времени преподаватель читывает студентам материал. При этом студенты имеют возможность общаться с преподавателем и между собой, задавая вопросы и участвуя в обсуждениях.

Данному подходу отдают предпочтение некоторые университеты и компании, перенявшие его для своего корпоративного обучения. К преимуществам метода относится непосредственная подача лекционного материала, однако такое онлайн-обучение в реальном времени требует значительных сетевых ресурсов.

## Асинхронное обучение с участием наставника

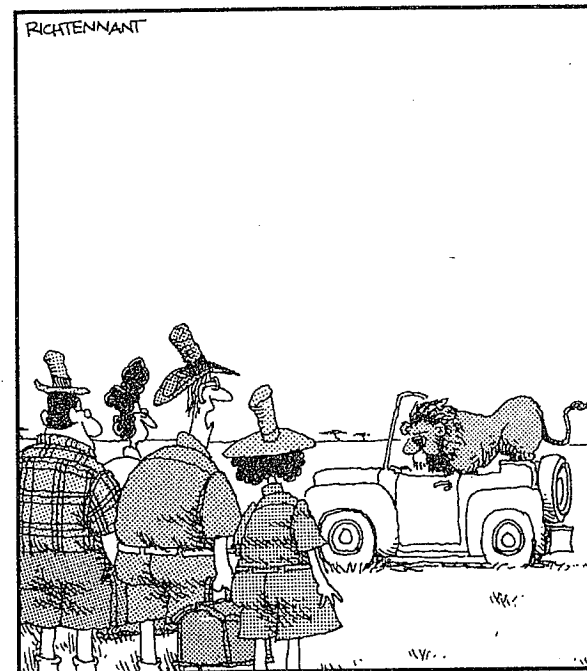
Это гибрид двух предшествующих подходов. При асинхронном обучении студенты изучают лекции самостоятельно, но тем не менее взаимодействуют с аудиторией и другими студентами в установленном порядке. Благодаря такой двойственности асинхронное обучение с участием наставника пользуется все большей популярностью у корпораций и государственных организаций.

## Часть IV

# Великолепные десятки

The 5th Wave

Рим Теннант



"Окей, рассмотрим статистические вероятности данной ситуации. нас четверо, а лев - один. Филипп, вероятно, начнет визжать от ужаса. Нора, вероятно, упадет в обморок. Ты, вероятно, будешь орать на меня за то, что я оставил машину открытой. А я с высокой вероятностью сделаю ноги, если лев попробует приблизиться к нам."

## Глава 13

# Десять примеров лучшей практики “Шесть сигм”

*В этой главе...*

- ✓ Постановка амбициозных целей и получение конкретных количественных результатов
- ✓ Жизнь по определенным важным принципам
- ✓ Выбор правильных проектов и правильных людей
- ✓ Изменение культуры через участие и обучение

**П**римеры успешного использования методологии “Шесть сигм” на практике имеют несколько общих черт. В данной главе мы расскажем о первой десятке лучших таких примеров. Ступая на собственный путь “Шесть сигм”, используйте их как дорожные ориентиры. Даже после того как вы накопите определенный опыт практической работы по методологии “Шесть сигм”, вам желательно периодически сравнивать свои результаты с лучшими достижениями других людей и организаций, поэтому время от времени перечитывайте эту главу.

## *Ставьте амбициозные цели*

“Шесть сигм” — не для менеджера со средними амбициями и не для человека, намеряющегося улучшать результаты некоторого процесса постепенно. Данная методология создана для людей, желающих прорывных улучшений.

“Шесть сигм” постоянно доказывает свою способность обеспечивать такие улучшения. Но для этого вы должны объединить мощь метода и инструментов “Шесть сигм” с *амбициозными целями*, которые поначалу кажутся чрезмерно высокими и почти непомерно оптимистичными.

Если говорить конкретно, то под амбициозной целью обычно понимают 70%-ное улучшение по сравнению с текущими показателями. Например, если норма прибыли вашей компании составляет семь процентов, то для вас амбициозной целью будет прибыль в размере 11,9% (рост на 70%). Или если для некоторого процесса характерны десять дефектов на 100 единиц продукции, то 70%-ным улучшением будет такой уровень дефектов: три на 100 единиц.

Еще один распространенный способ поставить правильную амбициозную цель заключается в сравнении своих показателей с показателями конкурентов. *Ориентирными* называются показатели, достигнутые лучшими компаниями, организациями, функциональными службами или процессами в вашей отрасли. Ведь если у кого-то это получается, то и мы сможем, верно? Например, по такому показателю, как время, необходимое для вывода на рынок новой модели автомобиля, ориентиром для всех игроков автомобилестроительной отрасли служит компания *Toyota*. Большинству компаний для создания новинки требуется 36–48 месяцев, тогда как *Toyota* со своей гибридной моделью Prius управилась приблизительно за 24 месяца. К тому же это был значительный шаг вперед от традиционных машин, работающих только на бензине.

### *В этой части...*

Традиционные главы в книгах серии ...для “чайников”, в которых вы найдете краткий список лучших практик и распространенных ошибок, а также подсказки, куда обращаться за помощью.

## Указывайте осязаемые результаты

Обычно “Шесть сигм” позволяет организациям снизить затраты на 20–30% и одновременно повысить свои доходы на 10% и больше.

Чтобы получить подобную отдачу от использования “Шесть сигм”, каждый проект должен быть привязан к конкретным финансовым показателям — сколько денег сэкономлено, на сколько вырос доход, каких расходов удалось избежать и т.д. (подробнее об этом см. главу 4). Эти финансовые показатели надо измерять и отслеживать формально; накопленная величина продемонстрирует те самые поразительные финансовые результаты, которыми славится “Шесть сигм”. Если же проекты не привязывать к осязаемым результатам и не отслеживать их финансовые последствия, то работа по методологии “Шесть сигм” так и не достигнет своего финансового потенциала.



В отдельных случаях проект “Шесть сигм” не направлен непосредственно на уменьшение затрат или увеличение дохода — его цель совпадает со стратегической задачей организации. Например, если вы реализуете проект с целью повысить осведомленность потребителей о торговой марке, вам будет сложно количественно оценить, насколько такой проект улучшает финансовые показатели компании. Тем не менее, если проект содействует реализации ключевых бизнес-стратегий, им все равно стоит заниматься.

## Определите результаты

Любой выходной фактор или результат определяется набором входных факторов. Эту идею детерминизма мы рассматривали в главе 2. Естественное продолжение данного принципа заключается в следующем: целенаправленно регулировать и контролировать входные факторы, чтобы гарантированно получить желаемые результаты.

## Сначала думайте, затем действуйте

Слишком часто люди, стремясь решить проблему, начинают энергично действовать, не подумав сначала хорошенько о том, а что конкретно надо делать. Они путают деятельность с эффективностью. Несомненно, это всего лишь жалкое подобие тщательно продуманной стратегии, и заканчивается такая активность обычно затягиванием проблемы или, в лучшем случае, недостаточно оптимальным решением.

Методология ОИАУК, которая входит в состав “Шесть сигм” (см. главу 3), вынуждает нас перенести основной объем работы по решению проблемы на фазы определения, измерения, планирования решения. Каждый проект начинается с подробного, глубокого определения сути проблемы и целей решения. Далее выполняются интенсивные масштабные измерения, чтобы оценить текущие показатели процесса или системы. Затем глубоко анализируются входные и выходные факторы, условия, причинно-следственные связи. И лишь по завершении всех этих шагов можно приступать к реализации решения по улучшению. Результатом такой предварительной всесторонней подготовки почти всегда бывает оптимальное решение, которое можно быстро и эффективно воплотить в жизнь. Хотя такой подход — начинать действовать лишь после предварительной подготовки — занимает определенное время, в долгосрочной перспективе он приведет к более быстрому и эффективному решению проблемы и даст более стабильные результаты, чем другие подходы.

Естественно, компании и организации заинтересованы получить оптимальные результаты быстро и надежно. Это им обеспечит “Шесть сигм”.

## Верни только фактам

Среди практиков “Шесть сигм” бытует такая поговорка: “Богу мы просто верим; все остальные должны предоставить факты”. Без данных решения будут основаны на допущениях, приблизительных оценках, личных мнениях, вот почему желаемое иногда принимают за действительное. Данные же позволяют объективно идентифицировать и выбрать действительно лучшие идеи и решения среди многих альтернатив.

Однако принять решение на основе данных нелегко. При таком подходе приходится забыть о своих личных суждениях и предпочтениях и посмотреть в глаза иногда неприятным и даже жестоким фактам. Нужно верить в то, что доверие к фактам в конечном счете приведет к лучшим и более быстрым решениям.

Если прислушиваться к данным, они расскажут вам все необходимое для улучшений с минимальными шагами. С другой стороны, “здравый смысл”, личные мнения и подход “сила есть — ума не надо” поведут вас по ложному пути.

## Минимизация вариации

Большинство людей, думая о желаемых результатах, мыслят средними категориями — средний выход продукции производственной линии, средние месячные расходы подразделения, средняя норма рентабельности инвестиций. Но в реальности вариация вокруг среднего числа — даже если оно и приемлемого уровня — часто может привести к большему ущербу, чем собственно уровень.

Например, иметь высокое среднее количество заказов — это прекрасно. Но если их ежедневное количество колеблется в широких пределах, то компании приходится всегда — просто на всякий случай, чтобы покрыть возможные пиковые значения, — держать наготове дополнительные оборудование и персонал. Когда количество заказов низкое, оборудование и персонал простаивают. На самом деле компании было бы выгоднее иметь более низкое среднее количество заказов, но также и меньшую вариацию ежедневного количества. Тогда бы потребность в оборудовании и персонале оставалась стабильной, за счет чего удалось бы снизить затраты.

В разрабатываемых вами планах, в производимых товарах, в выполняемых транзакциях и в оказываемых услугах всегда будет присутствовать вариация. Даже в подконтрольной вам среде события и обстоятельства меняются неподконтрольным вам образом.

“Шесть сигм” решает две важные задачи. Во-первых, она сужает диапазон вариации любых процессов, товара, услуги или транзакции. Во-вторых, позволяет вам создать такую конфигурацию работы, чтобы вы достигли целевых показателей даже несмотря на неподконтрольную вам вариацию.

## Согласование проектов с ключевыми целями

Один из важнейших факторов успеха “Шесть сигм” состоит в выборе проектов, согласованных с ключевыми целями и задачами вашей организации (подробнее об этом см. в главе 4). Программы “Шесть сигм”, которым сопутствует длительный успех, всегда составлены из проектов, направленных на продвижение организации к ее заявленным целям.

## Отметим успех!

Инициатива “Шесть сигм” может быть небольшой по масштабам, включать всего один пилотный проект или одно отдельное подразделение. Но она может быть и широкомасштабной, охватывать всю организацию или приводить к ошеломляющим финансовым результатам. В любом случае надо отметить успех.

Успех заразителен. Когда о первых, небольших победах сообщают персоналу, когда людям, причастным к этим победам, воздают должное, когда победы сопровождаются публичным признанием, похвалами, наградами, у персонала возникает подлинный интерес к инициативе “Шесть сигм”. Растут уверенность и доверие. Сотрудники начинают верить в силу и потенциал метода. Поэтому каждая последующая победа дается легче.

## Привлекайте собственника процесса

Проекты “Шесть сигм” требуют перемен. Черные и Зеленые пояса зачастую улучшают системы и процессы, за которые они не отвечают. И по окончании проекта они просят истинного собственника системы или процесса воплотить их решение в жизнь и поддерживать его в дальнейшем.



Поставьте себя на место собственника. Понравилась бы вам идея что-то менять в процессе вслепую, не зная, какими будут результаты подобного вмешательства?

Успешные практики “Шесть сигм” должны изначально работать в контакте с собственником процесса или системы и привлекать его к своей деятельности. Запрашивать у него исходную информацию и сообщать о промежуточных результатах работы на всех этапах ОИАУК. Когда же приходит время перемен, собственник процесса или системы сам с готовностью берется воплощать желанные улучшения в жизнь.

## Раскройте потенциал каждого

Лучшие программы “Шесть сигм” не заканчиваются на Черных поясах, работающих с полной занятостью. Когда организация расширяет свои знания “Шесть сигм” на Зеленые и Желтые пояса, она одновременно высвобождает обширный потенциал большого количества служащих. И это важное преимущество для “Шесть сигм” и организации. Теперь улучшения, направленные на всю организацию, становятся делом не кучки изолированных специалистов, а целой армии преданных солдат.

## Глава 14

# Десять ловушек, которых надо избегать

В этой главе...

- ✓ Распространенные мифы о “Шести сигмах” и их развенчание
- ✓ Что требует пристального внимания
- ✓ Как избежать распространенных ошибок

**П**лавание по морю “Шесть сигм” сопряжено с определенными скрытыми опасностями. Здесь бывают штормы и подводные рифы. В данной главе мы расскажем о десяти самых распространенных ошибках и предубеждениях, могущих помешать вашему успеху.

## Когда не выделяют достаточно времени

Чтобы организация поднялась на новый качественный уровень работы, ей нужен некий движитель проектной деятельности. Вот почему небольшое количество персонала организации — Черные пояса — посвящают реализации проектов “Шесть сигм” все свои время и силы. Они на какой-то период откладывают в сторону все свои текущие дела и полностью концентрируются на вверенных им проектах.

Распространенной ошибкой является мнение, будто организация добьется перемен в те же масштабах и в те же сроки, даже если Черные пояса займутся проектами “Шесть сигм” в перерывах между выполнением своих основных обязанностей, т.е. если проект “Шесть сигм” будет для Черного пояса всего лишь дополнительной нагрузкой. Однако при таком подходе просто не генерируется энергия, необходимая для проведения перемен в организации. Реализация проекта затягивается, достигнутая экономия уже не выглядит впечатляющей. И в конечном счете у персонала пропадают порыв, энтузиазм и интерес к переменам.

