

MARIAN MAZUR

JAKOŚCIOWA TEORIA INFORMACJI

Wydawnictwa Naukowo-techniczne Warszawa 1970

XIII 379755

М. МАЗУР

КАЧЕСТВЕННАЯ ТЕОРИЯ ИНФОРМАЦИИ

*Перевод с польского
О. И. ЛЮЧМЕЛЯ*

*Предисловие д-ра техн. наук, профессора
А. В. СОЛОДОВА*

2236072
2709822



Издательство «Мир» Москва 1974

В книге развивается новый подход к рассмотрению понятий «информация» и «информирование» в самом широком плане. Автор проводит последовательный логический анализ информационных процессов как процессов преобразования сигналов в контурах управления с обратной связью. При этом выясняется содержание таких понятий, как сообщение, преобразование, кодирование, информирование и даются соответствующие строгие определения, что позволяет автору далее ввести логическую классификацию различных видов информирования с учетом семантических аспектов передаваемой информации.

Книга написана доступным языком, вводимые автором теоретические положения иллюстрируются многочисленными примерами.

Книга представляет интерес для широких кругов специалистов как в технических и естественно-научных, так и гуманитарных областях, интересующихся проблемами теории информации и кибернетики.

Редакция литературы по новой технике

ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ИЗДАНИЮ

Уже четверть века теория информации находится в поле зрения ученых самых различных направлений. Идеи и методы этой теории показали возможность общего количественного подхода к описанию сложных и многообразных явлений в обширных областях науки.

Сейчас трудно установить, кому принадлежит сам термин «теория информации». Ряд авторов, закладывая своими работами фундамент новой теории, использовали понятия передачи информации, канала информации, количества информации. С другой стороны, известная работа К. Шеннона, которую принято считать основополагающей в развитии теории информации, называлась «Математическая теория связи». Надо заметить, что это наименование наиболее точно отражало содержание работы, и в этом отношении развитые в ней положения не являлись чем-то совершенно новым.

Однако огромная заслуга Шеннона состояла в том, что он с весьма общей точки зрения рассмотрел основные проблемы техники связи, сведя их в единую строгую систему математических построений и выводов.

Может быть, именно в силу отмеченных выше обстоятельств упомянутая работа Шеннона значительное время не вызывала той заинтересованности, которая проявилась впоследствии. Однако термин «теория информации» получил распространение, поток публикаций в этой новой области нарастал, и прошло сравнительно немного времени, как, отчасти благодаря исключительной привлекательности самого наименования, теория информации стала применяться чуть ли не во всех областях научной деятельности человека. В биологии, психологии, педагогике, истории, эстетике, экономике и ряде других областей, казалось бы, весьма далеких от проблем связи, возникли понятия из арсенала терминов и положений теории информации.

Столь большой интерес к возможностям информационного подхода при исследовании процессов и явлений в этих областях науки хотя и привел к неизбежным издержкам, стал давать и положительные результаты. Появились новые подходы к введению инфор-

мационной меры, учитывающие смысловое содержание информации, ее ценность, важность, эстетическое содержание и ряд других факторов.

Однако сам термин «информация» и понятия, связанные с процессами информирования, по существу не были определены.

Предлагаемая читателю книга польского ученого Мариана Мазура в определенной степени восполняет этот пробел. В книге последовательно и логически обоснованно вводятся такие понятия, как код, сообщение, информация, информирование; и на их основе строятся все остальные определения.

Специалисту в области связи и управления материал книги покажется необычным в первую очередь из-за отсутствия математического аппарата доказательств вводимых определений. Однако последовательное изучение ее содержания обнаруживает стройную систему идей и принципов, определяющих фундаментальные понятия информации и информирования. В основу этой системы положена структурно-логическая модель обобщенной системы управления, анализ которой позволил выявить все возможные случаи взаимодействия управляющей и управляемой систем по каналам управления. Автор не ставит себе целью указать области применения введенных им определений, он лишь обращает внимание на необходимость наличия этих определений для правильной постановки и решения задач в русле информационных концепций. Иными словами, введенные понятия и определения призваны служить той строго определенной терминологической основой, на которой должна строиться количественная теория.

Рассмотренный им круг вопросов автор назвал качественной теорией информации. Можно было бы высказать некоторые замечания по поводу такого наименования, но главное состоит в том, что по существу впервые в систематизированной форме и достаточно обоснованно изложено то, что должно предшествовать любым теоретическим построениям — точное определение предмета исследования.

Оригинальность изложения, наличие многочисленных примеров, иллюстрирующих вводимые автором определения и формулировки, новизна материала делают книгу интересной и доступной для широкого круга научно-технических работников, особенно в тех областях науки, где идеи и методы теории информации завоевывают все более прочные позиции.

Доктор техн. наук, проф. А. В. Солодов

ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА ПОЛЬСКОГО ИЗДАНИЯ

Предлагая читателям книгу, посвященную, как это видно из ее названия, проблемам теории информации, редакция считает целесообразным предварить ее комментарием, который поможет избежать некоторых недоразумений.

Автор правильно указывает на тот известный факт, что во всех имеющихся трудах по теории информации, за исключением, быть может, книг сугубо практического характера, обсуждается либо количественная концепция информации, либо понятие «значимости» (или «ценности») информации в связи с проблемами принятия решений. Авторы этих книг обычно уклоняются от попыток определить само понятие информации, часто ограничиваясь лишь утверждением, что речь идет о таком понятии, по отношению к которому имеет смысл говорить об источнике и об условиях передачи и приема различных сигналов. При этом они, к сожалению, не учитывают того, что используют термин «информация» в несколько отличном от обыденного смысле, а это часто вызывает трудности у менее искушенных читателей.

Автор настоящей книги применяет оригинальный метод рассуждений. Даже не пытаясь дать определение информации и тем более не обращаясь к математической теории информации, он начинает с анализа обобщенной системы управления, ее составных элементов и их преобразований. В связи с этим выдвигаемые автором в ходе анализа утверждения опираются на формальные преобразования и не требуют верификации с точки зрения положений традиционной теории информации. Лишь с понятиями, выявленными в ходе этих рассуждений, автор в дальнейшем связывает такие термины, как сообщение (коммуникат), код, информация и т. п., причем он указывает, как следует применять разработанный им метод анализа информационных процессов и формулирует связанные с этими процессами определения. Таким образом, все рассуждения в этой книге не основываются на теории информации, а приводят к ней.

Такой метод изложения связан с известным риском, ибо произвольно вводимые термины могут вступить в противоречие с уже имеющимися терминами, которым другие авторы придают иное

значение, что приведет к терминологической путанице. Однако автор со своей стороны как раз стремится упорядочить терминологию, исходя из соображений полноты анализа; он иллюстрирует вводимые им понятия подробными примерами, анализируя при этом и такие понятия, как «содержание», «значение» и «понимание» информации, которые до сих пор в рамках теории информации не рассматривались. В конечном итоге количественное определение того, что автором называется «информацией», приводит к математическому понятию, совпадающему с основным для теории Шеннона понятием «количества информации».

Правильно ли называть приведенные в книге рассуждения об информации «качественной» теорией? Автор избрал такое определение именно для того, чтобы подчеркнуть отличие этих не рассмотренных до сих пор в литературе проблем информации от проблем, связанных с количеством информации. Такое определение может быть обосновано ссылкой на аналогичную терминологию, применяемую, например, в химии, где различают качественный и количественный анализ. Как отмечает автор в своем предисловии, в книге речь идет не о «качестве» информации в смысле ее ценности или важности.

ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА

Значение концепций, которые привели к созданию и широчайшему развитию кибернетики и обычно называются «теорией информации», состояло в том, что они открыли возможность количественного подхода к информации. Это нашло свое выражение во введении понятия «количество информации». Такой подход оказался полезным и чрезвычайно плодотворным в применении ко всем информационным процессам, где бы они ни протекали, о чем свидетельствует множество публикаций по этой проблематике. Однако такой количественный подход придал теории информации существенно односторонний характер, превратив ее в «количественную теорию информации».

В последние годы стали появляться публикации, пока еще малочисленные, в области, которую можно было бы назвать «ценностной теорией информации», т. е. теорией, касающейся вопросов оценки пригодности информации для принятия решений.

Однако до сих пор не разработана теория, отвечающая на вопросы, что, собственно, такое информация, каковы ее разновидности, на чем основаны процессы информирования и т. п. Для всей этой области мы предлагаем название «качественная теория информации». Именно эта проблематика и является содержанием настоящей книги.

Концепция теоретического рассмотрения самого понятия информации (а не ее количества) была мною впервые изложена в статье «Математическое определение информации» [13], а в книге «Кибернетическая теория автоматических устройств» [14] я посвятил ей целый раздел.

Логическим продолжением этих работ явилось введение понятия информирования и выделение различных его видов, о чем говорится в докладе «Информация и информирование», представленном мною международному симпозиуму, организованному Центральным институтом научно-технической и экономической информации в Варшаве в 1968 г. Эти вопросы обсуждались также на заседаниях Польского кибернетического общества и Отделения праксеологии Польской Академии наук.

Эти концепции легли в основу представленной в книге теории. Существенную роль в этой теории играет понятие преобразования (трансформации) сигналов как элементов процесса управления, с различием кодов, как преобразований вдоль контура управления, и информации как преобразований поперек контура управления. Такой подход позволяет выразить процесс информирования в виде некоей общей логико-математической модели, анализ которой вскрывает все возможные виды информирования. На возникающие при этом вопросы даются ответы в серии теорем. Для понимания доказательств этих теорем от читателя не требуется знания математической логики, так как используемое мною понятие преобразования является частным случаем отношения, а основные правила оперирования с преобразованиями приведены в отдельной главе книги. В последней главе рассмотрена возможность количественного подхода к информации с помощью понятия о числе преобразований, а результаты рассуждений сопоставляются с известным понятием «количества информации».

Разбираемые в книге вопросы иллюстрируются многочисленными практическими примерами. При выборе примеров учитывалась прежде всего их простота, причем цель состояла не в том, чтобы обогатить читателей знаниями по их специальности, а скорее лишь в том, чтобы продемонстрировать применимость обсуждаемых понятий в различных областях. Для большей наглядности в конце книги все виды информирования сведены в единую таблицу.

В заключение хотелось бы обратиться к читателям с просьбой при чтении этой книги вкладывать в обсуждаемые в ней термины только тот смысл, который содержится в их определениях, отвлекаясь от приобретенных ранее привычек при подходе к понятию информации. Это особенно важно по отношению к новым терминам, которые мне пришлось ввести для многих существенных понятий, не нашедших до сих пор рассмотрения в литературе.

ВВЕДЕНИЕ

Что такое информация?

Там, где задаются вопросы, должны иметься спрашивающий и спрашиваемый, даже если это один и тот же человек. Чтобы ответить на вопрос «что такое информация?», спрашиваемый должен сначала понять вопрос, а необходимым (но не достаточным) условием для этого является понимание всех содержащихся в вопросе слов.

Употребляя выражение «информация», спрашивающий должен его определить, чтобы спрашиваемый знал, о чем идет речь. Но определение «информации» одновременно было бы и ответом на вопрос «что такое информация?» и, таким образом, сам вопрос оказался бы излишним. Другими словами, на вопрос «что такое информация?» следует вопрос «а что такое информация?», что заводит нас в тупик. Возникают методологические сомнения, можно ли вообще ставить вопросы «что такое...?»

Этот вопрос заслуживает более внимательного рассмотрения. Если наименование (точнее, «определяемое», *definiendum*) некоторого понятия x обозначить через t_x , а определяющее его выражение (*definiens*) через d_x , то вопрос «что такое информация?» — это вопрос типа «что такое t_x ?», а ожидаемый ответ является предложением типа « t_x есть d_x ».