## Кто лидер

Некоторые организации пытались внедрить у себя “Шесть сигм” без назначения уполномоченного лидера развертывания. Такие организации обучают Пояса, назначают проекты, внедряют инструменты и отслеживают результаты. И полагают, что прорывные перемены произойдут автоматически, как сумма индивидуальных, независимых усилий. Но развертывание “Шесть сигм” без лидера подобно кораблю без капитана — каждый член команды по отдельности знает свое дело, но никто не координирует и не направляет их деятельность.

## Попытка откусить слишком большой кусок

Почти всегда анализ неудач проектов “Шесть сигм” приводит к такому неутешительному выводу: организация взялась за непомерно масштабную задачу. Например, попытка миними-



зировать вариацию всего продукта означает настолько распыленные усилия, что каждая отдельная часть продукта улучшается совсем незначительно. С другой стороны, если сконцентрироваться на минимизации вариации только какой-то одной критичной характеристики продукта, мы копнем гораздо глубже и найдем подлинный источник прорывного улучшения.



Если уж ошибаться, то лучше в сторону уменьшения оптимального масштаба проекта.

## Концентрация на изолированных зонах

Компании допускают и такую распространенную ошибку: реализацию “Шесть сигм” рассматривают как отдельные программы в изолированных зонах, а не как единую и всеохватывающую кампанию. Иногда организация “для пробы” разрешает обучить парочку Черных или Зеленых поясов и дать им поработать над несколькими проектами. Но проблема такого подхода в том, что Пояса не получают достаточной поддержки от менеджеров, поэтому проекты наталкиваются на политические и организационные препятствия.



Организации — это живые организмы, в которых все части связаны между собой. Улучшая одну область или один процесс, вы, чтобы получить преимущества от перемен в полной мере, вынуждены улучшать и другие области. Какой смысл, например, усовершенствовать конструкцию товара, если при этом вы не улучшите его производство?

## “Но мы ведь другие”

Вполне естественно считать себя или свою организацию уникальными — настолько уникальными, что подошедшее другим вряд ли подойдет нам. Это, пожалуй, самый распространенный миф о “Шесть сигм”.

На самом деле “Шесть сигм” является всеобщей методологией. Она доказала свою эффективность во всех сферах, где ее применяли — в производстве, вспомогательной деятельности, логистике, дизайне, цепях поставок, услугах, транзакциях, обработке, юридической деятельности, управлении трудовыми ресурсами, программном обеспечении, продажах, маркетинге, управлении, здравоохранении, государственном секторе, в оборонных контрактах и т.д. и т.п. Список можно продолжать бесконечно! Не обманывайте себя тем, будто вы оказались единственным исключением из правила.

## Перечислись

Не каждому солдату нужна такая же интенсивная военная подготовка, как элитному спецназовцу. Точно так же не всем, занятым в программе “Шесть сигм”, нужно детально знать все продвинутые статистические инструменты и методы.

Количество информации на различных курсах “Шесть сигм” выросло из-за того, что консультанты и инструкторы конкурируют между собой на рынке преподавания этой прекрасной методологии. Но из огромного объема информации детально следует изучать далеко не все. Регулярно на практике применяются лишь несколько инструментов “Шесть сигм” из тех, которые преподают на курсах. А остальные достают из пыльных сундуков только по праздникам.



Не следует думать, что чем больше знаний, тем лучше. Не всегда. И не следует думать, будто вы на каждом проекте должны использовать все инструменты. Отнюдь нет. Главное — руководствоваться целесообразностью. В лучших системах нужные знания попадают к нужному человеку в нужный момент.

## Слепая вера в вашу измерительную систему

Данные и измерения составляют фундамент “Шесть сигм”. Однако ее практики слишком часто пренебрегают необходимостью проверять достоверность своих измерений. Те, кто бесознательно полагаются на дефектную измерительную систему, подобны строителям, возводящим здание с помощью кривой линейки. Такие зодчие получают не то, на что рассчитывали, и не будут знать, почему так произошло.



Всегда выделяйте время в начале проекта для анализа своей измерительной системы. Этот шаг уберет вас от многих потенциальных проблем.

## “Напомните мне еще раз — это КП или ПС?”

Контрольные пределы (КП) являются критичной частью любой контрольной диаграммы. Они улавливают и передают истинный голос процесса. Но проблема в том, что их часто путают с пределами спецификации, (ПС), которые отражают только голос потребителя. Критично важно знать, какие пределы использовать в конкретных ситуациях. Общее правило такое: контрольные пределы нужны для голоса процесса, а пределы спецификации — для голоса потребителя. Подробнее данная тема рассматривалась в главе 10.

## Приписки при подсчете возможностей возникновения дефекта

Вспомним определение качества работы на уровне “Шесть сигм”: иметь не больше 3,4 дефекта на миллион возможностей его появления. При этом подсчитывают все возможности дефекта в данной системе. Один из способов добиться высокого показателя качества работы заключается в том, чтобы искусственно завысить оценку количества возможностей. Некоторые практики делают это умышленно, благодаря чему показатели системы выглядят лучше, чем на самом деле. Но разве нам нужны приписки? Мы хотим, чтобы наши показатели не только выглядели превосходно, но и были таковыми в действительности.

## Не использовать потенциал технологий

Технологии и программное обеспечение неотделимы от “Шесть сигм”. Но, тем не менее, многие люди пытаются отвести технологиям какую-то узкую, дальнюю нишу. А другие сразу

отбрасывают все возможные технологические преимущества, потому что не знают, как их использовать.



Правильная технология поможет любому участнику “Шесть сигм” выполнять свою работу лучше и быстрее, а ведь именно к этому все и стремятся.

## Глава 15

# Десять мест, куда обращаться за помощью

*В этой главе...*

- ✓ Web-портал
- ✓ Публикации
- ✓ Ассоциации и сообщества
- ✓ Услуги инструкторов и консультантов

**К**акой бы деятельностью в рамках “Шесть сигм” мы ни занимались — статистикой, проектами, планированием развертывания, применением, лидерством, управлением или поддержкой, — работа это непростая. Даже не сомневайтесь. Любая задача действительно масштабна и сложна, и чтобы ее решить, требуется немало ума и сообразительности (или, по меньшей мере, наша книга). Но каким бы непроторенным ни казался вам ваш личный или вашей организации новый путь в жизни, в действительности по нему до вас прошли уже тысячи других людей и организаций. Поэтому вы можете не пробиваться сквозь нехоженые джунгли, а весело, вприпрыжку, пробежать по широкой утоптанной дороге, мощеной победившими от времени костями ваших предшественников.

Если вам нужна помощь по любому предмету, связанному с “Шесть сигм”, найти ее можно во множестве мест. Ученые, корпорации, сообщества, ассоциации, практики, консультанты и авторы книг — все готовы помочь вам своими знаниями, образованием, обучением, консультациями, инструментами, технологиями и публикациями. Мы организовали их в десять групп.

### *Коллеги*

Не исключено, что среди ваших знакомых есть человек, принимавший участие в проектах “Шесть сигм”, и, возможно, даже как специалист определенного типа. Если вы работаете в компании, уже применявшей “Шесть сигм”, то вокруг вас находятся Чемпионы, Мастера Черных поясов и Черные пояса. Значит, справочный материал у вас буквально под рукой.

Даже если никого из них вы лично не знаете, вас удивит, сколько общих знакомых обычно имеется у двух разных людей. Расспросите ваших друзей и коллег, в церкви или в боулинге, и вы обязательно найдете человека, через которого выйдете на эксперта “Шесть сигм”. В крайнем случае просто выкрикните ““Шесть сигм”!” в переполненном кинотеатре! Среди вашего круга общения наверняка есть хотя бы один знаток “Шесть сигм”; вам нужно просто приложить немного усилий для его поиска.

### *Корпорации “Шесть сигм”*

Уже сотни корпораций использовали “Шесть сигм”, причем во всех отраслях и во всех уголках мира. Многие из них открыты для встреч с вами, чтобы обсудить свой опыт и поделиться советами. Некоторые, такие как *Motorola*, имеют группы, оказывающие услуги по

консультированию. Поэтому без колебаний звоните в компанию, прошедшую через процесс “Шесть сигм”, и расспрашивайте об этой методологии.

## Ассоциации и профессиональные сообщества

Отрасль и аудиторией “Шесть сигм” занимаются несколько ассоциаций и профессиональных сообществ. Они предлагают своим членам различные услуги, включая доступ к знаниям и информации в виде так называемых “белых книг” и кейсов (анализа реальных ситуаций), проводят специальные мероприятия, обеспечивают полезными контактами, предоставляют скидки на материалы и услуги. Если вы вступаете в мир “Шесть сигм”, то мы настоятельно рекомендуем вам членство в одной из нижеперечисленных организаций.

- ✓ **Международное общество профессионалов “Шесть сигм” (ISSSP, International Society of Six Sigma Professionals).** Главная отраслевая организация для профессионалов “Шесть сигм”.
- ✓ **Американское общество качества (ASQ, American Society of Quality).** Крупнейшая ассоциация качества в США, включающая более 100 000 членов.
- ✓ **Ассоциация сравнительной оценки “Шесть сигм” (Six Sigma Benchmarking Association).** Проводит сравнительные исследования, распространяет лучшую практику, содействует улучшению процессов и полному качеству.
- ✓ **Американская статистическая ассоциация (ASA, American Statistical Association).** Это научно-образовательное общество, которое распространяет статистическую практику и статистические приложения, а также проводит исследования, издает статистические журналы, совершенствует статистическое образование.
- ✓ **Королевское статистическое общество (RSS, Royal Statistical Society).** Данная британская организация является старейшей в мире ассоциаций качества. Издает журнал, организует конференции, вводит и поддерживает профессиональные стандарты, сертифицирует университетские курсы, администрирует экзамены.

## Конференции и симпозиумы

Многочисленные организации регулярно, по всем Соединенным Штатам и по всему миру, спонсируют конференции и симпозиумы на темы “Шесть сигм”, качества и усовершенствования бизнес-процессов. Это представительные форумы, на которых встречаются единомышленники, чтобы обсудить злободневные темы и поделиться успешным опытом.

Назовем основные конференции “Шесть сигм”.

- ✓ **Конференции ISSSP.** Проводятся несколько раз в год.
- ✓ **Международный центр качества и производительности (IQPC, International Quality and Productivity Center).** По всему миру проводит специализированные конференции, а также конференции по “Шесть сигм”.
- ✓ **Американское общество качества (ASQ).** Проводит крупную ежегодную конференцию.
- ✓ **Всемирные съезды и бизнес-форумы (WCBF, Worldwide Conventions and Business Forums).** Проводит конференции на темы “Шесть сигм”.

- ✓ **Ixperion.** Эта группа проводит узкотематические конференции, главным образом в Европе.

Подробнее о перечисленных группах можно узнать в Интернете.



В дополнение к этим крупным отраслевым мероприятиям регулярно проводятся более мелкие, посвященные отдельным темам. Их организуют ассоциации, консультационные фирмы, продавцы инструментов. Например, разве можно пропустить Международную конференцию по аксиоматическим разработкам!

## Публикации

По нашим последним подсчетам, количество книг на тему “Шесть сигм” превышает 200 наименований. Их легко найти через сайты *iSixSigma* или непосредственно *Amazon*. Авторами этих томов обычно являются консультанты и практики, при написании исходящие из отраслевого опыта. Работы группируются по темам, перечисленным ниже. Выбирайте книги по вашим потребностям.

- ✓ **Руководства.** Как реализовать “Шесть сигм” в вашей компании.
- ✓ **Карманные руководства.** Удобные, небольшого формата справочники, которые и в самом деле помещаются в кармане.
- ✓ **Управленческие книги.** Примеры и рекомендации, как управлять инициативами “Шесть сигм”.
- ✓ **Справочники, которые можно использовать как инструменты.** Подробные, насыщенные математическим материалом книги по всем статистическим инструментам и темам.
- ✓ **Технологические книги.** Посвящены техническим и управленческим инструментам.

## Web-сайты

Самая доступная информация находится буквально у вас под руками, а именно на компьютерных клавиатуре и мыши. Web-сайты объединяют огромные количества информации, и вам достаточно всего несколько раз щелкнуть мышью, чтобы добраться до источников ценных данных. Поэтому мы рекомендуем Интернет как исходный пункт при поиске посторонней помощи.

- ✓ **Поисковый Web-портал Google.** Обеспечивает самый эффективный доступ к мировой информации. В главе 1 мы писали, что на запрос **Six Sigma** (т.е. “Шесть сигм”) поисковик Google выдает более двух миллионов ссылок. И это только начало. Введите ANOVA (это “дисперсионный анализ” по-английски), и Google опять выдаст вам два миллиона ссылок! А теперь озадачим Google чем-то более эзотерическим, например **Six Sigma Black Belt** (т.е. “Черный пояс “Шесть сигм””), и получим 9000 ссылок. Попробуем **Run charts** (“Диаграммы зависимостей”). 1200 ссылок. Или **Six Sigma online training** (“Онлайновое обучение “Шесть сигм”) — 700 ссылок. Google — поистине удивительно мощная поисковая программа.
- ✓ **iSixSigma.** Отрасль “Шесть сигм” имеет свой собственный коммерческий сайт, [www.isixsigma.com](http://www.isixsigma.com). Он предоставляет пользователю обширную и бесплатную информацию почти по любой теме “Шесть сигм”. Содержание сайта посвящено трем основным сферам: информация, сообщество, дополнительные услуги. Здесь

можно найти программные продукты, инструменты, пригласить на работу Черного пояса и даже самому отыскать себе работу. На сайте также есть чаты, форумы и библиотеки.

## Периодические издания

Отрасль "Шесть сигм" освещают несколько изданий. Назовем наиболее крупные и значимые журналы.

- ✓ *iSixSigma Magazine*. Печатная версия одноименного Web-сайта.
- ✓ *Six Sigma Forum*. Журнал Американского общества качества (ASQ); рассчитан на аудиторию "Шесть сигм".
- ✓ *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage* ("Международный журнал "Шесть сигм" и конкурентного преимущества"). Практический и исследовательский журнал, в котором рассматриваются новые разработки "Шесть сигм", теоретические изыскания, инструменты, методики, улучшающие работу компаний и организаций.
- ✓ *Quality Progress* ("Прогресс качества"). Посвященное качеству печатное издание Американского общества качества (ASQ).
- ✓ *Quality Digest* ("Сборник по качеству"). Независимый журнал о бизнесе качества.

## Продавцы технологий

Количество продающихся на рынке программных и технологических продуктов, связанных с "Шесть сигм" (см. главы 11 и 12), постоянно растет. Эти мощные инструменты позволяют воплотить в жизнь ваши инициативы. Продавцы предлагают программное обеспечение, обучают использованию продуктов, помогают внедрить и интегрировать технологии "Шесть сигм" в вашей среде.

Выделяют несколько категорий представленных на рынке продуктов.

- ✓ Моделирование процессов и воспроизведение их на модели.
- ✓ Статистический анализ.
- ✓ Управление процессами и их выполнение.
- ✓ Программный портфель и управление проектами.

## Консультанты

Реализовать инициативы "Шесть сигм" помогают многочисленные консультационные фирмы. Свой путь вы пройдете не в одиночестве. Консультанты ответят на любой интересующий вас вопрос — от "Нужна ли нам вообще инициатива "Шесть сигм"?" до "Как воспроизвести процесс на модели?"

Выделяют три основные категории консультантов.

- ✓ **Крупные консультационные фирмы из "Большой шестерки"**. Они не только обладают глубокой компетенцией в методологии "Шесть сигм", но также предлагают корпоративные решения по управлению бизнес-процессами и интеграции систем информационных технологий.

- ✓ **Консультационные фирмы "Шесть сигм"**. Несколько десятков фирм, занимающихся исключительно реализацией и поддержкой "Шесть сигм".
- ✓ **Индивидуальные консультанты**. Эти многочисленные профессионалы оказывают специализированную помощь по конкретным темам и направлениям.



Помощь консультантов по "Шесть сигм" — дорогое удовольствие. Ведущие фирмы запрашивают за услуги по 3000 долл. в день и даже больше. Но если вы можете позволить себе столь высокие затраты, то эти услуги действительно стоят таких денег.

## Преподаватели "Шесть сигм"

Обучение принципам и практике "Шесть сигм" образует целую отрасль, в которой заняты многочисленные преподаватели и инструкторы. Они предлагают обучение по всем мыслимым темам и через различные схемы, включая традиционное обучение в аудиториях, компьютерное обучение, сетевое асинхронное обучение. Несколько фирм предлагают лицензированные учебные материалы, а также по заявке организации готовят из ее персонала инструкторов "Шесть сигм".

Назовем три вида преподавания "Шесть сигм".

- ✓ **Академическое обучение**. Все больше колледжей и университетов предлагают курсы "Шесть сигм", обычно через инженерные колледжи или школы бизнеса. Эти курсы либо входят в основную учебную программу студентов и аспирантов либо предлагаются как факультативная программа через центры повышения квалификации.
- ✓ **Обучающие консультационные фирмы**. Большинство консультационных фирм "Шесть сигм" также осуществляют обучение. В отличие от многих академических учебных заведений, консультационные фирмы преподают как технические, так и нетехнические темы. К тому же они часто составляют учебный план под нужды конкретного бизнеса.
- ✓ **Онлайновое обучение**. С ростом его популярности растет и предложение. Онлайновые курсы "Шесть сигм" доступны через университеты и некоторые обучающие консультационные фирмы, а также через фирмы, которые специализируются на универсальном онлайн-обучении.

## Приложение

# Словарь терминов

**SIPOC (Поставщики–Входные факторы–Процесс–Выходные факторы–Потребители).** Графическое изображение процесса или системы, на котором входные факторы показаны стрелками, входящими в блок (символизирующий процесс или систему), а выходные факторы — стрелками, выходящими из этого блока.

**X.** Входная характеристика процесса или системы. В “Шесть сигм” обычно используется в уравнении  $Y = f(X)$ , где результат ( $Y$ ) является функцией входных факторов ( $X$ ).

**Y.** Выходная характеристика процесса. В “Шесть сигм” обычно используется в уравнении  $Y = f(X)$ , где результат ( $Y$ ) является функцией входных факторов ( $X$ ).

**Z-значение.** См. статью Значение сигмы.

**Анализ измерительной системы (MSA).** Оценка точности и прецизионности метода измерений. См. также статью “Пив измерительной системы”.

**Анализ эффектов отказных режимов (FMEA).** Процедура идентификации, оценки и уменьшения рисков, с которыми сопряжены потенциальные режимы отказа продукта, системы или процесса.

**Атрибутивные данные.** Данные, имеющие конечное множество дискретных значений, таких как “выдержал тест” или “не выдержал тест”, “да” или “нет”.

**Без добавленной стоимости (NVA).** Любая деятельность, осуществляемая в ходе производства товара или оказания услуги, которая не добавляет стоимость; в таких случаях стоимость просто меняет форму, применение, функцию товара или услуги так, что потребитель готов за это платить.

**Блок-схема процесса.** См. статью Блок-схема.

**Блок-схема.** Графическая модель потоков деятельности, материалов и/или информации, которые возникают в ходе процесса.

**Вариация по особым причинам.** Это те неслучайные причины вариации, которые можно обнаружить с помощью контрольных диаграмм и тщательного документирования процесса.

**Вариация.** См. статью Изменчивость.

**Вероятность.** Показывает, насколько возможно возникновение события или обстоятельства.

**Верхний контрольный предел (ВКП, UCL).** Чтобы процесс оставался подконтрольным, статистики подгруппы должны находиться ниже этого предела. Обычно ВКП расположен на три стандартных отклонения выше центральной тенденции.

**Верхний предел спецификации (ВПС, USL).** Наибольшее допустимое значение характеристики.

**Собственник процесса.** Лицо, несущее ответственность за показатели и ресурсы процесса и обеспечивающее поддержку, ресурсы и функциональную квалификацию для проектов “Шесть сигм”. Собственник процесса также отвечает за реализацию решений “Шесть сигм” в процессах.

**Внедренческая команда.** Команда, составленная из руководителей и менеджеров разных служб компании, в задачи которой входит внедрение "Шесть сигм" через определение практики, методов, операционной политики, и подготовку соответствующей документации.

**Возможности.** Количество характеристик, параметров или особенностей товара или услуги, которые можно охарактеризовать как приемлемые или неприемлемые.

**Воспроизводимость.** Показывает, до какой степени повторные измерения определенного объекта определенным лицом дают то же значение. См. также *ПиВ измерительной системы*.

**Время цикла.** Полное количество пройденного времени с момента начала работы над задачей, изготовления товара или оказания услуги до момента завершения.

**Входной фактор.** Ресурс, потребляемый, используемый в процессе (или системе) или добавленный к нему. Синонимы: *X*, характеристика, входная переменная.

**Выходной фактор.** Синоним: результат. Ресурс, объект или характеристика, являющиеся результатом (продуктом) процесса или системы. См. также *Y* и *Критична для качества (CTQ)*.

**ГБ (голос бизнеса, VOB).** Изложение потребностей бизнеса и его ключевых заинтересованных сторон; обычно включает рентабельность, доход, рост, рыночную долю, удовлетворенность служащих и т.д.

**Гистограмма.** Столбиковая диаграмма, показывающая частоту появления (соответствует высоте столбиков) численных или категориальных данных.

**ГП (голос потребителя, VOC).** Изложение озвученных и неозвученных потребностей, нужд и желаний получателей результатов процесса, товаров, услуг; обычно выражается в виде спецификаций, требований, ожиданий.

**ГПр (голос процесса, VOP).** Показатели и способность процесса удовлетворять потребности как бизнеса, так и потребителя; обычно выражен в какой-нибудь форме экономичности и/или эффективности.

**Двухуровневый эксперимент.** В таком эксперименте всем факторам присваивается одно из двух возможных значений, низкое или высокое (-1 или +1).

**Дефект.** Результат процесса, не удовлетворяющий заданным спецификациям или требованиям, таким как время, длина, цвет, обработка, количество, температура и т.д.

**Дефектный.** Товар или услуга, которые содержат *по меньшей мере один дефект*.

**Диаграмма Ишикава.** См. *Елочная диаграмма*.

**Диаграмма Парето.** Столбиковая диаграмма для атрибутивных (или категориальных) данных, на которой категории представлены в убывающем порядке частоты.

**Диаграмма рассеяния.** Диаграмма, на которой показана зависимость одной переменной от другой. С ее помощью выявляют связь между этими переменными, если таковая имеется, а также наблюдают за нею.

**Диаграмма родства.** Организация отдельных фрагментов информации в группы или широкие категории.

**Диаграмма серии.** Графический инструмент для отражения изменения характеристики во времени.

**Дисперсионный анализ (ANOVA).** Статистический тест для идентификации значимых различий между циклами или условиями процесса или системы; тест выполняется путем сравнения дисперсий вокруг средних значений сравниваемых условий.

**Дисперсия.** Специально определенная математическая мера изменчивости в наборе данных или генеральной совокупности. Равна квадрату стандартного отклонения.

**Долгосрочная вариация.** Наблюдаемая вариация той входной или выходной характеристики, на которой успело сказаться большинство эффектов вариации.

**Елочная диаграмма (диаграмма "рыбья кость").** Диаграмма в форме елочки (или рыбьей кости), показывающая все возможные переменные, могущие повлиять на результат данного процесса.

**Естественные допуски процесса.** См. *Контрольные пределы*.

**Желтый пояс.** Лицо, прошедшее приблизительно однонедельное обучение по таким курсам "Шесть сигм", как решение проблем и методы оптимизации процессов. Желтые пояса участвуют в деятельности по управлению процессом, в проектах Зеленых и Черных поясов, и применяют концепции "Шесть сигм" в своей рабочей деятельности.

**Затраты на низкое качество (COPQ).** Затраты, связанные с любой деятельностью, с первого раза выполненной неправильно. Это финансовая оценка любых потерь, не являющихся частью товара или услуги, производимых вашей компанией.

**Зеленый пояс.** Человек, прошедший примерно двухнедельное обучение методологии ОИАУК "Шесть сигм", аналитическому решению проблем и методам управления переменными. Зеленый пояс — это практик с неполной занятостью, применяющий методы "Шесть сигм" в своей локальной сфере, реализующий мелкокомасштабные проекты и помогающий Черным поясам реализовать их проекты.

**Значение сигмы.** Общепринятая мера способности процесса, которая отражает количество краткосрочных стандартных отклонений между центром процесса и ближайшим пределом спецификации. Синонимичные названия: *сигма*; *Z-значение*.

**Значимое Y.** Результат процесса, существенно влияющий на его успех или удовлетворенность потребителей.

**Изменчивость.** Способность характеристики, процесса или системы принимать различные значения при повторных циклах.

**Измерение.** Акт получения знаний о некотором событии (или характеристике) через определение количества или категории.

**КДЕ (количество дефектов на единицу, DRU).** Общее количество дефектов, обнаруженных среди некоторого количества единиц, деленное на общее количество этих единиц.

**КДМВ (количество дефектов на миллион возможностей, DPMO).** Общее количество наблюдаемых дефектов, деленное на общее количество возможностей их возникновения, выраженное в миллионах. Иногда еще называют количеством дефектов на миллион (*DPM*).

**Контрольная диаграмма.** Самое мощное средство статистического контроля процесса. Включает диаграмму серии, определенные статистическим образом верхний и нижний контрольные пределы, а также центральную линию.

**Контрольные пределы.** Верхняя и нижняя границы на контрольной диаграмме, которые определяются самим процессом. Их можно использовать для поиска особых или общих причин вариации. Как правило, устанавливаются на расстоянии  $\pm 3$  стандартных отклонения от центральной тенденции.

**Коэффициент корреляции.** Мера линейной зависимости между двумя переменными.

**Краткосрочная вариация.** Количество вариации, наблюдаемой в характеристике, на которую не успели повлиять все источники вариации, обусловленные входными факторами.

**Критична для качества (CTQ).** Любая характеристика, критичная для воспринимаемого качества продукта, процесса или системы. См. также статью Значимое Y.

**Критичное X.** Входной фактор процесса или системы, оказывающий существенное (значимое) влияние на некоторые или все ключевые выходные факторы процесса.

**КСС<sub>п</sub> (C<sub>p</sub>).** Индекс краткосрочной способности процесса. Мера способности. Определяется как отношение ширины спецификации к рабочей краткосрочной ширине процесса.

**КСС<sub>пк</sub> (C<sub>pk</sub>).** Скорректированный индекс краткосрочной способности процесса. Показатель способности уменьшить пропорционально смещению центра процесса от целевого значения спецификации.

**Лидер “Шесть сигм”.** Лицо, руководящее внедрением “Шесть сигм”, координирующее всю необходимую деятельность, обеспечивающее оптимальные результаты и информирующее всех о ходе работы.

**РПИЦД (RUMBA).** Акроним для “Реалистичная, Понятная, Измеримая, Правдоподобная, Достижимая”; это метод определения реалистичности требований потребителей.