Чтобы связать некоторый термин с определением, имеются два пути: либо термину приписать определяющее выражение, либо определяющему выражению приписать термин.

С формальной точки зрения безразлично, какой из путей избрать. С того момента, когда ответ « t_x есть d_x » становится известным спрашивающему или спрашиваемому, может быть поставлен вопрос «что такое t_x ?», и вопрос этот действительно часто ставится в учебной практике. Когда ответ известен спрашиваемому, мы имеем дело с

«консультацией», а когда он известен спрашивающему — с «экзаменом».

Однако выбор пути не безразличен с эпистемологической точки зрения. Нахождение определения для данного термина — это процесс выбора среди различных определений, тогда как нахождение термина для данного определения равнозначно выбору среди различных терминов.

Понятно, что ученый выбирает себе такой предмет исследований, в котором он видит проблему, требующую разрешения. Анализируя проблему, он определяет соответствующие понятия, а затем, чтобы облегчить запись хода решения проблемы и взаимопонимание с читателями, подбирает для каждого определения подходящий термин. Получаемое таким образом предложение « t_x есть d_x » является терминологическим соглашением, обязательным с этой минуты как для самого автора, так и для его читателей, если они хотят понять, о чем идет речь в его публикации.

Точнее говоря, формулировка терминологического соглашения должна иметь вид: «выражение, определяемое через d_x , мы будем обозначать термином t_x ». Но для упрощения говорят просто « t_x есть d_x ». Например, в физике говорят «отношение энергии ко времени мы будем называть мощностью», или проще: «мощность — это отношение энергии ко времени».

Когда речь идет о терминологическом соглашении, нельзя утверждать, что тот или иной термин определен «неправильно», можно лишь утверждать, что термин подобран неудачно, так как он, например, приводит к неоднозначности, ибо ранее уже употреблялся в другом значении. В таком случае ученый не будет пытаться изменить определение так, чтобы оно больше подходило к термину, т. е. не заменит ради сохранения термина рассматриваемую проблему другой, а подберет более удобный термин, сохраняя необходимое для проблемы определение понятия.

Очевидно, что каждое определение тоже состоит из терминов, которые в свою очередь могут требовать определения, но это не меняет правил поведения.

В то же время выбор определений для терминов является по существу угадыванием значений выражений, как

если бы предмет исследований должен был зависеть от результата угадывания. В этом отношении дело иногда доходило до долгих и бесплодных споров на темы «что такое жизнь», «что такое мышление», «что такое сознание» и т. д., в ходе которых оппоненты взаимно обвиняли друг друга в неправильности даваемых ими определений. А между тем это были всего лишь споры о языковых соглашениях.

Эти вводные замечания позволят читателям лучше сориентироваться в ситуации, с которой им придется столкнуться при ознакомлении с литературой, посвященной проблеме «информации».

Как известно, основой количественной теории информации явилась формула Шеннона [1]

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \log p_i, \quad (1.1)$$

выражающая энтропию множества n вероятностей p_1, p_2, \dots, p_n и в численном виде описывающая «количество информации» (возможность выбора, неопределенность).

Из приведенной формулы следует, что $H = 0$ тогда и только тогда, когда одна из вероятностей равна единице (т. е. все остальные вероятности равны нулю). Это есть состояние определенности, или уверенности.

Таким образом, утверждение, что из множества событий, каждое из которых может наступить с определенной вероятностью, одно действительно наступило, сводит неопределенность к нулю, что, по словам Шеннона, позволяет рассматривать величину H как «разумную количественную меру возможности выбора, или меру количества информации».

Когда все вероятности равны между собой ($p_i = 1/n$), величина H принимает максимальное значение

$$H = \log n. \quad (1.2)$$

На основании этой формулы с учетом того, что при $n = 2$ двоичный логарифм $\log_2 n = 1$ и, следовательно, $H = 1$, за единицу количества информации, которой дали

название «бит», было принято количество информации, соответствующее утверждению, что произошло одно из двух равновероятных событий.

В соответствии с этим количество информации в битах, получаемое при сообщении, что произошло одно из n равновероятных событий, выражается формулой, выведенной еще раньше Хартли [2]

$$H = \log_2 n. \quad (1.3)$$

Мы видим, что понятие «количество информации» определено способом, не оставляющим места для размышлений над тем, «что такое количество информации», так как оно получено путем разумного терминологического соглашения, основанного на математической формуле. С научной точки зрения подход является безупречным. Однако с самим термином «количество информации» связана некоторая неясность, ибо в неявном виде предполагается, что, если известно, что такое количество информации, известно также, что такое информация.

Эта формулировка показалась особенно сенсационной гуманитариям, у которых появилась надежда, что на этой основе они смогут решать свои проблемы методами, аналогичными применяемым в точных науках. Утвердило их в этом мнении то обстоятельство, что за теорией, основанной на приведенных выше формулах, закрепилось название «теория информации»; это наводит на мысль, что предмет данной теории — сама информация, а не только количество информации. Более того, «теорией информации» начали со временем называть целую область науки, исследующей теоретические основы информационных процессов (мне кажется, что эта область должна была бы носить название «теоретическая информатика» и охватывать различные из указанных во введении теорий).

В то же время по отношению к современному состоянию дел такое наименование является как бы «названием на вырост», ибо теория информации до сих пор еще не полностью обоснована по меньшей мере по двум причинам.

Во-первых, она требует теоретического обоснования самого понятия информации.

Во-вторых, даже понятие количества информации не охватывает всех случаев, в которых требуется количествен-

ное описание информации. Дело в том, что для использования этого понятия нужно определить множество событий, которые могут произойти, и вероятности наступления каждого события. В то же время часто возникает необходимость количественного описания информации в условиях, когда множество событий точно не определено, а вероятности их наступления указать невозможно. Например, программы обучения истории в школе охватывают большее или меньшее число исторических фактов, при этом для учителя очевидно, что чем более обширна программа, тем больше ученик получает информации. Однако для количественного описания этой разницы учитель не сможет воспользоваться принятой в теории информации мерой «количества информации», ибо едва ли кто-либо сможет указать полное число всех исторических фактов. Да и как приписать каждому из них вероятность, если каждое из них уже произошло? По этим причинам невозможно выразить «количество информации», заключенное, например, в утверждении, что сейчас 1970 год. К какому множеству лет принадлежит этот год? Как можно говорить о вероятности наступления этих лет, особенно минувших, т. е. тех лет, которые уже не могут произойти ни с какой вероятностью? А как применить понятие «количество информации», например, к географической карте? Ведь карта содержит самую различную информацию: по ней, например, можно узнать, что Стокгольм расположен севернее Будапешта, что от Мадрида до Белграда 2000 км, а расстояние от Лондона до Рима вдвое больше, чем до Женевы. Сколько же бит содержит каждая такая информация? О каких вероятностях может здесь идти речь? Ведь каждый элемент карты, как и каждый элемент территории, существует, а не «происходит» с какой-то вероятностью.

А как описать количество информации в геометрии, например в утверждении, что один угол составляет половину другого? Ведь элементы геометрии вообще не «происходят», это понятия абстрактные.

В связи с такого рода неясностями возникает недоумение, почему, несмотря на существование теории информации, в обычных, чаще всего встречающихся на практике случаях из нее нельзя узнать, что такое информация, и даже то, каково в том или ином случае количество инфор-

мации (что, в конце концов, является главным понятием в этой теории).

На заданные вопросы можно ответить, что теория информации создана не для этих потребностей. Однако такой аргумент означает признание того факта, что созданная теория до сих пор дает меньше, чем обещает ее название.

Указанную проблему четко распознал Абрамсон [3], который начинает свою книгу с вопроса, что *не является* теорией информации. «Теория информации как название для обозначения научной дисциплины очень привлекательно. Однако, если это название применить к предмету данной книги, оно окажется в какой-то степени ошибочным». И далее: «Шеннон отдавал себе, наверное, отчет в том, что слово «информация» может ввести в заблуждение, и поэтому назвал свою работу «Математическая теория связи». Употребляя слово «информация» в обычном смысле, можно сказать, что работа Шеннона касается больше передачи сигналов, несущих информацию, чем информации как таковой. Работа Шеннона больше имеет дело со связью, чем с трудно уловимым конечным результатом связи, которым собственно и является информация».

С точки зрения способа определения понятия «информация» в литературе по теории информации можно выделить три группы публикаций.

Одну из них составляют работы, в которых количество информации называется попросту информацией, например в таких выражениях, как «максимальная информация», «средняя информация» и т. д. Это вызывает противоречия, так как, хотя термин «информация» как сокращенное обозначение «количества информации» и может удовлетворить авторов, не интересующихся самим понятием информации, приходится все же считаться и с теми, для которых дело не заканчивается вопросами, связанными с одним лишь количеством информации. На эту тему отвечает Черри [4]. «В определенном смысле вызывает сожаление то обстоятельство, что математическое понятие, введенное Хартли, стало вообще называться информацией».

Другую группу публикаций составляют работы, авторы которых употребляют выражение «информация» без всяких объяснений в таких, например, выражениях, как «перенос

информация», «передача информации с помощью языка», «информация, заключенная в множестве символов» и т. д., как бы подразумевая, что дело идет о понятии, не вызывающем сомнений.

Наконец, есть публикации, авторы которых стараются как-то разъяснить читателям, что, по их мнению, надо понимать под «информацией». В крайних случаях одни из них ограничиваются несколькими фразами, объясняющими информацию при помощи других, имеющих столь же неопределенное значение понятий, таких, как «сведения», «содержание» и т. д.; другие ведут обширные дискуссии по поводу различных аспектов информации, анализируют трудности формулирования точного определения, сопоставляют взгляды разных авторов, чтобы в конце концов оставить вопрос открытым и предоставить самим читателям в хаосе неясностей и сомнений выработать собственные взгляды на этот предмет.

Приходится лишь недоумевать, почему, подобно понятию «количества информации», не было принято аналогичного терминологического соглашения и относительно самого понятия «информация».

Скорее всего, это произошло потому, что слово «информация» повсеместно употреблялось уже задолго до появления теории информации, причем его смысл казался вполне понятным. Это заблуждение, по-видимому, связано с тем, что данным словом пользовались лишь в некоторых, четко очерченных ситуациях — например, когда делались заявления, давались указания или предостережения, касающиеся отношений между людьми; ввиду этого не было нужды долго размышлять, что такое «информация», чтобы знать, когда это слово можно употреблять, а когда нет.

Поэтому, когда идеи, распространившиеся с развитием кибернетики, стали способствовать применению слова «информация» и к ситуациям, до этого не рассматривавшимся, например к установлению связи между человеком и животными, между человеком и машиной, между животными, между машинами, к передаче наследственных признаков и т. п., возникло убеждение, что понятие информации требует лишь простого обобщения, причем не было принято во внимание, какие трудности могут возникнуть при его определении.



2708522

Например, Винер в своей основополагающей работе [5] не высказывается на тему о том, что такое информация, ограничиваясь лишь перечислением того, что не является информацией (!). Он пишет: «Механический мозг не выделяет мысль, «как печень выделяет желчь»; что утверждали прежние материалисты, и не выделяет ее в виде энергии, подобно мышцам. Информация есть информация, а не материя и не энергия».

Лишь позже Винер предложил определение: «Информация — это обозначение содержания, черпаемого нами из внешнего мира в процессе нашего приспособления к нему и приведения в соответствии с ним нашего мышления» [6].

К сожалению, это — определение информации через еще более неопределенное и лишенное общности понятие «содержание».

По Куфиньялю [7] «в кибернетике информацией называется всякое физическое действие, сопровождающееся действием психическим». Это определение, очевидно, слишком широко, так как из него вытекает, что информацией должно считаться и потребление наркотиков. Преувеличением является также утверждение, что такое определение информации принято в кибернетике, особенно если учесть, что в кибернетическом смысле каждое психическое действие является столь же физическим, как и всякое другое.

В своей последующей работе [8] Куфиньяль, как и в цитированном труде, дает следующие определения:

- информация: сочетание носителя с семантикой;
- семантика: психический эффект информации;
- носитель: физическое явление, связанное с семантикой для образования информации.

Нетрудно заметить, что первые два предложения составляют замкнутый круг — информация определяется через семантику (смысл), а семантика через информацию. Кроме того, ссылка на психику лишает такое определение общности. Да и сам Куфиньяль употребляет термин «информация» непоследовательно, когда в другом месте пишет, что при переводе текста с одного языка на другой «информация, содержащаяся в первоначальном тексте; осталась той же самой, хотя форма ее изменилась».

Флехтнер [9] выводит понятие информации следующим способом.

«Сигнал может, хотя и не должен, содержать или переносить сообщение (Nachricht). При этом возможны следующие варианты.

1. Приемник воспринимает сигнал «как сигнал», а не как связанное с ним сообщение.

2. Приемник действительно принимает сообщение, но не понимает его даже после обдумывания, например при передаче (Mitteilung) высказывания (Aussage) из специальной области знаний, для понимания которого ему не хватает образования.

3. Приемник понимает сообщение, но оно его не интересует, оно ему безразлично.

4. Сообщение «важно» для приемника, например информирует его о чем-то, тогда оно содержит для него информацию (Information).

Такой ход рассуждений вызывает ряд возражений. Во-первых, не известно, что здесь понимается под «сообщением», тем более что в другом месте Флехтнер пишет: «Понятие сообщения до сих пор еще не определено». Во-вторых, если приемник не понимает сообщения, то чем это сообщение отличается от приема сигнала «как сигнала»? В-третьих, не известно, каким образом условие, чтобы информация была понятна и интересна для приемника, следует применить к передаче и приему информации машиной. В-четвертых, объяснение «информации» через «информирование» является тавтологией.

Поэтому не удивительно, что Шеннон, а вслед за ним и многие другие авторы отказываются от рассмотрения таких понятий, как значение, содержание, смысл, понимание и т. п. Вот высказывание Шеннона из уже цитированной работы: «Основная задача связи состоит в точном или приближенном воспроизведении в некотором месте сообщения, выбранного для передачи в другом месте. Часто сообщения имеют значения, т. е. относятся к некоторой системе, имеющей определенный физический или умозрительный смысл, или находятся в соответствии с некоторой системой (эти семантические аспекты связи не имеют отношения к технической стороне вопроса). Существенно лишь, что посылаемое сообщение является сообщением, выбранным из

некоторого множества возможных сообщений. Система связи должна быть спроектирована так, чтобы ее можно было использовать для передачи любого возможного сообщения, а не только того, которое будет в действительности выбрано, так как результат этого выбора еще не известен в момент проектирования».

Тенденция Шеннона отгородиться от проблемы содержания информации очевидна. Но возможно ли это?

Естественно, что работники почты не должны быть озабочены тем, поймет ли адресат содержащиеся в телеграмме слова и предложения именно так, как их понимал отправитель. Однако, если посланная телеграмма была написана строчными рукописными буквами, а вручаемая адресату телеграмма уже содержит печатный текст, состоящий из прописных букв, то учреждение связи учитывает, что, невзирая на эту разницу, адресат поймет телеграмму, так как будет воспринимать буквы не как геометрические фигуры, а как условные знаки, распознаваемые в соответствии с определенными правилами их классификации, так что, например, «а» и «А» относятся к одному и тому же классу. В противном случае связь могла бы осуществляться только при помощи рукописных посланий. Таким образом, психические аспекты адресата принимаются во внимание системой связи только в отношении букв, а не слов и предложений.

Учреждение связи может не интересоваться, понял ли адресат содержащиеся в телеграмме слова и предложения, но оно отвечает за то, чтобы адресату были понятны отдельные буквы. Столь слабый учет свойств «приемника» не приемлем, однако, для перевода с одного языка на другой хотя бы потому, что при переводе необходимо различать, когда слово нужно переводить отдельно, а когда как неотъемлемую часть идиоматического выражения. А ведь в настоящее время для перевода с одного языка на другой уже начали применять вычислительные машины, в связи с чем перевод превращается в техническую проблему передачи информации. Отсюда следует, что, вопреки утверждению Шеннона, на практике удастся лишь частично абстрагироваться от психических свойств приемника.

Встречающуюся еще и по сей день неопределенность в понимании информации хорошо показал Фей во «Вступитель-

ных замечаниях» к своей книге о роли теории информации в электрической связи [10]:

«Ответ на качественный вопрос — что такое информация,— так же как и на количественный вопрос — как измеряется информация — требует анализа известных ныне систем создания и передачи сообщений. При этом оказывается, что выработанные источником сообщения и переданные им сигналы можно разделить на два класса: 1) сигналы, которые могут принимать только конечное число дискретных значений, и 2) непрерывные сигналы. К первому классу относятся, например, телеграфные сигналы или сигналы, передаваемые во флоте с помощью флажков, соответствующие буквам нашего письма; ко второму — временные изменения силы тока в микрофонной цепи телефона при разговоре или изменения высоты ртутного столба в термометре, вызываемые изменением температуры окружающей среды.

Общим для обоих классов сигналов является то, что их полностью нельзя предсказать, когда они используются как носители информации. Однако в действительности подобная классификация и характеристика сигналов как носителей информации, не давая ответа на вопрос о сущности информации, позволяет создать абстрактную [математическую модель, отражающую существенные свойства, присущие всем сигналам в качестве носителей информации. Такой математической моделью структуры сигналов, учитывающей свойства их неполной определенности, в статистической теории информации является представление сигналов в виде дискретных и непрерывных случайных процессов, поведение которых подчинено вероятностным законам. Однако основанная на этой модели математическая теория вынуждена оставить без ответа вопрос о ценности информации в смысле важности ее содержания.

Информация типа «орел» или «решка», полученная в результате бросания монеты, и информация о результате любого другого испытания с равновероятными альтернативами с точки зрения статистической теории информации эквивалентны. Такое сужение понятия информации, исходя из задач определенной технической теории передачи сообщений, вполне допустимо и даже уместно, поскольку каждое техническое устройство как неживой механизм

лишено сознания и не способно вырабатывать какие-либо оценочные суждения.

Однако в теории информации, изучающей системы, в которых в цепь передачи сообщений включены живые организмы, особенно человек как источник и потребитель информации, следовало бы принять за основу более широкое, не рассмотренное здесь еще понятие информации. Только на такой основе можно будет дать ответ на второй вопрос, касающийся количественной меры информации. При этом следует иметь в виду, что в отношении своего приближения к действительности всякая математическая модель обладает большими или меньшими недостатками. Поэтому вопрос «что такое информация?» превращается в вопрос «каково разумное определение информации в рамках введенной идеализации?». Ответ на этот вопрос дается путем проверки полученных результатов на практике. Теория информации еще сравнительно молода, поэтому как для совершенствования самой теории, так и для развития ее практических приложений требуется усиленное взаимодействие между теорией и практикой.

Предпринимались также попытки ввести понятие информации на основе следующих ее разновидностей. Уивер [11] указывает три «уровня» (level) информации и соответствующие им три вида проблем:

— техническая проблема: насколько точно (accuracy) могут быть переданы знаки?

— семантическая проблема: насколько точно (precisely) передают знаки желаемый смысл (meaning)?

— прагматическая проблема: насколько эффективно (effectively) полученные значения?

Как и ранее, заметим, что семантический аспект нельзя применить к информационным процессам в машинах.

Касаясь указанного разделения, Флехтнер вводит три «измерения» (Dimension) информации, связанные с передачей информации (Information) сообщениями (Nachricht) и передачей сообщений (Nachricht) сигналами (Signal). Переносят ли сообщения информацию и в какой степени — зависит прежде всего от сигнала (синтаксическое измерение), затем от сообщений (семантическое измерение) и, наконец, от получателя, его осведомленности или неосведомленности о предмете сообщения, т. е. от общего воздействия

сообщений на получателя (прагматическое измерение).

С тремя «измерениями» информации Флехтнер связывает три различных уровня «смысла» (Sinn), иллюстрируя их следующими примерами:

1. Утверждение грамматически правильное, но (семантически) бессмысленное, например: «Зеленая свобода преследует думающий дом» (Die grüne Freiheit verfolgt das denkende Haus).

2. Утверждение логически правильное, но не соответствующее истине, например: «Гамбург лежит на Везере» (Hamburg liegt an der Weser).

3. Утверждение верное, например: «Гамбург лежит на Эльбе» (Hamburg liegt an der Elbe).

На первый взгляд указанные примеры весьма убедительно свидетельствуют в пользу введенной классификации, однако присмотревшись к ним поближе, можно убедиться, что это не совсем так. Хотя Флехтнер, несомненно, старался подобрать в качестве первого примера абсолютно абсурдное предложение, оно вполне может означать следующее: «Восставшие крестьяне одерживают верх над властями». Ведь можно увидеть в приведенных словах следующий переносный смысл:

«зеленый» — крестьянство (по ассоциации с зеленеющими полями зеленый цвет часто считается символом сельского хозяйства, что иногда находит даже выражение в зеленых флагах крестьянских организаций);

«свобода» — восстание;

«преследовать» — наступать, одерживать верх;

«дом» — власти (подобно тому как замок или дворец как местонахождение властей нередко считался символом власти);

«думающий» — занимающийся возвышенной, интеллектуальной деятельностью в противоположность к черной работе в поле.

Конечно, надо суметь увидеть приведенный выше или какой-либо иной переносный смысл в указанных словах, но после этого первое, полностью абсурдное, утверждение уже не отличается ничем от двух других, так как выражение «город лежит на реке» тоже имеет переносный смысл, только оно более часто встречается и поэтому не вызывает недоумений.

Нет также существенной разницы между вторым и третьим предложениями, в которых тоже заключен переносный смысл. Ведь Гамбург «лежит» не на всей Эльбе, а только на небольшом ее участке, и если кто-либо имел бы в виду Эльбу у ее истоков, то утверждение, что Гамбург лежит на Везере, было бы ближе к истине.

Одни и те же предложения могут у разных людей вызывать различные ассоциации, но это скорее свидетельствует о разнице между получателями, чем между самими предложениями.

Это относится даже к тем предложениям, в которых прежде никто не усматривал возможность различной интерпретации, например к утверждению, что прямая — кратчайшая линия между двумя точками. Сейчас известно, что это вопрос соглашения, относящегося к евклидовой геометрии. Соглашение такого рода есть, однако, только средство для устранения различий у получателей информации.

Главным пунктом в рассуждениях на тему о понятии «информация» все еще остается вопрос о роли психики. Когда от него уходят, вся проблема становится фрагментарной. Когда же мы его пытаемся учитывать, возникает затруднение, как интерпретировать информационные процессы в машинах с точки зрения таких понятий, как «смысл», «содержание», «значение» и т. п. Впрочем, следует указать, что эти понятия не совсем ясны также и в применении к человеку.

Здесь нет возможности привести все существующие точки зрения на эту проблему. Да это и не нужно, коль скоро речь идет об общей характеристике ситуации. Предоставим лишь в заключение слово еще раз Флехтнеру:

«Понятие информации — не только центральное понятие теории информации, но также и одно из фундаментальных понятий кибернетики. Одновременно это самое трудное понятие для всякого, кто хочет вникнуть в проблемы кибернетики. Уже беглый обзор литературы свидетельствует о том, что не только существуют совершенно различные определения, но и что сжатая формулировка этого понятия, даваемая теорией информации, вкладывает в него значение, совершенно отличное от того, которое мы привыкли связывать с этим понятием».

Такая ситуация наводит на размышления. Кибернетика — наука высокой степени общности, наука теоретическая, формализованная. И тем не менее одно из главных ее понятий до сих пор не имеет точного определения.