**Мастер Черных поясов (МЧП, MBV).** Человек, прошедший обучение в дополнение к курсу Черных поясов. Мастер Черных поясов является техническим специалистом и советчиком по всем вопросам проектов “Шесть сигм”. МЧП обладает квалификацией, позволяющей ему быть наставником и учителем для других Поясов “Шесть сигм”, а также помощником Чемпионов.

**Медиана.** Среднее значение набора данных, когда значения выстроены в восходящем либо нисходящем порядке.

**Метод наименьших квадратов.** Метод подгонки кривой, при котором добиваются минимальной суммы возведенных в квадрат отклонений точек данных от кривой подгонки.

**Метод номинальной группы.** Структурированный метод, с помощью которого команда генерирует и ранжирует идеи или предложения.

**Метрика.** Мера, служащая ключевым показателем. Она должна быть привязана к целям или задачам, и ее надо тщательно отслеживать.

**Неподконтрольный.** Процесс является неподконтрольным, если демонстрирует вариации, выходящие за контрольные пределы, или содержит некую вариацию.

**Нижний контрольный предел (НКП, LCL).** Чтобы процесс оставался подконтрольным, статистики подгруппы должны находиться выше этого предела. Обычно НКП расположен на три стандартных отклонения ниже центральной тенденции.

**Нижний предел спецификации (НПС, LSL).** Наименьшее допустимое значение характеристики.

**Нормальное распределение.** Распределение, характеризующееся неразрывной колоколообразной кривой; синоним — “Гауссово распределение”.

**Образ мышления “Шесть сигм” (TSSW).** Мыслительная модель улучшения, которая указывает на возможные результаты решения ежедневных и бизнес-проблем через использование причинно-следственных связей совместно с концепциями “Шесть сигм”.

**Общие причины вариации.** Те источники изменчивости процесса, которые действительно случайны, т.е. присущи самому процессу.

**ОИАУК (DMAIC).** Акроним для пяти ключевых фаз методологии “Шесть сигм”: Определение, Измерение, Анализ, Улучшение и Контроль; используются для решения проблем процессов и бизнеса с помощью данных и аналитических методов.

**Описание процесса.** Количественное описание процесса, включая фактические связи между его выходными и входными факторами, его показателями и способностью.

**Отсеивающий эксперимент.** Эксперименты этого типа служат для идентификации подгруппы значимых факторов среди большой группы потенциальных факторов.

**Переделка.** Действия, необходимые для того, чтобы исправить дефекты, возникшие в ходе процесса.

**Переменные данные.** Данные, значения которых меняются непрерывно и доступны для измерения, а их десятичные разряды имеют смысл.

**Переменные.** Количества, подлежащие изменениям или изменчивости.

**ПиВ измерительной системы.** Количественная оценка вариации (повторяемости и воспроизводимости), присущей измерительной системе, в сравнении с общей вариацией процесса или системы.

**Повторяемость.** Показывает, до какой степени повторные измерения определенного объекта определенным инструментом дают то же значение. См. также *ПиВ измерительной системы*.

**Подпольная фабрика или скрытая деятельность.** Работа по исправлению, не создающая добавленную стоимость; такую работу выполняют для производства продукта, который не опознан как ненужный; скрытая деятельность — это форма потерь времени, ресурсов, материалов, а также источник затрат.

**Пока-Йоке.** Транслитерация японского термина, означающего “защищать от ошибок”.

**Поставщик.** Лицо или организация, которые обеспечивают для процесса входные факторы в форме ресурсов или информации.

**Потери.** Материалы, усилия и время, которые, с точки зрения ключевых заинтересованных сторон (потребителей, служащих, инвесторов), не добавляют стоимость.

**Потребитель.** Любой субъект, использующий или потребляющий результаты процесса; для организации, предоставляющей эти результаты, потребитель может быть как внутренним, так и внешним.

**Пределы спецификации.** Границы приемлемых значений характеристики.

**Прецизионность измерений.** Для многократных измерений это количество вариации, присутствующей в измеренных величинах.

**Принцип Парето.** Общий принцип, впервые предложенный Вильфредо Парето (1848-1923 гг.); гласит, что большая часть влияния на результат определяется малым количеством входных факторов.

**Приоритетный номер риска (ПНР, RPN).** В анализе эффектов отказных режимов (FMEA) совокупная оценка режима отказа, включающая его масштаб, частоту возникновения и возможность обнаружения.

**Причинно-следственная диаграмма.** См. *Елочная диаграмма*.

**Проект “Шесть сигм”.** Конкретно очерченная программа действий, в которой количественно сформулированы бизнес-проблема и ожидаемые улучшения.

**Прорывное улучшение.** Приблизительно 70%-ное улучшение по сравнению с исходными показателями процессной характеристики.

**Процесс.** Набор действий, движение материалов и/или информации, которые преобразуют набор входных факторов в выходные с целью производства продукта, оказания услуги или выполнения задачи.



**Развертывание функций качества (QFD).** Систематический процесс интеграции требований потребителя во все аспекты разработки и создания продуктов и услуг.

**Развертывание.** Планирование, запуск, обучение, воплощение и управление инициативой “Шесть сигм” в компании.

**Размах.** Мера изменчивости в наборе данных; разность между наибольшим и наименьшим значениями в нем.

**Разработка для “Шесть сигм” (PISC, DFSS).** Использование способа мышления, инструментов и методов “Шесть сигм” для разработки более простых в производстве товаров и услуг, повышения начальной производительности, надежности, а также для уменьшения затрат жизненного цикла.

**Разработка экспериментов (PЭ, DOE).** Эффективный, структурированный и доказанный подход к исследованию процесса (или системы) с целью понять и оптимизировать его.

**Регрессионный анализ.** Статистический метод определения математической зависимости между измеренным количеством и переменными, от которого оно зависит; включает простую и множественную линейные регрессии.

**Сертификация процесса.** Документальное подтверждение того, что данный процесс будет стабильно давать необходимый результат или соответствовать требуемым спецификациям.

**Сквозная производительность (СП, RTY).** Вероятность того, что объект пройдет через все этапы процесса или выдержит все характеристики системы без единого дефекта.

**Сложность.** Уровень сложности показывает, насколько трудно создать, решить или понять нечто, исходя из количества входных факторов, взаимодействий и неопределенностей.

**Способность.** Сравнение требуемой операционной ширины процесса (системы) с его фактической шириной. Выражают через процент производительности, уровни дефектов (КДВ (DPO), КДМВ (DPMO)), индексы (KCC<sub>п</sub> (C<sub>p</sub>), KCC<sub>пк</sub> (C<sub>pk</sub>), ДСС<sub>п</sub> (P<sub>p</sub>), ДСС<sub>пк</sub> (P<sub>pk</sub>)), сигма-значение Z.

**Среднее значение.** Также называют просто “средним”. Это арифметическое среднее всех выборочных значений. Рассчитывают путем деления суммы всех выборочных значений на количество элементов (n) в выборке.

**Среднее.** См. *Среднее значение*.

**Стабильность.** Процесс без очевидных изменений и без особых причин вариации.

**Стандартное отклонение.** Одна из самых распространенных мер изменчивости в наборе данных или в генеральной совокупности; равно квадратному корню из дисперсии.

**Статистическая задача.** Задача, которую решают с помощью методов анализа фактов и данных.

**Статистический контроль процесса (СКП, SPC).** Использование основных графических и статистических методов для измерения, анализа и контроля вариации процесса с целью его непрерывного улучшения. Говорят, что процесс находится в состоянии статистического контроля, если он проявляет только случайную вариацию.

**Статистическое решение.** Основанное на данных решение с известными уровнями доверия и риска; противоположность качественному (т.е. описательному) решению или решению вида “я думаю”.

**Столбиковая диаграмма.** Графический метод для изображения данных, сгруппированных по категориям.

**Теоретический уровень.** Лучший уровень, который процесс (или система) при его текущей конфигурации продемонстрировал в реальных условиях. Это эмпирическая демонстрация потенциально достижимого уровня улучшения.

**Точность измерений.** Для многократных измерений это сравнение их среднего значения с некоторым известным стандартом.

**Тренд.** Постепенное, систематическое изменение во времени (или в зависимости от изменения другой переменной).

**Финансовый представитель.** Человек, выполняющий независимую оценку проекта “Шесть сигм” с точки зрения твердой и/или мягкой экономии. Финансовые представители служат для Чемпионов и лидеров проекта источником поддержки проекта.

**Формулировка проблемы.** Краткое изложение бизнес-ситуации для описания проблемы, которую должен решить проект “Шесть сигм”.

**Формулировка цели.** Краткое изложение целей, периода времени и ожиданий проекта улучшения “Шесть сигм”.

**Характеристика.** Входной или выходной фактор процесса, который можно измерять и отслеживать.

**Центральная тенденция.** Мера точки, вокруг которой собрана группа значений; двумя мерами центральной тенденции являются среднее и медиана.

**Чемпион.** Лидер “Шести сигм”, который формулирует, определяет, назначает проекты “Шесть сигм”, а также помогает успешно реализовать их; Чемпион “Шести сигм” несет ответственность за результаты проектов и бизнес-планов по достижению результатов “Шесть сигм” в своей зоне контроля.

**Черный пояс.** Лицо, прошедшее приблизительно четырехнедельное обучение методологии ОИАУК “Шесть сигм”, методам аналитического решения проблем и управления переменными, и возглавляющее проект высокой значимости. Черный пояс — это работающий на условиях полной занятости лидер команды “Шести сигм”, решающий проблемы под руководством Чемпиона “Шести сигм”.

**Член процесса.** Лицо, действующее в рамках процесса для того, чтобы предоставить потребителю результат, продукт или услугу.

**“Шесть сигм”.** Испытанный набор аналитических инструментов, методов контроля над проектами, отчетности, управления, которые в совокупности позволяют осуществить про-рванные улучшения в решении проблем и работе бизнеса.

**Экспериментальная разработка.** См. *Разработка экспериментов (PЭ)*.

**Эпсилон (ε).** Греческий символ, которым обозначают неопределенность или остаточную ошибку.

## Послесловие

Дорогой читатель, вы держите в руках книгу о “Шесть сигм”, доступную и необходимую всем и каждому! Возможно, вы — владелец собственного бизнеса, или менеджер, или даже руководитель. Может быть, инженер или администратор. Или рядовой служащий в компании, применяющей методологию “Шесть сигм”, или просто человек, который только собирается поступить на работу в такую компанию. Возможно, студент, желающий повысить свои шансы на хорошее трудоустройство. Или же вы обдумываете перспективы внедрения “Шесть сигм” в своей компании. Независимо от того, вынуждены вы изучать “Шесть сигм” или вас подталкивает к этому простое любопытство, вы найдете в данной книге много полезного, поскольку “Шесть сигм” содержит много полезного буквально для любого человека, с каким бы намерением он ни обратил свое внимание на эту прогрессивную и чрезвычайно популярную методологию.

Сегодня “Шесть сигм” встретишь в любом уголке мира и в любой сфере бизнеса. Круг ее пользователей уже не ограничен исключительно производителями; сервисные и транзакционные компании, некоммерческие, религиозные, государственные организации — вот перечень субъектов, которые улучшили свою работу благодаря “Шесть сигм”. Примеров тысячи. “Шесть сигм” повсюду.

Как лидер профессионального сообщества “Шесть сигм” я была свидетелем того, что компании всех размеров и типов используют “Шесть сигм” как средство реализации масштабных перемен и создания чрезвычайно высокой стоимости. Я также видела, как профессионалы с помощью инструментов “Шесть сигм” меняют свое мышление, делают существенный вклад в благополучие своих организаций и открывают в себе такие возможности, о которых и мечтать не смели.

Написанная в практическом ключе, книга *Шесть сигм для “чайников”* стала уникальным явлением в мире “Шесть сигм”. В отличие от других изданий на эту тему, впадающих в одну из двух крайностей, — в беллетристику либо перегруженность сложным статистическим материалом, — *Шесть сигм для “чайников”* представляет собой золотую середину. В ней вы найдете как четкие, доступные объяснения концепций “Шесть сигм”, так и рекомендации по их практическому применению. Конечно, совсем без статистического материала не обойтись, и авторы приводят его в необходимых объемах, но при этом обязательно подробно объясняют все “как” и “почему”.

С людьми, которые читают эту книгу, происходят две удивительные и радикальные перемены. Во-первых, они вдруг начинают совсем по-иному видеть окружающий мир. Они замечают причинно-следственные связи, распознают входные факторы, наблюдают за ходом процессов, оценивают результаты и понимают изменчивость, присутствующую всегда и везде. Во-вторых, вооруженные этим новым пониманием и глубокими знаниями в области решения проблем, они смело берутся улучшать свою собственную жизнь и рабочую среду. Уже само только изменение образа мышления устраняет бесчисленные досадные проблемы, существующие в нашей жизни и работе, и создает новую стоимость на тысячи и даже миллионы долларов.

Итак, теперь мощное средство перемен к лучшему стало доступным каждому. Книга *Шесть сигм для “чайников”* обеспечит вас инструментами для развития и процветания, а шансы добиться в этом успеха у вас высоки, как никогда.

Роксана О’Браски,  
президент Международного общества  
профессионалов “Шесть сигм.”