Побудительным мотивом к написанию настоящей работы как раз и было стремление попытаться заполнить этот пробел.

УПРАВЛЕНИЕ

В соответствии с постулатом, выдвинутым в гл. 1, следовало бы начать обсуждение с анализа самого явления и лишь после уяснения основных понятий присвоить им наименования, причем, если бы одно из понятий было названо «информацией», это следовало бы понимать как некоторое терминологическое соглашение, подобно тому как это было с термином «количество информации».

Однако до этого необходимо очертить границы подлежащих анализу явлений, т. е., иначе говоря, определить предмет исследования.

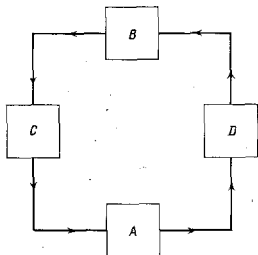
Было бы нелогично считать предметом исследований явления, в которых определенную роль играет информация, ибо это означало бы, что уже в начале исследования выражению «информация» приписывается какое-то значение, хотя целью самого исследования является как раз определение этого термина в духе принятого терминологического соглашения и в соответствии с результатами проведенного анализа.

Теоретически можно было бы избежать этих трудностей, занявшись изучением всей совокупности явлений. Практически, однако, удобнее ограничиться охватом достаточно большого их круга, о котором известно, что он среди прочего включает в себя все то, что различными людьми называется «информацией». Нетрудно заметить, что при этом речь всегда идет о ситуации, в которой задача состоит в достижении какой-то определенной цели, т. е. в общем случае о ситуации управления; следовательно, мы имеем здесь дело с кибернетической проблематикой.

Итак, не интересуясь значениями, в которых обычно употребляется выражение «информация», мы предлагаем считать за предмет нашего исследования явления, на которых основывается управление, и рассмотреть их с кибернетической точки зрения.

Чтобы рассуждения на столь общую тему приобрели теоретический характер, надо абстрагироваться в них от любых конкретных областей, даже таких, для которых понятие «информация» является одним из основных, как, например, телекоммуникация, психология, языкознание и т. п.

Такой подход мы намерены применить ко всем понятиям, анализируемым в последующих главах книги. Ссылки на конкретные случаи будут носить скорее характер иллюстративных примеров, поясняющих изучаемые понятия, а не доказательств излагаемой ниже теории.



Ф и г. 2.1. Контур управления с неопределенными функциями его элементов.

Для обсуждения проблем управления важное значение имеют следующие понятия.

Определение 2.1. Управляемая система — система, в которой желаемые изменения вызываются воздействием другой системы.

Определение 2.2. Управляющая система — система, воздействие которой приводит к желаемому изменению в другой системе.

Определение 2.3. Цепь управления — система, через которую одна система воздействует на другую.

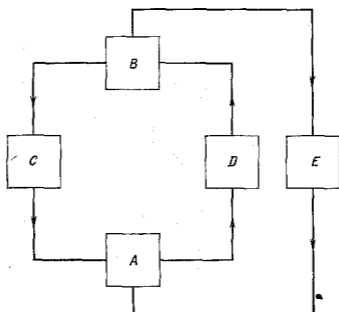
Определение 2.4. Контур управления — контур с обратной связью, состоящий из управляющей системы, управляемой системы и цепей управления.

Определение 2.5. Процесс управления — процесс, складывающийся из явлений в контуре управления.

Мы привели здесь указанные определения лишь для того, чтобы напомнить читателям основные кибернетические понятия, которые потребуются нам в последующих разделах. Поскольку предметом данной книги не является изложение основ кибернетики, такие понятия, как система,

вход, выход, воздействие и т. д., мы здесь определять не будем, предполагая, что они известны читателям.

В контуре управления (фиг. 2.1) нельзя без дополнительных определений указать, какая система является управляемой, а какая управляющей, и даже то, какие системы являются цепями управления. Эта неопределенность исче-



Фиг. 2.2. Контур управления как часть другого контура управления.

зает, когда контур управления, например система $B-C-A-D$, соединен с какой-либо внешней системой E (фиг. 2.2).

Если воздействие системы E на систему $B-C-A-D$ основано на том, что система E воздействует на систему A , а воздействие системы $B-C-A-D$ на систему E состоит в воздействии системы B на E , то в этом случае система A является управляющей системой, система B — управляемой, а системы C и D цепями управления.

В качестве примера можно привести промышленную электрическую печь, снабженную двухуровневым регулятором температуры. Как известно, взаимодействие печи и регулятора основано на том, что, как только температура в печи превышает некоторый уровень, регулятор преры-

вает подачу электрической энергии к печи, а когда температура печи понижается до заданного уровня, регулятор возобновляет подачу электрической энергии к печи. В этом примере имеет место как воздействие регулятора на печь, так и воздействие печи на регулятор. Однако, кроме системы, состоящей из печи и регулятора, имеется также внешняя система в виде потребителя (пользователя), который настраивает регулятор так, чтобы в печи поддерживалась заданная температура.

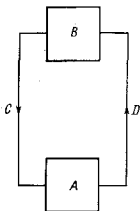
С точки зрения потребителя регулятор является управляющей, а печь — управляемой системой. Очевидно, что их роли изменились бы, если потребитель воздействовал бы на печь с целью достижения заданного действия регулятора (например, как вибратора).

Мы видим, что благодаря свойствам внешней системы E , соединенной с заданной системой в контур управления, включающий управляющую систему A и управляемую систему B , возникает различие между ожидаемыми (желаемыми, требуемыми) изменениями (в управляемой системе) и изменениями (в управляющей системе), служащими для достижения требуемых изменений (в управляемой системе).

В примере с печью это различие становится еще более ясным, если принять во внимание, что потребителя вполне удовлетворила бы печь сама по себе, если бы она могла выполнять свои функции без регулятора, но его не удовлетворил бы регулятор, даже если бы он мог работать без печи. Для потребителя желаемым является результат функционирования печи, а регулятор служит лишь для достижения того или иного результата работы печи.

Слово «желаемый» в определениях 2.1 и 2.2 применено не в значении, позволяющем предположить, что управление неотделимо от психики, поскольку ведь по традиции считалось, что только человек является существом, способным иметь намерения, хотеть, ставить себе цели и т. п. С кибернетической точки зрения безразлично, что конкретно представляет собой система, вызывающая определенные изменения в другой системе. На тот аргумент, что установка регулятора все равно производится человеком и даже если регулятор настраивается вычислительной машиной, то для программирования машины опять-таки требуется человек, и т. д., и что, следовательно, даже в случае самых слож-

ных систем в конце цепи все же можно обнаружить человека, — на все это можно ответить, что такая аргументация не имеет отношения к делу, поскольку она касается вопроса о замещении живых организмов машиной, а не теоретических проблем управления. Независимо от этого надо иметь в виду, что системой, вызывающей желаемые изменения, может быть не только человек или система, снабженная источником мотивации; такими системами могут быть не только люди, но и любые организмы, а также и машины [13, 14].



Ф и г. 2.3. Кон-
тур управления с
о п р е д е л е н н ы м и
ф у н к ц и я м и е г о э л е -
м е н т о в.

Если систему $B-C-A-D$ просто трактовать как систему, сопряженную с системой E , то получится объединение двух систем, которое можно рассматривать как самостоятельную систему и искать ее сопряжение с некоторой внешней по отношению к ней системой и т. д.

Поскольку образованное на каждом новом шаге сопряжение данной системы с внешней системой не вносит ничего нового для исследования управления, можно ограничиться рассмотрением простейшего случая, когда имеется только один контур управления (фиг. 2.3), состоящий из управляющей системы A , управляемой системы B и цепей управления C и D . Можно утверждать, что цепь управления C начинается на выходе управляемой системы B и оканчивается на входе управляющей системы A , а цепь управления D начинается на выходе управляющей системы A и оканчивается на входе управляемой системы B .

При такой постановке вопроса процесс управления можно рассматривать как последовательность изменений: изменение на выходе управляемой системы B , изменение на входе управляющей системы A , изменение на выходе управляющей системы A , изменение на входе управляемой системы B , изменение на выходе управляемой системы B и т. д.

Проблема управления всегда сводится к поиску ответа на вопрос, какой процесс должен происходить между входом и выходом управляющей системы A , чтобы про-

изошел заданный процесс между входом и выходом управляемой системы *B*.

В связи с этим поведение управляющей системы должно зависеть от изменений, происходящих на выходе управляемой системы. В действительности же, однако, оно зависит от изменений на входе управляющей системы. Различие между этими двумя поведением управляющей системы обусловлено наличием цепи управления, через которую осуществляется воздействие управляемой системы на управляющую. То же относится к воздействию управляющей системы на управляемую.

Возникает вопрос, какое влияние оказывает цепь управления на процесс управления и от чего это влияние зависит. Выяснению этого вопроса посвящены следующие главы книги.

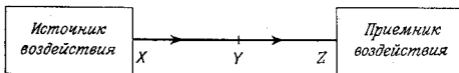
СООБЩЕНИЕ

Обе цепи управления простейшего контура управления (фиг. 2.3) имеют ту характерную особенность, что в каждой из них осуществляется воздействие одного ее элемента на другой: в цепи управления *C* управляемая система воздействует на управляющую систему, в цепи управления *D* управляющая система воздействует на управляемую. Поэтому в общем случае можно ограничиться изучением только одной цепи управления.

О п р е д е л е н и е 3. 1. **Источник воздействия** — система, воздействующая на другую систему контура управления.

О п р е д е л е н и е 3. 2. **Приемник воздействия** — система, на которую воздействует другая система контура управления.

Из этих определений следует, что цепь управления начинается на выходе источника воздействия и оканчивается на входе приемника воздействия (фиг 3.1).



Ф и г. 3.1. Цепь управления в общем виде.

В контуре управления (см. фиг. 2.3) для цепи управления *C* источником воздействия является управляемая система *B*, а приемником воздействия — управляющая система *A*, в то время как для цепи управления *D* источником воздействия является управляющая система *A*, а приемником — управляемая система *B*.

Чтобы изменения на выходе источника воздействия привели к изменениям на входе приемника воздействия,

некоторый физический процесс должен начинаться на выходе источника воздействия и оканчиваться на входе приемника воздействия. Кроме того, нужно иметь в виду, что физический процесс в цепи управления складывается из определенного числа физических состояний.

Всякое физическое состояние можно рассматривать с двух точек зрения: с энергоматериальной, т. е. как состояние, описываемое количеством энергии и массы (количеством вещества), и со структурной, т. е. как состояние, описываемое распределением энергии и вещества в пространстве и времени.

Если система управления должна выполнять определенную работу, требуемый для этого физический процесс должен быть основан на использовании определенного количества энергии и вещества, или на энергоматериальных изменениях.

Однако в процессе управления, помимо этого, всегда происходят структурные изменения в управляющей системе, обеспечивающие требуемые изменения в управляемой системе. Благодаря этим изменениям и осуществляется рабочий процесс.

Например, рабочий процесс промышленной печи основывается на потреблении заданного количества энергии, в то время как работа регулятора температуры основана на изменениях структуры, обеспечивающих протекание указанного рабочего процесса.

В рабочем процессе, основанном на энергоматериальных изменениях, существенным является наличие сил, изменяющих определенное физическое состояние. В процессе же управления, основанном на структурных изменениях, важно существование различий между определенными физическими состояниями.

О п р е д е л е н и е 3.3. Сообщение (коммуникат) — физическое состояние, определенным образом отличающееся от других физических состояний в цепи управления.

Теперь можно сказать, что воздействие в цепи управления состоит из определенного числа сообщений. При рассмотрении воздействий в определенной цепи управления это число зависит от детальности различения физических состояний, представленных сообщениями; в общем же случае оно зависит от того, сколько таких состояний разли-

чается в каждом месте цепи управления и сколько таких мест учитывается.

Определение 3.4. Поперечное множество сообщений — множество сообщений в произвольном месте цепи управления.

Определение 3.5. Продольное множество сообщений — множество сообщений, возникших из других сообщений либо из которых возникли другие сообщения, причем каждое из сообщений этого множества принадлежит различным поперечным множествам сообщений.

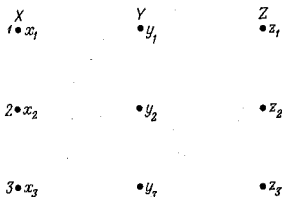
Что следует считать выходом источника воздействия, а что входом приемника воздействия, зависит от договоренности.

Определение 3.6. Оригинал — сообщение из поперечного множества сообщений на выходе источника воздействия.

Определение 3.7. Образ — сообщение из поперечного множества сообщений на входе приемника воздействия.

Определение 3.8. Промежуточное сообщение (интеркоммуникат) — сообщение из поперечного множества сообщений, находящееся между выходом источника и входом приемника воздействия.

На фиг. 3.2. представлен канал управления с тремя поперечными множествами сообщений X , Y , Z (фиг. 3.1), причем каждое множество состоит из трех сообщений:



Ф и г. 3.2. Множество сообщений в цепи управления.

Множество оригиналов	Множество промежуточных сообщений	Множество образов
x_1	y_1	z_1
x_2	y_2	z_2
x_3	y_3	z_3

В том же канале управления легко выделить и три продольных множества сообщений, каждое из которых состоит из трех сообщений:

1-е продольное множество сообщений	$x_1, y_1, z_1;$
2-е » » »	$x_2, y_2, z_2;$
3-е » » »	$x_3, y_3, z_3.$

Используя введенную терминологию, можно определить воздействие в цепи управления как преобразование оригиналов в образы с помощью промежуточных сообщений (если возникает необходимость в использовании промежуточных сообщений).

Например, каждое измерение является процессом, в котором значение измеряемой величины — оригинал, а результат измерения — образ. Иллюстрацией преобразования оригиналов в образы могут служить также следующие примеры.

Паровой двигатель (управляемая система), снабженный центробежным регулятором (управляющая система), вращает трансмиссионный вал (выход) с требуемой скоростью вращения (оригинал). Работа двигателя приводит к тому, что ось (вход) регулятора вращается с необходимой скоростью (образ). Под действием центробежных сил рычаг (выход) регулятора занимает определенное положение (оригинал), в результате чего на вход двигателя поступает определенное количество пара (образ).

Водитель (управляющая система) выполняет руками (выход) определенные движения (оригинал) для изменения положения (образ) руля (вход) автомобиля (управляемая система). Колеса (выход) автомобиля принимают определенное положение (оригинал) относительно дороги. Наблюдение (образ) этого положения с помощью органа зрения (вход) оказывает воздействие на дальнейшее движение рук водителя и т. д.

Поданный текст телеграммы (оригинал) последовательно превращается в механические импульсы (промежуточ-

ные сообщения) передающего телеграфного аппарата, электрические импульсы (промежуточные сообщения) телеграфной линии, механические импульсы (промежуточные сообщения) приемного телеграфного аппарата и, наконец, в принятый текст телеграммы (образ).

Французско-английский словарь содержит французские слова (оригиналы) и соответствующие им английские слова (образы). Англо-французский словарь содержит английские слова (оригиналы) и соответствующие им французские слова (образы).

По донесениям разведчика (оригиналы) составляются шифрованные тексты (промежуточные сообщения), которые пересылаются в центр, где после дешифровки снова превращаются в словесные тексты (образы).

Географическая карта (множество образов) является отображением местности (множество оригиналов).

В некоторых случаях, когда выход одной системы является входом другой, одно и то же множество сообщений является одновременно как множеством оригиналов, так и множеством образов.

Например, отданный начальником приказ (оригинал) у исполнителя становится полученным приказом (образ). Рапорт, посланный исполнителем (оригинал), становится у начальника принятым рапортом (образ).

Сообщения такого рода могут поступать либо одновременно, либо последовательно.

Если сообщениями являются значения какой-либо физической величины, то множеством сообщений могут быть как значения этой величины в разных местах в один и тот же момент времени (например, значения температуры), так и значения этой величины в разные моменты времени в одном и том же месте (например, изменения температуры).

Привычка трактовать физические процессы как причинно-следственные зависимости может привести к мнению, что в процессах управления физическое состояние на выходе управляемой системы должно предшествовать по времени состоянию на входе управляющей системы, т. е. что образ может быть получен только после оригинала. Такая последовательность не является обязательной для процессов управления. С таким же успехом оригиналы и образы могут получаться и одновременно, а иногда образы

могут быть получены раньше оригиналов. Это становится понятным, если учесть, что приемник воздействий реагирует на оригиналы опосредованно — через образы, в результате чего при определенных образах эта реакция не зависит от того, какие оригиналы и когда получены: до образов, одновременно с образами или даже позже образов.

В связи с этим может быть три случая.

Управление может осуществляться на основе прошлых событий — случай, когда оригиналы предшествуют образам.

Иллюстрацией этого случая может служить получение письма (образ), содержащего описание какого-либо события (оригинал), появление сигнала (образ) о происшедшем повреждении (оригинал) и т. п.

Здесь же можно привести примеры, в которых оригиналы существовали задолго до появления образов: старинные постройки (оригиналы) и их нынешние развалины (образы), вымершие экземпляры животных и растений (оригиналы) и их современные окаменелые останки (образы).

Управление может также осуществляться на основе диагноза — случай, когда оригиналы получаются одновременно с образами.

Примерами такой одновременности могут служить температура пламени (оригинал) и его яркость (образ), местность (множество оригиналов) и карта этой местности (множество образов), книга на определенном языке (множество оригиналов) и ее перевод на другой язык (множество образов) и т. п.

Наконец, управление может осуществляться и на основе прогноза — случай, когда оригиналы появляются позже образов.

В качестве примеров случая, когда оригиналы получаются после образов, можно привести предсказание затмения Солнца (оригинал) и расположение небесных тел в момент предсказания (образ), температуру остывающего тела в будущем (оригинал) и его температуру в данный момент (образ) и т. п.

В свете изложенного выше становится ясным, что в цепях управления воздействие не всегда направлено от ранее полученных к позже полученным множествам сооб-

щений, но всегда от множеств сообщений, менее доступных для системы, на которую воздействует другая система, к более доступным для нее множествам сообщений.

Сообщением может быть все, что в какой-то мере можно отличить от чего-то другого в процессе управления. Например, сообщениями могут служить: значение измеряемой величины, отличающееся от других значений этой же величины; цвет, отличающийся от других цветов; положение какой-либо точки, отличающееся от положений других точек; буква, отличающаяся от других букв; слово, отличающееся от других слов; звук, отличающийся от других звуков; нота, отличающаяся от других нот; дорожный знак, отличающийся от других дорожных знаков.

При этом, конечно, не обязательно, чтобы сообщения, принадлежащие одному и тому же множеству, были одного и того же рода.

Например, сообщениями могут служить: зеленый цвет в отличие от числа 517; лимон в отличие от слова «окно»; запах фиалки в отличие от часов и т. п.

Читателю может показаться, что такого рода множества сообщений редко используются на практике. Однако они встречаются довольно часто в разведывательной практике; так, например, газета в руке может означать «не подходит ко мне, за мной следят», а снятая шляпа — «все в порядке, можем разговаривать».

С практической точки зрения следует различать «активные сообщения» (явления), которые существуют до тех пор, пока поступает энергия, и могут создавать в цепи управления последующие сообщения, и «пассивные сообщения» (следы явлений), которые существуют без притока энергии, но сами не могут создавать новые сообщения.

Если в процессе управления благодаря энергии, поступающей от источника воздействий, получилась последовательность множеств активных промежуточных сообщений, которая после прекращения поступления энергии от источника воздействий заканчивается множеством пассивных промежуточных сообщений, то это множество для получения множества образов должно быть преобразовано в множество активных промежуточных сообщений. Для этого, кроме поступления энергии от источника воздействий, необходим также приток энергии от приемника воздействий.

При этом, однако, следует иметь в виду, что если параметры энергии приемника воздействий отличаются от параметров энергии, поступающей от источника воздействий, то при преобразовании пассивных сообщений в активные может произойти искажение сообщений.

Искажение сообщений может получиться также и в процессе управления, основанном исключительно на преобразованиях активных сообщений, если какое-то множество активных промежуточных сообщений претерпело усиление от притока энергии из приемника воздействий.

В свете сказанного процессы управления можно разделить на два вида.

Первый вид процессов управления основан на том, что все множества сообщений (множества оригиналов, промежуточных сообщений и образов) являются множествами активных сообщений.

В качестве примера можно привести процессы управления, в которых измерения основываются на показаниях обычных стрелочных приборов. Положения стрелки измерительного прибора образуют множество активных промежуточных сообщений, полученных из активных оригиналов, каковыми являются значения измеряемой величины. Движение стрелки измерительного прибора происходит благодаря энергии источника воздействий и может быть использовано в процессе дальнейшего управления, например для включения реле, но только пока производятся измерения.

Другой вид процессов управления основан на том, что по меньшей мере одно множество сообщений является множеством пассивных сообщений. Дальнейший процесс управления возможен только если под влиянием дополнительной энергии от приемника воздействий пассивные сообщения будут преобразованы в активные.

В качестве примера можно привести процессы управления, в которых измерения осуществляются с помощью регистрирующих измерительных приборов. Полученные при этом показания измерительных приборов образуют множество пассивных сообщений, сохраняющихся даже после окончания измерений. Эти результаты измерений могут быть использованы в дальнейшем процессе управления, но для превращения их в активные сообщения необходим приток дополнительной энергии от приемника воздействий.

Точно так же звуки, записываемые на магнитную ленту, являются активными сообщениями. В результате их преобразования в магнитофоне они становятся пассивными сообщениями и могут продолжать существовать даже после окончания звучания. Для преобразования этих пассивных сообщений в активные (звуки) необходима энергия, чтобы привести в движение магнитную ленту. Если скорость протяжки при записи была равномерной, а при воспроизведении неравномерна, то звуки, полученные при воспроизведении, будут отличаться от звуков в момент записи.

Примерами такого рода управления могут служить также процессы, в которых используется запись на телеграфной ленте, граммофонных пластинках, фототелеграммах и т.п.

Важно заметить, что до недавнего времени использовать пассивные сообщения было возможно только в процессах управления, предполагающих участие человека как единственного звена, способного читать разного рода записи, т. е. преобразовывать пассивные сообщения в активные. Поэтому первоначально в автоматических системах управления использовались исключительно активные сообщения, и лишь с развитием элементов памяти, особенно в связи с использованием электронных вычислительных машин, удалось избавиться от этого ограничения.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ

Рассматривая произвольное множество элементов, можно выделить две группы понятий: 1) элементы множества и 2) связи между элементами множества. Такая классификация является полной в том смысле, что, кроме названных двух групп понятий, возможны только понятия, производные от них.

В соответствии с этим, интерпретируя процесс управления как множество физических состояний или, согласно определению 3.3, как множество сообщений, можно выделить две группы понятий: 1) сообщения и 2) связи между сообщениями.

О сообщениях мы уже говорили в гл. 3. Теперь остается обсудить связи между сообщениями.

При первом подходе к этой теме возникает мысль использовать аппарат и понятия теории отношений. Однако в связи со спецификой проблематики настоящей работы такой подход потребовал бы введения известных ограничений, изменений и дополнений, что в свою очередь вызвало бы необходимость в обширных разъяснениях и предостережениях. Поэтому мы стараемся обойтись без ссылок на теорию отношений и вообще не будем пользоваться термином «отношение». Для изучения последующих разделов читателю будет достаточно уже приведенных сведений.