## Предметный указатель

<b>2</b>	<b>G</b>
2 <sup>k</sup> -факторный эксперимент, 188; 189; 190; 197; 199	General Atomics, 13 General Electric, 13; 27; 30 Google, 30
<b>3</b>	<b>H</b>
3-Cs Explorer, 252	Honeywell, 27
<b>A</b>	<b>I</b>
Allied Signal, 30 ANOVA, 283 Asea Brown Boveri, 30 AT&T, 13	IGrafX, 82; 226; 251; 252 IGrafX Process, 229 Instantis, 264 International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage, 284 Internet Explorer, 253 Iomega, 13 ISixSigma, 283 ISixSigma Magazine, 284 Ixpertion, 283
<b>B</b>	<b>J</b>
Bank of America, 27 Bose Corporation, 13 Breakthrough Management Group, 13 BusinessObjects, 265	JMP, 154; 155; 158; 180; 208; 251; 253
<b>C</b>	<b>K</b>
Cognos, 265 CommerceQuest, 251 Corel, Inc., 252	KISS — Keep it simple, stupid, 238 K-среднее, 248
<b>D</b>	<b>L</b>
Dupont, 13; 27	Linux, 224; 251
<b>E</b>	<b>M</b>
Excel, 158; 251 Excel-макрос, 80 Excel-файл, 252	Mac, 224 Macintosh, 251 McKinsey Consulting, 13 Microsoft Excel, 180; 253; 264 Microsoft Office, 251; 265 Microsoft PowerPoint, 258 Microsoft Project, 264
<b>F</b>	
FedEx, 35 Florida Power & Light, 13 Fortune 500, 17 F-тест, 182	

Microsoft Windows, 224  
Microsoft Word, 264  
Microsoft Visio, 229  
Minitab, 154; 155; 158; 180; 208; 234; 251  
Motorola, 13; 14; 27; 30; 61; 282  
Mozilla Firefox, 253

## N

Non causa pro causa, 44

## P

PC (персональный компьютер), 251  
Process Model, 226  
р-диаграмма, 204; 216; 217  
доля несоответствующих, 215  
для атрибутивных данных, 217  
для доли несоответствующих, 217

## Q

Quality Digest (, 284  
Quality Progress (, 284

## R

RUMBA, 127

## S

SAS Institute, 251  
Savvi International, 13; 14; 252  
SigmaFlow, 82; 226; 229; 251; 252  
SIPOC, 225; 227; 233; 287  
Six Sigma Forum, 284  
SixNet, 264  
Sneakernet, 256

## T

Texas Instruments, 30  
Toyota, 273  
Traxion, 229; 251

## U

Unisys, 61  
UPS, 13  
u-диаграмма, 204; 217; 218  
несоответствий на единицу), 215  
для атрибутивных данных, 218

## V

Varyx, 252  
Visio, 82; 252

## W

Web-браузер, 253  
Web-портал, 259; 260  
Web-приложение, 224  
Web-сайт, 283  
Windows, 251

## Z

Z, 138  
Z-значение, 138; 197; 287; 289  
Z-оценка, 138

## A

Автокорреляция, 245  
Авторегрессионное проинтегрированное  
скользящее среднее, АРПСС (ARIMA), 244  
Администратор, 63  
Академическое обучение Шесть сигма, 285  
Академия Шесть сигма, 13  
Аксиоматический дизайн, 67  
Альфа-риск, 164  
Амбициозная цель, 273  
Американская статистическая ассоциация  
(ASA, American Statistical Association), 282  
Американское общество качества (ASQ,  
American Society of Quality), 30; 282; 284  
Анализ бизнес-процессов (BPA), 251  
Анализ вероятности, 84  
Анализ временных рядов, 244  
Анализ главных компонент, 248  
Анализ дисперсий, 242  
Анализ допусков, 242; 245; 252  
Анализ измерительной системы (MSA), 151;  
243; 249; 287; 279  
Анализ кривизны, 199  
Анализ надежности и живучести, 250  
Анализ распределений, отличных от  
нормального, 247  
Анализ способности процесса, 242; 247  
Анализ способности-сложности,  
АСС (ССА), 225; 239; 252  
Анализ средних значений, 245  
Анализ эффектов отказных режимов,  
АЭОР (FMEA), 156; 225; 236; 287; 291

Аналитические инструменты, 253  
Асимметричное распределение, 108  
Асимметрия вариации, 114  
Асимметрия измерительной системы, 249  
Асинхронное обучение с участием  
наставника, 269  
АСС, 239  
Ассоциация сравнительной оценки Шесть  
сигма (Six Sigma Benchmarking  
Association), 282  
Атрибут характеристики/процесса, 145  
Атрибутивная измерительная система, 153; 154  
Атрибутивная контрольная диаграмма, 216  
Атрибутивные данные, 145; 146; 147; 149;  
185; 215; 287  
Аудит измерительной системы, 151  
Аффинный (родственный) механизм, 236  
АЭОР, 235; 236; 237; 238; 240  
дизайна, 237  
программного обеспечения, 237  
продуктов, 237  
процессов, 237

## B

Базовое уравнение Шесть сигма, 41  
Банк данных, 30  
Белая книга, 282  
Белый пояс, 13; 55; 61  
Бизнес-единица, 29; 31; 58  
Бизнес-интеграция, 13  
Бизнес-практика, 30  
Бизнес-проблема, 73; 82  
Бизнес-процесс, 25; 26; 29  
Бинарная переменная, 248  
Биномиальное распределение, 217  
Биномиальный анализ, 247  
Биржевой аналитик, 61  
Блокирование, 191  
Блок-схема, 229; 287  
процесса, 287  
Бракованная продукция, 75  
Буквенные значения, 249  
Бухгалтерский учет, 16  
Быстрота реагирования, 75

## B

Важнейшее меньшинство, 50  
Вариация, 33; 35; 36; 42; 43; 45; 46; 48; 93;  
96; 97; 101; 125; 128; 138; 275; 278; 287  
входных факторов, 45

измерений, 150  
измерительного процесса, 250  
измерительного устройства, 250  
измерительной системы, 148; 150; 151;  
154; 249; 250  
по общим причинам, 47; 48; 103; 105;  
106; 208; 211  
по особым причинам, 47; 48; 104; 105;  
106; 122; 208; 209; 211; 287  
процесса, 249  
результата, 42; 104  
характеристики, 37  
Величина корреляции, 115; 116  
Вероятностная контрольная диаграмма, 244  
Вероятность, 35; 164; 287  
события, 207  
Вертикальная цепочка стоимости, 257  
Верхний контрольный предел, ВКП (UCL),  
206; 208; 287  
Верхний предел доверительного  
интервала, 167  
Верхний предел спецификации, 34; 126; 287  
Весовой коэффициент, 225  
Взаимодействие факторов, 194  
Видеосообщение, 257  
Визуальная инспекционная система, 151  
Вмешательство в процесс, 201  
Внедрение Шесть сигма, 67  
Внедренческая команда, 288  
Внешний потребитель, 79  
Внешняя переменная, 44  
Внутренний автоматический контроль, 202  
Внутренний потребитель, 79  
Внутригрупповая вариация, 159; 247  
Внутригрупповой анализ, 247  
Внутрикорпоративная архитектура, 253; 257  
Внутрикорпоративная технология, 253  
Возведение в квадрат, 99; 100  
Возведение числа во вторую степень  
(возведение в квадрат), 98  
Возможность возникновения  
дефекта/успеха, 31; 134; 135; 279  
Возмущение процесса, 104  
Возрастающая серия, 122  
Воспроизведение на модели, 225; 234; 251  
Воспроизведение процесса на модели, 229;  
233; 252; 284  
Воспроизводимость, 150  
измерений, 250; 288; 291  
измерительной системы, 154  
ВПС (USL), 141; 209  
Временной ряд, 83; 242  
Время операционного цикла, 231

Время отказа, 250  
Время цикла, 72; 75; 288  
Всемирные съезды и бизнес-форумы (WCBF, Worldwide Conventions and Business Forums), 283  
Входная переменная X, 158; 189  
Входная характеристика, X, 115  
Входной фактор X, 29; 41; 42; 47; 48; 87; 95; 114; 130; 158; 184; 225; 242; 247; 274; 288; 291  
Выборка, 161; 162; 163; 208; 292  
Выборочное распределение, 162; 244; 249  
Выборочные данные, 208  
Выборочные наблюдения, 208  
Выброс, 97; 111; 114; 121; 249  
Выпуск продукции, 71  
Высшее руководство, 256  
Выходная переменная процесса, Y, 82  
Выходная характеристика, Y, 115  
Выходной показатель, 95  
Выходной фактор Y, 29; 41; 48; 78; 79; 80; 82; 114; 130; 161; 183; 184; 185; 202; 227; 235; 274; 288; 290; 291

## Г

Гарантийные обязательства, 36  
Гарантийный ремонт, 75  
Гарантированная прибыль, 71  
Гауссово распределение, 290  
ГБ (голос бизнеса, VOB), 262; 288  
Генеральная совокупность данных, 96; 163; 206; 289; 292  
Гистограмма, 108; 138; 206; 242; 243; 249; 288  
Глобальный стандарт, 30  
Голос бизнеса, GB (VOB), 75; 226; 227  
Голос потребителя, GP (VOC), 29; 125; 127; 129; 141; 142; 209; 226; 247; 279; 288  
Голос процесса GPp (VOP), 125; 129; 141; 142; 209; 216; 226; 247; 279; 288  
Голубой пояс, 61  
График, 243  
второй степени, 99  
Графические элементы процессных карт, 230  
Гэлвин, Роберт, 30

## Д

Данные, 93  
несоответствий, 216; 217  
подгруппы, 208  
Двойное экспоненциальное сглаживание, 244  
Двусторонняя спецификация, 126; 141

Двухуровневый эксперимент, 288  
Двухфакторный дисперсионный анализ, 245  
Дебиторская задолженность, 75; 76; 79  
Дерево критичных факторов, 225; 227; 228; 240  
Дерево решений контрольной диаграммы, 204; 205  
Детерминизм, 42; 43; 44; 274  
Детерминистическое мышление, 43  
Дефект, 25; 32; 35; 74; 133; 288  
Диаграмма, 94; 224; 112; 113; 156; 158; 159; 161; 235; 243; 244; 249  
SIPOC, 161; 225; 226  
АЭОР (FMEA), 161  
временных рядов, 244  
индивидуальных значений и скользящего размаха, 212; 213  
Ишикава, 288  
основных эффектов, 119; 160  
Парето, 152; 238; 242; 243; 288  
поведения, 120; 122  
потока операций, 224  
процесса, 224  
рассеяния, 114; 115; 119; 170; 243; 288  
родства, 76; 77; 288  
серии, 288  
средних значений и размахов, 212; 214  
средних значений и стандартных отклонений, 212; 215  
функции накопленного распределения (CDF), 244  
эффектов взаимодействия, 160  
SIPOC, 161  
Диапазон вариации, 97  
Диапазон разброса данных, 98  
Дизраэли, Бенджамин, 94  
Динамическая вариация, 239  
Дискретная категория, 115  
Дискриминантный анализ, 248  
Дисперсионный анализ (ANOVA), 199; 242; 245; 283; 288  
Дисперсия, 100; 101; 167; 245; 288; 289; 292  
Длительность цикла, 74  
Добавленная стоимость, 225; 291  
Доверительный интервал, 162; 163; 166; 243; 250  
для отношения дисперсий, 168  
Доверительный уровень, 81  
Долгосрочная вариация, 36; 47; 103; 104; 106; 289  
процесса, ДС (LT), 104  
Долгосрочная способность  
процесса/характеристики, 143  
Долгосрочное сигма-значение, 139; 140

Долгосрочное стандартное отклонение, 105; 142; 143  
Долгосрочный уровень дефектов, 140  
Долгосрочный эффект, 38  
Достоверность данных, 82; 83  
Дробный факторный эксперимент, 189; 199

## Е

Единица, 134  
измерения, 33; 80; 82; 108; 113  
Елочная диаграмма, 225; 236; 237; 289  
Естественная вариация процесса, 102  
Естественный допуск процесса, 289

## Ж

Желтый пояс, 29; 31; 55; 58; 61; 62; 63; 257; 276; 289  
Живучесть, 243  
Жизненный цикл, 292  
инициативы Шесть сигма, 64  
проекта, 73  
товара, 14

## З

Зависимость, 170  
Закон важнейшего меньшинства и тривиального большинства, 50  
Закономерность, 209; 211; 234  
Затраты, 83  
Затраты на низкое качество (COPQ), 289  
Защита от дурака, 237  
Зеленый пояс, 29; 31; 55; 58; 61; 62; 63; 242; 257; 263; 276; 278; 289  
Значение переменного фактора, 95  
Значение сигма, 289  
Значимый эффект, 198  
Зоны контрольной диаграммы, 210

## И

Идеальная линейная зависимость, 172  
Иерархическая структура организации, 31  
Иерархия практиков Шесть сигма, 62  
Извлечение квадратного корня, 100  
Изменчивость, 161; 243; 289  
Измерения, 48  
Измерительная система, 59; 279  
непрерывных данных, 154  
Измерительные средства, 49

Импровизированная презентация, 258  
Инвестор, 61  
Ингредиент, 42  
Индекс долгосрочной способности, ДССп (Рр), 143; 144  
Индекс краткосрочной способности, КССп (Ср), 141; 142; 144; 290  
Индекс способности, 141  
Индивидуальное значение I, 213  
Индивидуальный проект, 31  
Инициатива перемен, 60  
Инициатива улучшения, 55  
Инициатива Шесть сигма, 31; 57; 59; 64; 276  
Инициирование, 65  
Инспекционная измерительная система, 152  
Инспекция, 74; 130; 131  
Институт сбалансированных оценочных карт, 266  
Инструмент бизнес-анализа, 265  
Инструмент календарного планирования проектов, 264  
Инструмент контактов лидера с персоналом, 258  
Инструмент обучения, 257  
Инструмент оптимизации процессов, 224; 225  
Инструмент отчетности, 257  
Инструмент статистического анализа, 154; 224; 245  
Инструмент управления знаниями, УЗ (KM), 257; 266  
Инструмент управления проектами Шесть сигма, 260  
Инструменты анализа дисперсии и выполнения регрессии, 224  
Инструменты анализа способности процесса, 247  
Инструменты исследовательского анализа, 249  
Инструменты статистического анализа, 242  
Интеграция внутрикорпоративных приложений (EAI), 258  
Интеграция приложений, 258  
Интерактивность, 234  
Интервал приемлемых значений, 126  
Интервальная диаграмма, 243  
Интернационализация, 67  
Интернет, 31; 224; 268; 269; 283  
Интранет, 31; 224; 258; 268  
Информационная панель показателей, 257  
Информационные технологии, 13; 31  
Информационный банк, 257  
Информированное решение, 86; 224