При дальнейшем обсуждении мы будем опираться на следующие понятия.

О п р е д е л е н и е 4. 1. Ассоциация сообщений — неупорядоченная пара сообщений, взятых из продольного или поперечного множества сообщений в процессе управления.

О п р е д е л е н и е 4. 2. Преобразование (трансформация) — процесс, в результате которого одно из сообщений ассоциации превращается в другое сообщение той же ассоциации.

Преобразование описывает связь между сообщениями в ассоциации.

Например, в формулировках «умножение a на k дает в результате b » или « b в k раз больше a » речь идет об одном и том же преобразовании.

Преобразование мы будем обозначать буквой T .

Для каждой ассоциации существуют две пары упорядоченных сообщений, в связи с чем возникает проблема различения преобразований для каждой из этих пар сообщений.

О п р е д е л е н и е 4. 3. Первичное сообщение — сообщение, подвергаемое преобразованию.

О п р е д е л е н и е 4. 4. Вторичное сообщение — сообщение, полученное в результате преобразования.

Например, если в ассоциации имеются сообщения a и b , то следует различать преобразование a в b от преобразования b в a . В преобразовании T это будет учтено при помощи индексов, первый из которых будет относиться к первичному, а второй ко вторичному сообщению. В соответствии с этим преобразование сообщения a в сообщении b запишется в виде T_{ab} , в то время как преобразование сообщения b в сообщении a в виде T_{ba} .

В случае когда возникает необходимость отметить и сами сообщения данной ассоциации, символ преобразования будет помещаться между символами сообщений, причем на первом месте будет указываться первичное сообщение, затем преобразование и наконец вторичное сообщение. Например:

$$aT_{ab}b,$$

$$bT_{ba}a,$$

что читается так: «преобразование T_{ab} сообщения a в сообщении b » или «преобразование T_{ba} сообщения a дает в результате сообщение b » и т. п.

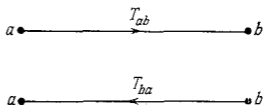
В качестве эквивалентной записи будет использоваться также выражение преобразования с помощью равенства (уравнение преобразования), в котором с одной стороны помещается первичное сообщение и преобразование, а с другой — вторичное сообщение, например:

$$T_{ab}a = b,$$

$$T_{ba}b = a.$$

Преобразование можно также представить графически с помощью линии со стрелкой, направленной от первичного сообщения ко вторичному (фиг. 4.1).

С формальной точки зрения безразлично, перестает ли первичное сообщение существовать в результате преобразования, уступая место вторичному сообщению (например, при преобразовании одного положения стрелки прибора в другое), или же после появления вторичного сообщения первичное сообщение продолжает существовать



Ф и г. 4.1. Графическое обозначение преобразования.

(например, при преобразовании реального участка местности в топографическую карту), или даже вторичное сообщение появляется раньше первичного

(например, при преобразовании карты в местность). Всякое преобразование мы будем считать однозначным: преобразование одного сообщения дает в результате также одно сообщение.

Можно также различать преобразования по тому, отличаются ли между собой первичное и вторичное сообщения.

О п р е д е л е н и е 4. 5. Нетривиальное преобразование — преобразование, в результате которого из первичного сообщения получается отличное от него вторичное сообщение.

О п р е д е л е н и е 4. 6. Тривиальное преобразование — преобразование, в результате которого первичное сообщение не отличается от вторичного.

О п р е д е л е н и е 4. 7. Тожественное преобразование — такое тривиальное преобразование в ассоциации сообщений, при котором первичное и вторичное сообщения являются одним и тем же сообщением.

О п р е д е л е н и е 4. 8. Равнозначное преобразование — такое тривиальное преобразование в ассоциации сообщений, при котором первичное и вторичное сообщения являются отдельными, но одинаковыми сообщениями.

Для обозначения тривиального преобразования мы будем применять обозначение T^0 либо же вовсе опускать символ преобразования.

Определение 4.9. Обратное преобразование к преобразованию первичного сообщения во вторичное — такое преобразование, которое преобразует вторичное сообщение в первичное. Например, обратное преобразование к преобразованию aT_{abb} есть преобразование bT_{baa} .

На основе введенных определений можно подумать, что из трех элементов уравнения преобразования: первичного сообщения, преобразования и вторичного сообщения — необходимо знать только два, а третий получается из уравнения.

Это очевидно, когда заданы одно из сообщений и преобразование. Например, когда известно сообщение a и преобразование T_{ab} , можно определить сообщение b .

Иная ситуация складывается, однако, когда даны оба сообщения, а ищется преобразование. В этом случае знание двух элементов (двух сообщений) не приводит к однозначному определению третьего (преобразования).

Это легко показать на простом вычислительном примере. Если заданы два сообщения: $a = 2$ и $b = 8$, то существует множество преобразований, которые, будучи применены к сообщению a , дают в результате сообщение b ; например:

$$\begin{aligned} a + 6 &= b, \\ 4a &= b, \\ a^3 &= b, \\ 3a \div 2 &= b, \\ 5a - 2 &= b. \end{aligned}$$

Отсюда ясно, что преобразование является сложным понятием. В связи с этим возникает необходимость выяснить его основные элементы.

Определение 4.10. Операция — один из элементарных процессов, на которых основывается преобразование.

Определение 4.11. Род операции — качественная характеристика операции.

Определение 4.12. Параметр операции — количественная характеристика операции.

Определение 4.13. Операционное преобразование — преобразование, описываемое операциями, которым подвергается первичное сообщение ассоциации сообщений.

Например, преобразование $a + 6 = b$ является операционным преобразованием, в котором родом операции является сложение, параметром — 6, операцией — прибавление 6. В операционном преобразовании $4a = b$ род операции — умножение, параметр операции — 4, сама операция — умножение на 4. В операционном преобразовании $3a + 2 = b$ две операции: умножение на 3 (в которой род операции — умножение, параметр — 3) и прибавление 2 (в которой род операции — сложение, параметр операции 2).

В простейшем случае операционное преобразование может основываться только на одной операции (однооперационное преобразование), и тогда для его описания достаточно двух данных (род операции и параметр операции). Для описания преобразования, состоящего из n операций, необходимо $2n$ данных (n родов операции и n параметров операции).

Необходимо различать род операции и параметры операции, так как эти элементы операции независимы: при одном и том же роде операции параметры операции могут быть различными.

Теперь становится понятным, почему знания одного сообщения и преобразования достаточно для определения другого сообщения, в то время как знание обоих сообщений не позволяет определить преобразование. Даже при однооперационном преобразовании необходимо знать четыре элемента: первичное сообщение, род операции, параметр операции и вторичное сообщение. В случае когда заданы сообщение и преобразование, оказываются известными три элемента из четырех; этого достаточно для определения четвертого элемента из уравнения преобразования. Когда же заданы оба сообщения и требуется определить преобразование, то фактически известны лишь два элемента из четырех, так что нет ничего удивительного в том, что для определения оставшихся двух элементов наличие уравнения преобразования оказывается недостаточным. Для этого необходимо дополнительно знать один из них. Например, если для преобразования сообщения $a = 2$ в сообщение $b = 8$ известно, что род операции — умножение, то параметром операции должно быть число 4, если же известно, что параметр операции 4, то родом операции должно быть умножение. Если для той же самой пары сообщений из-

вестно, что родом операции является возведение в степень, то параметр операции — 3 и т. д.

Очевидно, что операционное преобразование, в котором не задан род операции или задан параметр операции, при котором операция не приводит к изменениям, является тривиальным.

Например, операционное преобразование является тривиальным, если род операции — сложение, а параметр — 0 или же если род операции — умножение или возведение в степень, а параметр операции — 1.

В общем случае, когда в игру вступает не одна ассоциация, а целое их множество, операционные преобразования, относящиеся к отдельным ассоциациям, могут отличаться друг от друга.

Определение 4.14. Основное преобразование — операционное преобразование, применение которого к исходному сообщению произвольной ассоциации в произвольном множестве ассоциаций дает вторичное сообщение той же ассоциации.

Например, для множества из трех сообщений

$$\begin{aligned} a &= 1, & b &= 3, \\ c &= 2, & d &= 6, \\ e &= 3, & f &= 9 \end{aligned}$$

можно выделить, скажем, следующие операционные преобразования:

для ассоциации $a = 1, b = 3$:

$$\begin{aligned} a + 2 &= b, \\ 2a + 1 &= b, \\ 3a &= b, \\ 4a - 1 &= b; \end{aligned}$$

для ассоциации $c = 2, d = 6$:

$$\begin{aligned} c + 4 &= d, \\ 2c + 2 &= d, \\ 3c &= d, \\ 4c - 2 &= d; \end{aligned}$$

для ассоциации $e = 3$, $f = 9$:

$$\begin{aligned} e + 6 &= f, \\ 2e + 3 &= f, \\ 3e &= f, \\ 4e - 3 &= f. \end{aligned}$$

Основным преобразованием, общим для всех трех ассоциаций, является операционное преобразование

$$3m = n$$

Определение 4. 15. Обратное основное преобразование — операционное преобразование, применение которого ко вторичному сообщению любой ассоциации, к которой относится данное основное преобразование, дает первичное сообщение той же ассоциации.

В приведенном выше примере обратным основным преобразованием является операционное преобразование

$$\frac{n}{3} = m,$$

так как только оно является общим для всех трех ассоциаций.

Определение 4. 16. Обратное операционное преобразование — операционное преобразование с такими же операциями, какие присутствуют в основном преобразовании, обратном данному основному преобразованию, имеющему вид данного операционного преобразования.

Определение 4. 17. Обратная операция — операция в однооперационном преобразовании, обратном к однооперационному преобразованию, содержащему данную операцию.

Определение 4. 18. Обратный род операции — такой род операции, при замене которым рода данной операции возникает операция, обратная данной.

Определение 4. 19. Обратный параметр операции — такой параметр, при замене которым параметра данной операции возникает операция, обратная данной.

В определении 4.16 ссылка на основное преобразование устраняет многозначность, которая возникла бы, если бы

понятие обратного операционного преобразования основывалось на общем определении 4.9.

Например, для операционного преобразования первичного сообщения $a = 2$ во вторичное сообщение $b = 8$

$$4a = b$$

в соответствии с определением 4.9 обратным операционным преобразованием было бы не только преобразование,

$$\frac{b}{4} = a,$$

но также и преобразования

$$b - 6 = a,$$

$$\frac{b}{2} - 2 = a,$$

и т. д.,

поскольку применение каждого из них ко вторичному сообщению $b = 8$ дало бы в результате первичное сообщение $a = 2$. В то же время для множества ассоциаций с основным преобразованием $4a = b$ основным обратным преобразованием в соответствии с определением 4.16 является только преобразование $b/4 = a$. Вследствие этого можно сказать, что и для единственной ассоциации обратным операционному преобразованию $4a = b$ является операционное преобразование $b/4 = a$.

Благодаря принятой формулировке 4.16 из определения 4.18 следует, что вычитание — род операции, обратный сложению, деление — род операции, обратный умножению и т. д., а из определения 4.19 следует, что отрицательное число — параметр операции, обратный положительному числу, обратное число — параметр операции, обратный этому числу и т. д.

Теорема 4. 1. Если в операции данного операционного преобразования изменить род и параметр операции на обратные, то преобразование не изменится.

Доказательство. Пусть даны ассоциации сообщений a и b и операционное преобразование

$$T_{ab}a = b. \quad (4.1)$$

Если в операционном преобразовании (4.1) род операции изменится на обратный, то в соответствии с определением 4.17 получится обратная операция, а следовательно, и обратное операционное преобразование

$$T_{ba} b = a. \quad (4.2)$$

Если в операционном преобразовании (4.2) параметр операции изменится на обратный, то в соответствии с определением 4.19 получится обратная операция, а следовательно, и обратное операционное преобразование

$$T_{ab} a = b. \quad (4.3)$$

Сравнение (4.1) с (4.3) показывает, что получается преобразование, совпадающее с исходным.

Например, преобразование $4a = b$ совпадает с преобразованием $a/0,25 = b$, преобразование $a + 2 = b$ совпадает с преобразованием $a - (-2) = b$ и т. д.

Если известно, какое вторичное сообщение получится в результате определенного операционного преобразования сообщения, то для повторного получения того же сообщения не обязательно знать операцию, на которой это преобразование основано. Исходя из этого, можно выделить следующие понятия.

О п р е д е л е н и е 4. 20. Ассоциационное преобразование — преобразование, характеризующееся тем, что применение его к первичному сообщению ассоциации дает в результате вторичное сообщение той же ассоциации.

О п р е д е л е н и е 4. 21. Обратное ассоциационное преобразование — преобразование, применение которого ко вторичному сообщению* дает первичное сообщение.

Смысл ассоциационного преобразования можно выразить следующей логической схемой:

Если p , то q , так как если было p , то было q .

По отношению к ассоциации первичного сообщения a со вторичным сообщением b из этой схемы следует: если к сообщению применяется такое преобразование, которое в результате его применения к сообщению a давало сообщение b , то в результате получится сообщение b .

Например, если в процессе управления определенного рода было применено операционное преобразование сообщения $a = 2$ в сообщении $b = 8$.

$$4a = b,$$

то для других процессов управления того же самого рода всегда достаточно было бы знать, что если 2, то 8, не вдаваясь в исследование того, как это преобразование получено, т. е. применить ассоциационное преобразование

Сообщению $a = 2$ соответствует сообщение $b = 8$.

Операционное преобразование заменяется здесь ассоциационным.

В отличие от операционного преобразования, описываемого операцией, которую необходимо выполнить, ассоциационное преобразование описывается ассоциацией, к которой эта операция относится.

Иначе говоря, преобразование T_{ab} как операционное преобразование отвечает на вопрос, что нужно сделать с сообщением a , но то же преобразование T_{ab} как ассоциационное преобразование отвечает на вопрос, какое сообщение b образует с сообщением a ассоциацию, или какое сообщение b соответствует сообщению a .

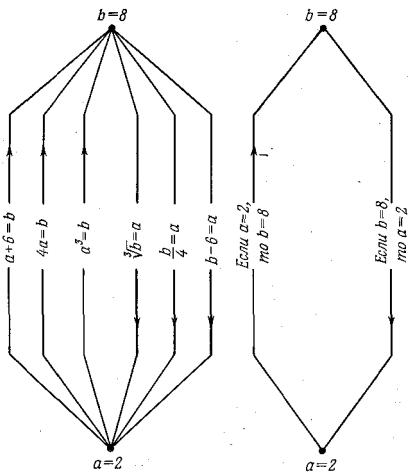
Общим свойством операционных преобразований данной ассоциации является то, что они ведут от одного сообщения к другому сообщению той же ассоциации, но именно это является и свойством ассоциационного преобразования. Поэтому ассоциационное преобразование равнозначно всем операционным преобразованиям в данной ассоциации. Это иллюстрируется на фиг. 4.2 для случая ассоциации сообщений $a = 2$ и $b = 8$.

Поскольку для описания ассоциационного преобразования нет необходимости знать операцию, ясно, что в направлении от сообщения a к b существует только одно ассоциационное преобразование, хотя операционных преобразований в том же направлении может быть много.

В результате для одной ассоциации играют роль лишь одно ассоциационное преобразование и одно обратное ему ассоциационное преобразование, а также много операционных преобразований и столько же обратных им.

Это различие подобно различию, существующему, например, в области транспорта: для одной пары местностей существуют два направления (туда и обратно), но имеется много дорог в одном направлении и столько же в другом.

Определение 4.22. Цепь преобразований — множество сообщений, образующих такую последовательность ассоциаций, в которых одно из сообщений одновременно



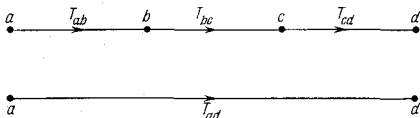
Ф и г 4.2. Операционное и ассоциационное преобразования (пример).

относится как к предыдущему, так и к последующему сообщению.

Определение 4.23. Результирующее преобразование — преобразование, состоящее из преобразований последовательных ассоциаций цепи преобразований, причем вторичное сообщение, будучи результатом предыдущего преобразования, является первичным сообщением для следующего преобразования.

Например, если в цепи преобразований сообщений a , b , c , d имеются преобразования $aT_{ab}b$, $bT_{bc}c$, $cT_{cd}d$ (фиг. 4.3), то результирующим преобразованием первых двух преобразований является

$$aT_{ab}T_{bc}c,$$



Ф и г. 4.3. Составное и случайное преобразования.

а результирующим преобразованием всех трех преобразований этой цепи

$$aT_{ab}T_{bc}T_{cd}d,$$

что можно представить с помощью уравнений

$$T_{bc}T_{ab}a = c,$$

$$T_{cd}T_{bc}T_{ab}a = d.$$

В частном случае, когда преобразования одинаковы, результирующее преобразование получается путем многократного применения одного и того же преобразования.

Например, если бы приведенные выше преобразования были одинаковыми: $T_{ab} = T_{bc} = T_{cd} = T$, то результирующие преобразования можно было бы записать в виде

$$aT^2c,$$

$$aT^3d$$

или в виде

$$T^2a = c,$$

$$T^3a = d.$$

Теорема 4. 2. В цепи преобразований преобразование первого сообщения в последнее является результирующим преобразованием последовательных преобразований.

Доказательство. Пусть имеются сообщения a, b, c, d, \dots, m, n и преобразования

$$T_{ab} a = b, \quad (4.4)$$

$$T_{bc} b = c, \quad (4.5)$$

$$T_{cd} c = d, \quad (4.6)$$

$$T_{mn} m = n. \quad (4.7)$$

Требуется найти преобразование

$$T_{an} a = n. \quad (4.8)$$

Из (4.4) и (4.5) следует

$$T_{bc} T_{ab} a = c. \quad (4.9)$$

Это является преобразованием сообщения a в сообщение c ,

$$T_{ac} a = c, \quad (4.10)$$

вследствие чего

$$T_{ac} a = T_{bc} T_{ab} a. \quad (4.11)$$

Из (4.6) и (4.10) следует

$$T_{cd} T_{ac} a = d. \quad (4.12)$$

Это является преобразованием сообщения a в сообщение d ,

$$T_{ad} a = d, \quad (4.13)$$

вследствие чего

$$T_{ad} a = T_{cd} T_{ac} a, \quad (4.14)$$

а с учетом (4.11)

$$T_{ad} a = T_{cd} T_{bc} T_{ab} a. \quad (4.15)$$

Аналогично получаем

$$T_{an} a = T_{mn} \dots T_{cd} T_{bc} T_{ab} a. \quad (4.16)$$

Из теоремы 4.2 следует, что в частном случае, когда в цепи преобразований все преобразования являются тривиальными, результирующее преобразование также тривиально.

Теорема 4.3. Результирующее преобразование двух преобразований, одно из которых обратно другому, является тривиальным преобразованием.

Доказательство. Пусть имеются ассоциация сообщений a и b и преобразование

$$T_{ab} a = b. \quad (4.17)$$

В соответствии с определением 4.9 обратным ему является преобразование

$$T_{ba} b = a. \quad (4.18)$$

Тогда из (4.17) и (4.18) вытекает

$$T_{ba} T_{ab} a = a. \quad (4.19)$$

Из теоремы 4.3 следует, что преобразование, обратное тривиальному, является тривиальным преобразованием.

Различие между операционными и ассоциационными преобразованиями имеет практическое значение только по отношению к нетривиальным преобразованиям, поскольку все операционные преобразования превращаются в единственное преобразование, когда нетривиальное преобразование становится тривиальным.

Так как в ассоциационных преобразованиях, даже тогда, когда они нетривиальны, операция не играет никакой роли, то преобразование в них подобно тривиальным преобразованиям. Вследствие этого все утверждения, касающиеся тривиальных преобразований, можно отнести и к ассоциационным преобразованиям, заменив в них выражение «равно» выражением «соответствует».

Например, утверждения, относящиеся к тривиальным преобразованиям: «если A равно B , то B равно A » или «если A равно B и B равно C , то A равно C », можно сформулировать для ассоциационных преобразований в следующем виде: «если A соответствует B , то B соответствует A » и «если A соответствует B и B соответствует C , то A соответствует C ».

Различие между понятием «преобразование», определенным в данной работе, и понятием «отношение», принятым в логике, можно охарактеризовать следующим образом.

В теории отношений само отношение считается заданным, причем речь идет об отношении как связи между множествами, чему в излагаемой здесь теории наиболее близко соответствует понятие основного преобразования, играющего роль связующего звена между элементами (сообщениями) конкретных множеств, в частности пар элементов (пар сообщений, образующих ассоциацию) этих множеств.

В отличие от этого в процессах управления основное преобразование является искомым, в связи с чем требуется различать не только преобразования в конкретных ассоциациях, но и элементы преобразований, такие, как операция, род операции, параметр операции, т. е. понятия, которые отсутствуют в теории отношений.

В практических приложениях логики названия отношений зависят от описывающих их выражений, в то время как в данной работе преобразования рассматриваются как процессы и не зависят от присвоенных им названий.

Это можно проиллюстрировать на простом примере. В учебниках логики при объяснении симметричных, асимметричных, антисимметричных, а также транзитивных, нетранзитивных, антитранзитивных отношений часто используемым примером является отношение родства.

Например, логик задает себе вопрос, правильно ли следующее утверждение: «если A — родственник B , то B — родственник A ». С этой целью он рассматривает различные ситуации, например отношение между двумя братьями, между отцом и сыном и т. д., а убедившись, что если A — родственник B , то во всех случаях B — родственник A , он делает вывод, что отношение родства является симметричным отношением (т. е. таким, что если A находится в определенном отношении к B , то B находится в том же отношении к A).

Затем он переходит к следующему вопросу — правильно ли следующее утверждение: «если A является родственником B , а B — родственником C , то A является родственником C ». Убедившись, что в рассмотренных им случаях это верно, наш логик склонен будет считать родство транзитивным отношением. Но существуют случаи, когда это утверждение неверно, а именно: если A — отец B , а C — мать B , то A и C обычно не являются кровными родственниками. В такой ситуации наш логик вынужден считать отношение

родства нетранзитивным отношением (т. е. если A находится в определенном отношении к B , а B находится в том же отношении к C , то не известно, находится ли A в том же отношении к C).

Однако можно себе представить, что в какой-то стране связь между отцом и матерью также называется родством. В этой стране родство было бы транзитивным отношением. Таким образом, изменение терминологии привело бы к изменению характера отношений родства, несмотря на то, что фактически ничто бы не изменилось.

Использование же преобразований дало бы в этом случае следующий результат.

То, что A и B являются братьями, следует из того, что они сыновья одних и тех же родителей. От родителей к субъекту A приводит преобразование «родить». То же преобразование приводит к B . Вследствие того, что оба преобразования одинаковы, преобразование от A к B — тривиально; на том же основании можно без дальнейшего разъяснения утверждать, что преобразование от B к A также тривиально, т. е. преобразования одинаковы в обе стороны.

Если же A — отец, а B — сын, то от A к B приводит преобразование «родить», и всегда можно утверждать, что от B к A приводит преобразование «быть рожденным», как обратное первому. Здесь мы не наблюдаем одинакового преобразования в обе стороны.

Таким образом, то, что с точки зрения теории отношений в обоих случаях одинаково (отношение симметрично), не является одинаковым с точки зрения теории преобразований.