Инфраструктура Шесть сигма, 30  
Ипотечная компания, 26; 34  
Исследования на основе наблюдений, 157; 158  
Исследовательский анализ, 243; 249  
Источник вариации, 83; 236  
измерительной системы, 149  
Источник данных, 241  
Исходный показатель, 83  
Исходный уровень показателя, 83  
Итерационный процесс, 77; 233  
Ишикава, Каору, 235

## К

Календарный план проекта, 262; 264  
проекта в формате Гантта, 263; 265  
проекта Шесть сигма, 263  
Календарный планировщик, 264  
Калибровка линейности, 250  
Калибровка повторяемости и  
воспроизводимости, 250  
Калибровка смещения, 250  
Калибровка стабильности, 250  
Кано, Нориаки, 13  
Каппа-анализ, 154  
Карта макропроцессов, 81; 82; 91  
Карта обобщенных бизнес-процессов, 81  
Карта процесса, 156; 161; 225; 229; 230; 233;  
237; 252; 264  
Категориальная переменная, 248  
Категориальные данные, 116; 288  
Категория проекта, 31  
Категория удовлетворенности  
потребителей, 227  
Категория экономии, 84  
Качественное (описательное) решение, 292  
Качество, 32; 128; 129  
уровня Шесть сигма, 279  
Квадрат, 99  
Квадратическое отклонение, 99  
Квадратичная ошибка, 176  
Квадратный корень, 292  
Квартиль, 113  
Кейс (анализ реальной ситуации), 282  
Класс, 32  
Ключевая переменная, 50  
Ковариационная структура данных, 248  
Кодированная матрица плана, 191; 192  
Кодированные установки переменных, 194  
Количественная оценка, 82  
Количественная шкала, 49  
Количественные измерения, 49  
Количество (продолжительность) циклов, 234

Количество возможностей, 135  
Количество дефектов на единицу,  
КДЕ (DPU), 134; 136; 289  
Количество дефектов на миллион  
возможностей, КДМВ (DPMO), 136;  
140; 289; 292  
Количество дефектов на одну возможность,  
КДВ (DPO), 134; 135; 136  
Количество сигма, 138  
Колоколообразная кривая, 33  
Коммуникационная служба, 60  
Коммуникационный инструмент, 84  
Компакт-диск, 269  
Компенсационный пакет, 60  
Конкурентоспособность, 76  
Консультационная фирма, 284  
Контроль процесса, 239  
Контроль результатов, 43  
Контрольная диаграмма, 204; 206; 208; 211;  
242; 279; 289  
для атрибутивных данных, 204; 215  
для непрерывных данных, 204; 212  
Контрольный план, 235; 238  
Контрольный предел, 206; 208; 214; 289  
Контрольный предел (КП), 279  
Контур обратной связи, 201; 202  
Конференция ISSSP, 282  
Концепция теоретического уровня, 86  
Коричневый пояс, 61  
Корневая диаграмма, 249  
Королевское статистическое общество  
(RSS, Royal Statistical Society), 282  
Корпоративная культура, 55  
Корпоративный административный  
персонал, 60  
Корпоративный интранет-сайт, 257  
Корпорация, 58  
Корректирующее действие I типа, 220  
Корректирующее действие II типа, 220  
Корреляционные вычисления, 160  
Корреляционный анализ, 171  
Корреляция, 43; 44; 115; 170; 171; 248  
Косвенные измерения, 49  
Коэффициент F, 167  
Коэффициент детерминации  $R^2$ , 178; 182  
Коэффициент корреляции  $r$ , 172; 289  
Коэффициент малых выборок  $t$ , 164  
Краткосрочная вариация, КС (ST), 36; 37;  
47; 101; 102; 103; 104; 106; 121; 214; 289  
Краткосрочная способность  
процесса/характеристики КССп, 142; 143  
Краткосрочная ширина процесса, 141  
Краткосрочное сигма-значение, 139; 140

Краткосрочное стандартное отклонение,  
103; 105; 140; 142; 289  
Краткосрочные данные, 83  
Кривая Гаусса, 33  
Кривая роста, 243  
Критична для качества (CTQ), 290  
Критичная характеристика, КрД, 32; 37; 93;  
95; 227; 278  
Критичное X, 50; 51; 227; 290  
Критичный входной фактор, 188  
Критичный выходной фактор, 157; 158  
Критичный для доставки, КрДД (STD), 227  
Критичный для качества, КрДК (СТQ), 227  
Критичный для себестоимости, КрДС  
(СТС), 227  
Критичный для удовлетворенности, КрДУ  
(СТS), 227  
Критичный фактор, 50  
для доставки, 227  
для качества, 227  
для себестоимости, 227  
Кросс-корреляция, 245  
Культура самоизлучения, 67; 68  
Культурные перемены, 26; 55

## Л

Леввередж, 41; 50; 51; 119  
Лидер процесса, 63; 78  
Лидер развертывания, 58; 59; 277  
Шесть сигма, 59; 256; 261; 262; 290  
Лидерство, 56  
Линейная зависимость, 170; 171; 248; 289  
Линейность измерительной системы, 150; 249  
Линия тренда, 116  
Личное общение, 258  
Логарифмическая зависимость, 248  
Логистическая регрессия, 248  
Логическая ошибка, 44  
Ложная причина, 44  
Локализация, 67  
Лорд Кельвин, 93  
Лучшая подгонка, 248

## М

Маргинальная диаграмма, 244  
Массовое производство, 28  
Мастер Черных поясов, МЧП (МВВ), 29; 55;  
62; 268; 281290  
Масштаб проблемы, 82  
Масштаб проекта, 81  
Математическая константа  $e$ , 137

Матрица плана эксперимента, 190  
Матрица приоритетов, 261  
Матрица X-Y, 156  
Матричная диаграмма, 243  
Медиана, 96; 97; 113; 290; 293  
Медианная очистка, 249  
Межгрупповая вариация, 159; 247  
Межгрупповой анализ, 247  
Международная организация по  
стандартизации, 13  
Международное общество профессионалов  
Шесть сигма, 15  
Международное общество профессионалов  
Шесть сигма (ISSSP, International Society  
of Six Sigma Professionals), 282  
Международный центр качества и  
производительности (IQPC, International  
Quality and Productivity Center), 282  
Менеджер документов, 264  
Менеджер проекта Шесть сигма, 257  
Менталитет, 16  
Мера положения вариации, 95; 96  
Мера положения распределения, 96; 101  
Мера производительности, 132  
Мера разброса вариации, 101  
Мера разброса распределения, 101  
Мера способности, 125; 139  
процесса, 289  
Мера уровня дефектов, 136  
Метод, 26; 186  
наименьших квадратов, 248; 290  
научного тыка, 185  
номинальной группы, 290  
ОИАУК, 55; 75; 77; 93; 274; 289; 293  
поверхности откликов (RSM), 199  
проб и ошибок, 185  
частных наименьших квадратов, 248  
Шесть сигма, 25; 38; 41; 46; 61; 62; 934  
266  
Методы и инструменты оптимизации  
процессов, 266  
Методы и инструменты статистического  
анализа, 266  
Метрика, 290  
Мешающая переменная, 44  
Микропрограммные средства, 258  
Многомерный анализ, 243; 248  
Многомерный дисперсионный анализ  
(MANOVA), 245  
Многомодальное распределение, 109; 110  
Многопеременные исследования, 160  
Многопеременный анализ, 247

Множественная линейная регрессионная модель, 181  
Множественная линейная регрессия, 173; 180; 182; 292  
Множественный анализ соответствий, 248  
Мода, 96; 97  
    вариации, 108  
Моделирование, 225; 251  
    процесса, 229; 252; 284  
Модель простой линейной регрессии, 174  
Модель процесса, 240  
Мозговой штурм, 77; 161; 235  
Мышление для прорыва, 55  
Мышление Шесть сигма, 41; 290  
Мягкая экономия, 84; 293

## Н

Наблюдательные исследования, 157; 158; 160; 183  
Наблюдение, 98  
Надежность, 243  
Назначение проекта, 262  
Наклон линии тренда, 119  
Направление корреляции, 117  
Натуральный логарифм ln, 137  
Национальной премия Малкольма Болдриджа за качество, 14; 30  
Недостоверная простая линейная регрессия, 176  
Независимость измерений, 100  
Независимые данные, 100  
Неиспользуемые производственные площади, 84  
Нелинейная зависимость, 171  
Неметрическая единица измерения, 174  
Ненормальное поведение  
    характеристики/процесса, 121  
Необъясненная вариация, 179  
Неопределенность преобразующей функции, 45  
Неопределенность результата, 42  
Неподконтрольный процесс, 290  
Непрерывная контрольная диаграмма, 211  
Непрерывная переменная, 247  
Непрерывная шкала, 115; 147; 215  
Непрерывные (переменные) данные, 146; 147; 185  
Неразрывная колоколообразная кривая, 290  
Нереализованная продукция, 75  
Неслучайная вариация, 104  
Неслучайная причина, 106  
    вариаций, 214

Несоответствующие данные, 216; 217  
Нижний контрольный предел, НКП (LCL), 206; 208; 290  
Нижний предел доверительного интервала, 167  
Нижний предел спецификации, НПС (LSL), 34; 126; 290  
Номинальная переменная, 248  
Норма прибыли, 273  
Нормальное значение, 138  
Нормальное кумулятивное распределение, 244  
Нормальное поведение  
    характеристики/процесса, 121  
Нормальное распределение, 33; 108; 138; 162; 175; 249; 290  
Нормальный анализ, 247

## О

О'Браски, Роксана, 15; 294  
Обобщенный процесс, 81  
Оборачиваемость складских запасов, 81  
Обработка данных, 156  
Обучающая консультационная фирма Шесть сигма, 285  
Обучение с помощью компьютера, 269  
Общая линейная модель, 245  
Общая наблюдаемая вариация, 154  
Общая платформа знаний, 77  
Общая причина вариации, 289; 290  
Общество потребления, 28  
Общие инструменты отчетности, 265  
Общий эффект, 181  
    смещения, 198  
Объем продаж, 115  
Односторонняя спецификация, 126  
Однофакторный дисперсионный анализ, 245  
Ожидания, 45  
ОИАУК (Определение–Измерение–Анализ–Улучшение–Контроль), 18; 53; 226; 263; 276; 290  
Онлайновое обучение Шесть сигма, 285  
Оперативность реагирования, 79  
Операционная единица, 31  
Операционная коммерческая деятельность, 32  
Операционная компания, 28; 38  
Операционная прибыль, 29  
Операционная система PC-Windows, 252  
Операционный леввередж, 117  
Операционный специалист, 63  
Описание бизнес-ситуации, 75; 76  
Определение проекта Шесть сигма, 77

Определение соответствия проекта бизнесу, 261  
Опросная анкета, 49  
Оптимальное значение, 37  
Оптимизационная стратегия, 30  
Оптимизационный эксперимент, 188  
Оптимизация процессов, 224; 250  
Организационная диаграмма, 60  
Организационная инициатива, 27  
Ориентация на потребителей, 29  
Ориентирный показатель, 273  
Осведомленность потребителей, 185  
Основная команда, 59  
Основное уравнение Шесть сигма, 87  
Основной эффект, 192; 198  
    переменной, 160  
Основные статистические инструменты, 224; 242  
Основные эффекты, 181  
Особая причина вариации, 104; 215; 289  
Остаток, 175  
Остаточная квадратичная ошибка, OKO (SSE), 178  
Остаточная ошибка, 293  
Осязаемые результаты, 274  
Отдельное измерение, 96  
Отклик, 184; 247  
Отклонение, 98; 209; 211  
Относительная вероятность, 95  
Отношение дисперсий, 170  
Отрицательная зависимость, 170; 172  
Отрицательная корреляция, 117  
Отрицательный наклон линии тренда, 119  
Отсеивающий эксперимент, 188; 189; 291  
Отходы, 130  
Отчет об использовании фильтрующей воронки, 240  
Отчет Шесть сигма, 267  
Официальная презентация, 258  
Оценка проекта, 261  
Оценка сигма, 138  
Оценка способности процесса, 224  
Оценка среднего, 167; 168  
Оценка стандартного отклонения, 167; 168  
Ошибка, 25; 32; 41; 42; 43; 48  
    линейности, 249  
    прецизионности, 250

## П

Парабола, 128  
Парето, Вильфредо, 50; 152; 291  
Партнер, 61  
Передача данных, 241  
Переделка, 130; 131; 291  
Переменная, 184  
    отклика Y, 242  
Переменные данные, 291  
Переменный фактор, 95  
Перемещение по линии тренда, 119  
Персентиль, 250  
ПиВ измерительной системы, 151; 291  
Пик распределения, 96  
Пилотный проект, 276  
Плавательные дорожки, 231; 232  
План аудита, 240; 242  
План контроля, 240; 241  
План контроля для проекта Шесть сигма, 202  
План контроля процесса, 202; 203; 208  
План проекта, 263  
План сбора данных, 235; 238; 240  
Планирование контроля, 201  
Планирование проекта, 263  
Планирование ресурсов предприятия, ПРП (ERP), 264  
Плановый эксперимент, 158; 187; 199  
Платформа Linux, 253  
Платформа Mac, 253  
Плоский двумерный файл, 252  
Поведение характеристики/процесса, 119  
Поверхность отклика, 246  
Повторение, 199  
Повторение эксперимента, 184; 199  
Повторяемость, 150; 153  
    измерений, 250; 291  
    системы измерения, 153  
Погрешность измерительной системы, 249  
Подгонка кривой, 173  
Подгоночная линия, 248  
    второго порядка (квадратичная), 248  
    третьего порядка (кубическая), 248  
Поддержание, 67; 68  
Подпольная фабрика, 35; 36; 56; 87; 131; 291  
Подпроцесс, 81  
Подъем по линии тренда, 119  
ПОИАУК (RDMAIC), 54  
Поиск идей, 259; 260  
Поиск критичных факторов, 238  
Поиск трендов, 244  
Поисковый Web-портал Google, 283  
Пока-Йоке, 105; 219; 237; 291  
Покупательская активность, 44  
Полная квадратичная ошибка, ПКО (SSTO), 178

Полногнездовой дисперсионный анализ, 245  
Полное управление качеством, 13  
Положение вариации, 97  
Положение процесса, 214  
Положение распределения, 97  
Положительная зависимость, 172  
Положительная корреляция, 117  
Положительный наклон линии тренда, 119  
Пользовательский интерфейс, 253  
Порядковая переменная, 248  
Порядковые данные, 146  
Порядок следования измерений, 120  
Последовательность данных, 96  
Поставщик, 61; 63; 257; 291  
Постепенное улучшение, 88  
Постоянный член уравнения, 198  
Потенциал дохода, 72  
Потенциальная стоимость проекта, 84  
Потенциальная экономия, 84  
Потенциальный источник вариации, 158  
Потери, 291  
Поток материала, 225  
Поток операций, 81; 225  
Потребитель, 28; 43; 61; 63; 75; 257; 291  
Потребительная стоимость, 29; 256  
Пофакторный метод, 186  
Пофакторный эксперимент (OFAT), 186; 246  
Пошаговая регрессия, 248  
Пояс, 78  
Правило 80–20, 50; 153  
Практик Шесть сигма, 29  
Практическое решение, 71; 73  
Предел контрольной диаграммы, 209  
Предел спецификации, 34; 126; 128; 138; 140; 142; 209; 279; 289; 291  
Пределы вариации, 35  
Предельное значение, 33  
Предотвращение ошибок (Пока-Йоке), 219  
Представитель коммуникационной службы, 60  
Представитель службы информационных технологий, 60  
Представитель службы обучения, 60  
Представитель службы управления персоналом, 60  
Представитель финансовой службы, 60  
Преобразующая функция f, 41; 47; 48  
Преобразующий процесс, 42  
Прецизионность данных, 243  
Прецизионность измерений, 150; 291  
Прецизионность измерительной системы, 150; 154; 249; 250  
Приборная панель, 31  
Приз Деминга за качество, 13  
Прикладная методология, 24  
Прикладная статистика, 61  
Принцип Парето, 189; 196; 251; 291  
Принцип Парето, 153  
Приоритетность проекта, 261  
Приоритетный номер риска, ПНР (RPN), 237; 291  
Причина, 42; 43; 235  
вариации, 47  
Причинно-следственная (елочная) диаграмма, 235  
Причинно-следственная диаграмма, 291  
Причинно-следственная матрица (матрица C&E), 224; 225; 235; 237; 235; 240  
Причинно-следственная связь, 35; 43; 44; 51; 84; 172; 235; 290  
Причинно-следственная цепочка, 35; 103  
Проблемная зона, 76; 77  
Проводник перемен, 55  
Прогнозирование, 244  
Программа улучшения Шесть сигма, 90  
Программа эмуляции, 253  
Программное обеспечение для оптимизации процессов, 251  
Программное обеспечение для статистического анализа, 251  
Программные инструменты SIPOC, 226  
Программные средства статистического анализа, 180; 182  
Программный пакет статистического анализа, 154  
Прогрессивное моделирование, 223  
Проект ОИАУК, 54  
Проект улучшения, 55  
Проект Шесть сигма, 68; 71; 75; 83; 86; 95; 145; 202; 259; 261; 278; 291  
Проектная методология Определение–Измерение–Анализ–Улучшение–Контроль, ОИАУК (DMAIC), 53  
Проектная ориентация, 29; 68  
Проектная стратегия ОИАУК, 53  
Проектная экономия, 31  
Проектно-ориентированная культура Шесть сигма, 67  
Производитель, 28  
Производительность, 25; 129; 133  
первого раза, ППР (FTY), 130; 131; 132  
процесса, П (Y), 129; 137  
Производный показатель, 80  
Производственная линия, 33  
Производственные возможности, 25  
Производственные мощности, 44; 75

Производственные расходы, 81  
Производственный брак, 33  
Производственный цикл, 25  
Промышленный индекс Доу-Джонса, 96  
Пропорция, 170  
Прорыв в улучшении, 86; 88; 90  
Прорывная стратегия ОИАУК, 225  
Прорывное улучшение, 184; 233; 259; 273; 278; 291; 293  
Прорывные перемены, 277  
Простая линейная регрессия, 173; 180; 182; 292  
Простой анализ соответствий, 248  
Простой оборудования, 84  
Процентиль, 113  
Процесс, 131; 291  
улучшения, 83  
Процессная модель, 229  
Процессная ориентация, 29  
Процессная характеристика, 291  
Процессное моделирование, 229; 231  
Процессные инструменты, 253  
Процессный анализ, 252  
Процессный контроль, 202  
Процессный мониторинг, 202  
Процессы для прорыва, 55  
Прямые измерения, 49  
Пуассоновский анализ, 247

## Р

Работа на уровне Шесть сигма, 31  
Рабочие пределы процесса, 142  
Рабочий диапазон, 186  
Рабочий процесс, 25; 43  
Равномерное распределение, 108  
Разброс, 100  
вариации, 101; 107  
данных, 97; 98  
Развертывание, 66  
функций качества (QFD), 292  
Шесть сигма, 66; 292  
Разделение труда, 126  
Разложение, 242; 244  
Размах, 98; 101; 103; 114; 204; 292  
вариации, 111  
распределения, R, 98; 111  
Разность пропорций, 170  
Разработка возможностей производства (DFM), 245  
Разработка для прорыва, 56  
Разработка для Шесть сигма, PИС (DFSS), 56; 67; 245; 292

## С

Разработка экспериментов, РЭ (DOE), 183; 184; 233; 224; 242; 245; 292; 293  
Разрешающая способность, 149  
измерительной системы, 149  
Разрыв, 75; 114  
Рандомизация, 191; 234  
Распределение, 95; 96; 114  
вариации, 113  
вероятности, 36; 95; 104  
процесса, 205  
Пуассона, 217  
фактических значений, 33; 36  
Расход материалов, 84  
Расходы на оплату труда, 81; 84  
Расчетное выборочное среднее, 163  
Расчетное среднее, 96  
Расчетное стандартное отклонение, 166  
Расширение, 67  
Расширенная стратегия прорыва, 74  
Рациональная оценка, 84  
Рациональная подгруппа, 211; 214  
Реагирующее мышление, 43  
Реализация, 66  
Регрессионная квадратичная ошибка, РКО (SSR), 178  
Регрессионная модель, 248  
Регрессионный анализ, 247; 292  
Регрессия, 242; 247  
Резистентная линия, 249  
Резистентное сглаживание, 249  
Результат, Y, 42; 46; 79; 82; 87; 161; 189  
Рентабельность инвестиций, 29; 31; 86; 263  
Ресурс, 26  
Решение, 251  
Роберт Гэлвин, 30  
Рыночная угроза, 31  
Рыночный шанс, 31  
Рычаг, 50



Сервисная компания, 28; 38  
 Серия, 122  
 Сертификация процесса, 292  
 Сетевое асинхронное обучение, 285  
 Сигма, 96; 138; 289  
 Сигма квадрат, 100  
 Сигма-значение Z, 125; 137; 138; 140; 141; 163; 292  
 Сигма-оценка, 138  
 Сигма-способность, 239  
 Сила зависимости, 172  
 Сила эффекта, 117  
 Сильная зависимость, 170  
 Симулятор, 233; 234  
 Синергия, 16  
 Синхронное обучение с участием наставника, 269  
 Система измерения, 145; 148  
 Система информационных технологий, 285  
 Система наставничества, 268  
 Система обучения Шесть сигма, 68  
 Система ответственности, 73  
 Система собственности, 73  
 Системный сбой, 14  
 Ситуация детерминистическая, 173  
 Ситуация статистическая, 173  
 Сканирование, 186  
 Сквозная производительность, СП (RTY), 35; 131; 132; 292  
 процесса, 137  
 Складские запасы, 75; 84  
 Скользящее среднее, 242; 244  
 Скользящий размах MR, 204; 213  
 Скорректированный индекс долгосрочной способности, ДСС<sub>ПК</sub> (Р<sub>ПК</sub>), 144  
 Скорректированный индекс краткосрочной способности процесса, 290  
 Скорректированный индекс краткосрочной способности, КСС<sub>ПК</sub> (С<sub>ПК</sub>), 144  
 Скрытая деятельность, 36; 86  
 Скрытая операция, 87; 88  
 Следствие, 43; 235  
 Сложность продукта, 14  
 Сложный процесс, 132  
 Служба информационных технологий, 59  
 Служба обучения, 60  
 Служба управления персоналом, 59  
 Служебная записка, 258  
 Случайная вариация, 102; 187; 292  
 Смежный процесс, 81  
 Смещение, 209; 211  
 измерительной системы, 249  
 статичного среднего, 239

Смит, Балл, 14  
 Снижение затрат, 84  
 Собственник процесса, 31; 55; 63; 73; 78; 81; 91; 92; 256; 262; 263; 276; 287  
 Совместное использование банков данных, 258  
 Совпадение, 44  
 Сокращение количества переменных, 240  
 Соответствие спецификациям, 34  
 Соответствие стандартам, 34  
 Соотношение затрат и выгоды проекта  
 Шесть сигма, 263  
 Соотношение сложности и способности, 239  
 Специализация труда, 28  
 Спецификация, 125; 126; 128; 133  
 надежности, 250  
 Способ ведения бизнеса, 43  
 Способ измерения, 111  
 Способность, 125; 129  
 измерительной системы, 148; 162  
 процесса, 14; 72; 107; 209; 239  
 процесса/системы, 289; 292  
 характеристики/процесса, 134  
 Сравнительная проверка, 86  
 Среднее генеральной совокупности, 163  
 Среднее для больших выборок, 169  
 Среднее для малых выборок, 169  
 Среднее значение, 46; 96; 97; 107; 138; 161; 204; 208; 288; 292  
 Среднее значение (центральная линия), 206  
 Среднее значение вариации, 110  
 Среднее значение выборки, 162  
 Средний скользящий размах, 214  
 Стабильная измерительная система, 150  
 Стабильность данных, 241  
 Стабильность измерительной системы, 250  
 Стабильность процесса, 292  
 Стабильный (подконтрольный) процесс, 208  
 Стадия инициирования Шесть сигма, 67  
 Стадия развертывания Шесть сигма, 67  
 Стадия реализации Шесть сигма, 67  
 Стандарт, 33; 151  
 Стандарт BPMN (Нотация моделирования бизнес-процессов), 231  
 Стандартная операционная процедура, СОП (SOP), 204  
 Стандартное отклонение, 100; 101; 103; 107; 125; 138; 142; 163; 164; 169; 179; 204; 208; 287; 289; 292  
 необъясненной вариации, 179  
 Стандартное отклонение подгруппы, 215  
 Стандартный процесс, 28

Старший чемпион, 59  
 Статистика, 93; 94; 162; 208  
 Статистическая величина, 162  
 Статистическая гипотеза, 156  
 Статистическая задача, 292  
 Статистическая квалификация, 63  
 Статистическая мера, 98; 101; 107; 125  
 Статистическая ошибка, 99  
 Статистическая проблема, 73  
 Статистические методы количественного контроля, 201  
 Статистический анализ, 41; 66; 250; 284  
 Шесть сигма, 61; 243; 251  
 Статистический инструмент, 278  
 Статистический контроль процесса, СКП (SPC), 204; 211; 247; 292  
 Статистический коэффициент, 167  
 Статистический метод, 50; 278  
 Статистический мониторинг процесса, СМП (SPM), 211  
 Статистический термин, 25; 31; 95  
 Статистическое программное обеспечение, 208  
 Статистическое решение, 73; 292  
 Стоимость, 43; 83  
 материалов, 81  
 складских запасов, 81  
 Столбик ошибок, 243  
 Столбиковая диаграмма, 152; 243; 288; 292  
 Стратегия прорыва ОИАУК (Определение-Измерение-Анализ-Улучшение-Контроль), 70; 71; 125  
 Структура затрат, 84  
 Суверенное заблуждение, 44  
 Сумма квадратических отклонений, 99  
 Суммарная квадратическая ошибка, 99; 100  
 Схемы Тагучи, 247  
 Счет к получению, 71

## T

Таблица перевода сигма-значений Z в КДМВ, 141  
 Тагучи, Геничи, 128; 199; 247  
 Твердая экономия, 84; 293  
 Текстовый редактор, 264  
 Текущий показатель процесса, 95  
 Телефонный контакт, 258  
 Теорема центрального предела, 161; 162  
 Теоретическая вариация, 107  
 Теоретический уровень, 56; 106; 293  
 вариации, 106; 121  
 процесса, 55; 87

улучшения, 87  
 характеристики/процесса, 121  
 Теория вероятности, 161  
 Тест на равенство дисперсий, 242; 245  
 Тест толстого карандаша, 117  
 Техническая характеристика, 33  
 Технический уровень, 56  
 Технология Шесть сигма, 30  
 Типичная (средняя) квадратическая оценка, 100  
 Торговая марка, 185  
 Точечная диаграмма, 108; 138; 243  
 Точка принятия решений, 225  
 Точность данных, 243  
 Точность измерений, 149; 293  
 Точность измерительной системы, 149; 249; 250  
 Традиционная производительность, П (Y), 132  
 Тренд, 122; 242; 249; 293  
 процесса, 205  
 Трехмерная диаграмма рассеяния, 243  
 Тривиальная переменная, 51  
 Тривиальное большинство, 50  
 Тривиальное Y, 51  
 Триммер, 16

## У

Убывающая серия, 122  
 Угол наклона линии тренда, 118  
 Удовлетворенность компании, 56  
 Удовлетворенность потребителей, 25; 56; 71; 72; 227  
 УЗ, 266; 268  
 Узкое место, 26  
 Универсальный брокер, 32  
 Управление бизнес-процессами (BPM), 251  
 Управление для прорыва, 56  
 Управление знаниями, 13; 266  
 Управление качеством, 235  
 Управление переменными, 13  
 Управление проектами, 31; 257; 284  
 Управление процессами, 68; 284  
 Управленческая квалификация, 63  
 Управленческая система Шесть сигма, 30  
 Управленческие инструменты, 253  
 Шесть сигма, 241; 256  
 Управленческий контроль, 241  
 Управленческий уровень, 56  
 Уравнение вероятности, 41  
 Уравнение дисперсии, 100  
 Уравнение прорывного улучшения, 41

Уравнение простой линейной регрессии, 175  
Уровень дефекта, 82  
Уровень дефектов, 133; 141; 273  
Уровень дефектов процесса/ характеристики, 137  
Уровень качества Шесть сигма, 137  
Уровень складских запасов, 79  
Уровень фактора, 184  
Уровень Шесть сигма, 35; 38  
Ус, 112; 113; 114  
Ускоренные ресурсные испытания, 250  
Условие, 184  
Усредненная квадратическая ошибка, 100  
Устойчивость системы, 199  
Учебная деятельность, 30  
Учетная категория, 31  
Уэллс, Герберт, 94

## Ф

Фаза контроля, 201  
Файл-сервер, 258  
Фактический показатель, 83  
Фактор влияния X, 240  
Фактор помех, 191  
Факторный анализ, 248  
Факторный план, 246  
Фильтрующая воронка, 155; 238; 240  
Фильтрующий процесс, 51  
Финансовая служба, 59  
Финансовый аудитор, 31  
Финансовый калькулятор, 264  
Финансовый представитель, 293  
Финансовый результат, 83  
Финансовый руководитель, 256  
Финансовый эффект проекта, 81  
Флуктуация, 249  
Форма вариации, 108  
Формат данных, 241  
Формулировка задач, 81  
Формулировка проблемы, 84; 85; 90; 93; 95; 293  
Формулировка целевого улучшения, 89  
Формулировка цели, 90; 93; 95; 117; 293  
проекта, 86  
Функциональная служба, 59  
Функциональная субоптимизация, 253  
Функциональный менеджер, 78  
Функция, 41; 42  
плотности вероятности, 95  
потерь Тагучи, 128  
распределения, 243; 247

## Х

Характеризующий эксперимент, 188; 189  
Характеристика, 128  
процесса, 293  
Хаусман, А.Э., 94  
Хвост вариации, 141  
Хвост распределения, 112; 138  
Хи-квадрат, 166  
Хранение данных, 234  
Хронология данных, 241  
Хэрри, Майкл, 13; 14

## Ц

Целевая формулировка, 89  
Целевое значение характеристики, ЦЗ (Т), 32; 35; 127; 128  
Целевое улучшение, 93  
Целевой показатель, 83  
Целевой уровень улучшения, 83  
Целевые показатели, 262  
Центр вариации, 140; 162  
Центр затрат, 81  
Центр процесса, 289  
Центральная величина, 46  
Центральная тенденция, 95; 96; 107; 243; 287; 289; 293  
распределения, 97; 138  
характеристики/процесса, 122  
Центральное значение, 175  
Центральное положение, 98  
Цикл измерения, 95  
Цикл эксперимента, 185

## Ч

Частота отбора данных, 208  
Частота отказов системы, 14  
Чемпион, 31; 55; 58; 78  
бизнес-единицы, 59  
Шесть сигма, 58; 59; 256; 261; 262; 281; 293  
Черный пояс, 29; 31; 55; 58; 61; 62; 242; 256; 263; 276; 277; 278; 281; 293  
Численные данные, 288  
Член смещения, 198  
Чувствительность диаграммы, 208

## Ш

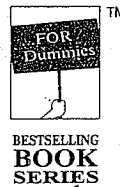
Шаг измерительной системы, 149  
Шестидиаграммный набор способности процесса, 247; 248  
Шесть сигма, 24; 37; 293  
Ширина вариации, 214  
Ширина процесса, 141  
Ширина распределения, 138  
Ширина ящика, 113  
Шкала времени, 94; 146  
Шкала измерения, 95; 108; 113  
Шкала сигма, 37  
Шкала способности процесса/характеристики, 141  
Шухарт, Вальтер, 208

## Э

Эйзенхауэр, Дуайт, 263  
Экономический рост, 44  
Экономная практика, 67  
Экономное предприятие, 13  
Экономное управление, 13  
Эксперимент, 158  
Экспериментальная схема доктора Геничи Тагучи, 199  
Экспериментальные исследования, 156; 183; 184

## Я

Ящик, 112; 113  
Ящичная диаграмма, 112; 113; 249  
Экспериментальные коды, 190  
Экспериментальные схемы  
Плзкета-Бермана, 189  
Экспериментальный подход  
Шесть сигма, 186  
Экспериментальный фактор, 184; 189  
Экспериментальный цикл, 186; 187; 191; 194  
Экспоненциальное сглаживание, 244  
Экстраполяция, 175; 190  
Электронная почта (e-mail), 258  
Электронная таблица, 251  
Электронное обучение, 13  
Элементы определения проекта, 262  
Эпсилон, 42; 293  
Этапный процесс, 131; 132  
Эффект взаимодействия, 160; 182; 186; 194; 198  
Эффект долгосрочной вариации, 38  
Эффективность затрат, 225  
Эффекты второго порядка (квадратичные), 181



BESTSELLING BOOK SERIES

# Шесть сигм для "чайников"™



СЕРИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ КНИГ ОТ ДИАЛЕКТИКИ

Научно-популярное издание

Крейг Джиджи, Нил ДеКарло, Брюс Вильямс

## Шесть сигм для "чайников"

В издании использованы карикатуры американского художника Рича Теннанта

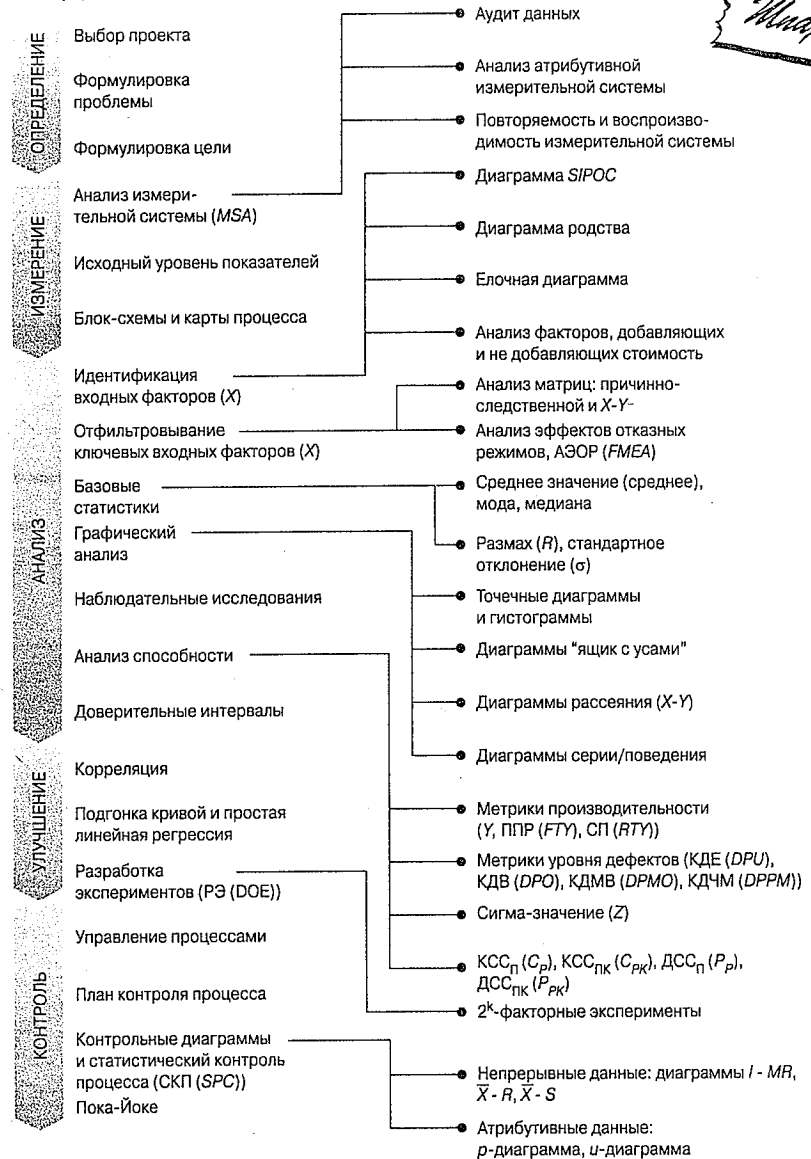
Литературный редактор *Т.Г. Сквородникова*  
Верстка *О.В. Романенко*  
Художественный редактор *Е.П. Дынищ*  
Корректоры *Л.А. Гордиенко, Л.В. Чернокозинская*

Издательский дом "Вильямс"  
127055, г. Москва, ул. Лесная, д. 43, стр. 1

Подписано в печать 28.02.2008. Формат 70x100/16.  
Гарнитура Times. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 20,0. Уч.-изд. л. 19,9.  
Тираж 2000 экз. Заказ № 8273.

Отпечатано по технологии StP  
в ОАО "Печатный двор" им. А. М. Горького  
197110, Санкт-Петербург, Чкаловский пр., 15.

### Инструменты и методы "Шесть сигм"



Шпаргалка



# Шесть сигм для "чайников"™



## Что такое "Шесть сигм"?

Существует несколько определений "Шесть сигм".

- ✓ Это такой уровень качества, при котором на миллион возможностей возникает всего 3,4 дефекта.
- ✓ Улучшение чего-нибудь на 70% и больше.
- ✓ Построенная на данных и созданная для решения проблем методология Определение-Измерение-Анализ-Улучшение-Контроль
- ✓ Инициатива, которую предпринимает организация, чтобы совершить прорыв в улучшении своей работы

## Принципы "Шесть сигм"

Фундамент методологии "Шесть сигм" образуют следующие несколько простых принципов.

- ✓  $Y = f(X) + \epsilon$ . Все результаты или выходные факторы (Y) обусловлены входными факторами (X) с некоторой неопределенностью ( $\epsilon$ ).
- ✓ Чтобы изменить или улучшить результаты (Y), следует сосредоточиться на входных факторах (X), сначала изменить, а затем контролировать их.
- ✓ Вариация вездесуща и ухудшает стабильные и хорошие показатели. Мы должны найти и минимизировать ее!
- ✓ Гарантированное и прорывное улучшение невозможно без достоверных измерений и данных.
- ✓ На результат существенно влияют только несколько критичных входных факторов. Вот на них и надо сосредоточиться.

*Шварцман*

## Метод решения проблем ОИАУК (DMAIC)

Метод решения проблем ОИАУК состоит из пяти четко обозначенных шагов.

- ✓ **Определение.** Создаем контекст и формулируем задачи для нашего проекта по улучшению.
- ✓ **Измерение.** Определяем исходные показатели и способность процесса или системы, которые мы намерены улучшить.
- ✓ **Анализ.** На этом этапе с помощью данных и инструментов прослеживаем существующие в процессе или системе причинно-следственные связи.
- ✓ **Улучшение.** Разрабатываем перемены, которые приведут к доказанному улучшению нашего процесса или системы
- ✓ **Контроль.** Готовим планы и процедуры для длительного поддержания достигнутых улучшений.

## Шкала сигм

Сигма (Z)	Количество дефектов на миллион возможностей (КДМВ (DPMO))	Процент дефектов (%)	Процент успеха (% производительности)	Способность (КСС <sub>n</sub> (C <sub>p</sub> ))
1	691 462	69	31	0,33
2	308 538	31	69	0,67
3	66 807	6,7	93,3	1,00
4	6 210	0,62	99,38	1,33
5	233	0,023	99,977	1,67
6	3,4	0,00034	99,99966	2,00

# СТАТИСТИКА для "ЧАЙНИКОВ"

Дебора Рамси



[www.dialektika.com](http://www.dialektika.com)

Цель этой книги заключается в том, чтобы научить вас понимать и критически оценивать невероятное количество статистической информации, с которой вам приходится сталкиваться ежедневно. Благодаря этой книге вы разовьете способность разбираться в статистических результатах и принимать на их основе важные решения. В книге приводится масса реальных примеров, имеющих отношение к повседневной жизни: от последних открытий в медицине, исследований преступности и тенденций этнического состава жителей страны до опросов на тему знакомств в Интернете, использования сотовых телефонов и худшего автомобиля тысячелетия. Читая главы книги, вы начнете понимать, как пользоваться диаграммами, графиками и таблицами, а также научитесь оценивать результаты последних опросов, экспериментов и других исследований.

ISBN 978-5-8459-1369-2 в продаже