Во втором примере от отца A к сыну B ведет преобразование «родить», а от сына B преобразование «быть рожденным» приводит к матери C . Поскольку одно из этих преобразований обратно другому, связь между A и C должна быть тривиальной. Естественно, что между отцом и матерью здесь нет разницы: оба они родители.

Следовательно, то, что в данном примере с точки зрения теории отношений остается неопределенным (отношение нетранзитивно), становится вполне определенным с точки зрения теории преобразований и при том не зависит от языка, на котором формулируется утверждение.

К часто используемым в учебниках логики относится и пример следующего транзитивного отношения: «если A старше B , а B старше C , то A старше C ». Основываясь на этом, некто мог бы прийти к выводу (полагая, что всякое общее положение должно быть справедливым и в частных случаях), что если A на 5 лет старше B , а B на 5 лет старше C , то A на 5 лет старше C . Легко заметить, что транзитивность отношения старшинства не выполняется ни в одном частном случае.

В то же время таких недоразумений не возникает при использовании преобразований. Как в общем, так и во всех частных случаях старшинство A по отношению к C — результирующее преобразование старшинства A по отношению к B и старшинства B по отношению к C .

Когда речь идет об отношении «больше», логик говорит, что для отношения $a < b$ обратным является отношение $b > a$, что, конечно, верно, когда a и b даны, но неверно в приложении к процессам управления в случае, когда a или b является искомой величиной. Например, если b получается в результате «увеличения» a , то, зная b , нельзя найти a путем «уменьшения» b ; такого рода ситуации возникают, например, при применении обратных кодов (см. гл. 5).

В процессах управления не может быть просто «увеличения», а может быть только «увеличение на данное количество» (хотя бы и неизвестное), т. е. необходимо учитывать не только род операции, но и параметр операции. В соответствии с этим обратной операцией не может быть операция «уменьшение», ею должна быть операция «уменьшение на то же количество, на которое было увеличение», иначе говоря, после операционного преобразования необходимо применить обратное операционное преобразование.

Конечно, вместо конкретных сообщений можно также воспользоваться подмножеством сообщений, но при условии, что целое подмножество сообщений рассматривается как одно сообщение; иначе говоря, если преобразование приводит к некоторому подмножеству, то обратное преобразование должно дать исходное подмножество. Например, если одним сообщением ассоциации является одноэлементное подмножество «тока нет» (0 в цифровых вычислительных машинах), а другим сообщением являет-

ся многоэлементное подмножество «ток есть» (1), т. е. подмножество токов в допустимых границах, то увеличение тока есть переход от первого подмножества ко второму, хотя следующее за этим уменьшение тока не обязательно приводит к первому подмножеству. Такого рода неясности не возникают, если воспользоваться операционными преобразованиями, даже если прибегнуть к ассоциационному преобразованию: сообщению «тока нет» соответствует «ток есть»; обратное ассоциационное преобразование: сообщению «ток есть» соответствует сообщение «тока нет». В обоих случаях результирующее преобразование — тривиальное, чего не дает использование отношения «увеличение» и обратного ему отношения «уменьшение».

Различие здесь состоит в том, что в приведенных примерах в качестве одного и того же отношения берется то, что не может быть одним и тем же преобразованием, а группа разных, даже противоречивых преобразований называется одним и тем же словом.

Иначе можно сказать, что степень обобщений в теории отношений настолько велика, что теория отношений пригодна для анализа утверждений (вследствие чего ее практическое применение зависит от языка, на котором утверждение высказано), но группирование различных преобразований в одно отношение — только способ речи и поэтому непригодно для анализа и выявления физического смысла процессов управления, тем более что эти процессы могут протекать без участия человека и не зависят от того, существует ли вообще какой-либо язык.

С этой же точки зрения при описании преобразования языковыми средствами следует позаботиться о том, чтобы употребляемое для этой цели выражение означало бы преобразование, а не группу различных преобразований. Это тем более важно, что традиционная структура языковых утверждений сформировалась не на основе теории преобразований.

Преобразование не является понятием, «конкурирующим» с понятием отношения, а является лишь определенным частным случаем отношения, который, с одной стороны, дает однозначную интерпретацию и упрощение формальной процедуры, а с другой стороны, вносит дополнительные различия, не рассматриваемые в теории отношений,

но необходимые для исследования поднятых здесь проблем.

Требование однозначности преобразования, согласно которому одно преобразование одного оригинала дает в результате только один образ, будет в этой работе строго соблюдаться в соответствии с физической природой процесса управления.

С этой же точки зрения будут трактоваться и числовые примеры. Например, извлечение квадратного корня из 4, рассматриваемого как оригинал, даст два числа +2 и -2, т. е. два образа, поскольку здесь имеется два преобразования: «извлечение квадратного корня, дающее положительную величину» и «извлечение квадратного корня, дающее отрицательную величину». Этот способ известен из применений математики к физике (например, когда при решении квадратного уравнения учитывается только положительное значение корня).

В последующих главах при записи уравнений преобразования первичное сообщение будет опускаться, если оно одинаково в левой и правой частях уравнения. Например, уравнение типа

$$T_4 T_3 T_2 a = T_1 a$$

будет иметь вид

$$T_4 T_3 T_2 = T_1;$$

последнее означает следующее: если произвольное сообщение подвергается преобразованию T_2 , а результат этого преобразования подвергается преобразованию T_3 , результат которого в свою очередь подвергается преобразованию T_4 , то полученный в итоге результат будет таким же, каким он был бы при применении преобразования T_1 .

В соответствии с этим уравнение (4.16) можно записать в виде

$$T_{an} = T_{mn} \dots T_{cd} T_{bc} T_{ab},$$

а уравнение (4.19) в виде

$$T_{ba} T_{ab} = T^0.$$

КОД

Общие понятия, определенные в гл. 4, можно применить к продольным множествам сообщений. В связи с этим вводятся следующие термины.

Определение 5.1. Кодовая ассоциация — ассоциация сообщений, состоящая из сообщений продольного множества.

Например, в контуре управления, изображенном на фиг. 5.1 (см. стр. 67), можно выделить следующие кодовые ассоциации:

$$\begin{array}{lll} x_1 - y_1, & y_1 - z_1, & x_1 - z_1, \\ x_2 - y_2, & y_2 - z_2, & x_2 - z_2, \\ x_3 - y_3, & y_3 - z_3, & x_3 - z_3. \end{array}$$

Определение 5.2. Код — преобразование одного сообщения кодовой ассоциации в другое сообщение той же ассоциации.

Коды будут обозначаться точно так же, как и преобразования (см. гл. 4), с тем лишь отличием, что вместо символа T будет использоваться символ K .

На фиг. 5.1 коды K_{1xy} , K_{1yz} , K_{2xy} , K_{2yz} и т. д., кроме того, обозначены направленными отрезками, снабженными стрелками.

Определение 5.3. Нетривиальный код — код, являющийся нетривиальным преобразованием.

Определение 5.4. Тривиальный код — код, являющийся тривиальным преобразованием.

Определение 5.5. Тождественный код — код, являющийся тождественным преобразованием.

Определение 5.6. Равнозначный код — код, являющийся равнозначным преобразованием.

На практике тождественный код имеет место, когда переданное сообщение одновременно является и принятым сообщением, например при отправлении письма по почте.

Равнозначный же код имеется тогда, когда, например, вместо письма доставляется его копия.

Определение 5. 7. Код, обратный коду, являющемуся преобразованием первичного сообщения во вторичное сообщение кодовой ассоциации, — код, применение которого ко вторичному сообщению дало бы первичное сообщение этой ассоциации.

Например, пользование картой на местности основано на коде, обратном коду картографической съемки этой местности.

Для множества кодов, каким является французско-английский словарь, множеством обратных кодов является англо-французский словарь.

Логарифмирование основано на коде, обратным которому является код отыскания числа по данному логарифму.

С формальной точки зрения безразлично, существует ли уже вторичное сообщение как результат преобразования, каковым является код, или его еще только собираются получить. Однако на практике бывает удобно выделить сам процесс получения вторичного сообщения, причем этот процесс называется «кодированием».

Определение 5. 8. Операционный код — код, являющийся операционным преобразованием.

Определение 5. 9. Обратный операционный код — операционное преобразование, обратное данному операционному коду.

Роль операционных кодов можно проиллюстрировать на примере систематических ошибок в измерениях; например, пусть при измерении электрического напряжения получены следующие данные:

Измеренное напряжение, В (оригинал)	Влияние ошибки измерений, В (операционный код)	Показания вольтметра, В (промежуточное сообщение)
9,7	+ (+0,3)	10,0
19,9	+ (+0,1)	20,0
30,1	+ (-0,1)	30,0
40,2	+ (-0,2)	40,0
50,3	+ (-0,3)	50,0

Зная оригиналы (измеряемое напряжение в вольтах) и промежуточные сообщения (показания вольтметра) и задавая код операции (сложение), можно определить пара-

метры операции (ошибки измерения) для операционных кодов. При одном и том же роде операции (сложение) можно определить обратные параметры (поправки) для обратных операционных кодов.

Применение этого кода к промежуточным сообщениям (показаниям вольтметра) позволяет определить образы (результаты измерения):

Показания вольтметра, В (промежуточное сообщение)	Применение поправки, В (обратный операцион- ный код)	Результат измерения, В (образ)
10,0	+(-0,3)	9,7
20,0	+(-0,1)	19,9
30,0	+(+0,1)	30,1
40,0	+(+0,2)	40,2
50,0	+(+0,3)	50,3

Языковым примером применения операционных кодов является вычеркивание букв или дописывание окончания. В операционных кодах этого типа вычеркивания и дописывания являются родом операции, а окончания являются параметрами операции.

Например, преобразование французского выражения «fin» в итальянское «fine» осуществляется операционным кодом «дописывание е». Для преобразования итальянского «fine» во французское «fin» нужен операционный код, основанный на обратной операции — «зачеркивание е».

О п р е д е л е н и е 5. 10. Основной код — операционный код, общий для всех ассоциаций, у которых первичные сообщения принадлежат одному поперечному множеству сообщений, а вторичные сообщения — другому поперечному множеству сообщений.

О п р е д е л е н и е 5. 11. Обратный основной код — основное преобразование, обратное данному основному коду.

Если для некоторого процесса управления удастся найти основной код или если множество различных операционных кодов

$$K_{1xy} x_1 = y_1,$$

$$K_{2xy} x_2 = y_2,$$

$$K_{3xy} x_3 = y_3,$$

...

превращается в множество одинаковых операционных кодов

$$K_{xy} x_1 = y_1,$$

$$K_{xy} x_2 = y_2,$$

$$K_{xy} x_3 = y_3,$$

...

то это можно представить общей формулой

$$K_{xy} x = y,$$

где K_{xy} — основной код.

Аналогично множество одинаковых обратных операционных кодов можно представить общей формулой

$$K_{yx} y = x$$

где K_{yx} — обратный основной код.

Так, например, если бы в рассмотренном выше примере измерения напряжения систематическая ошибка измерения была одинаковой для всего периода измерения и составляла бы, например, $+0,1$ В, то преобразование значений измеряемого напряжения в показания вольтметра было бы основным кодом, состоящим в операции добавления ошибки ($+0,1$ В). Преобразование показаний вольтметра в результат измерения было бы основным кодом, основанным на операции добавления поправки ($-0,1$ В).

О п р е д е л е н и е 5. 12. Ассоциационный код — код, являющийся ассоциационным преобразованием.

В качестве примера можно привести множество ассоциационных кодов, используемых при передаче телеграмм с помощью азбуки Морзе:

a . —
b — . . .
c — . — .
d — . . .

и т. д.

Из общеизвестных множеств ассоциационных кодов можно указать следующие: физические таблицы, в которых определенным веществам ставятся в соответствие их физические свойства, например удельный вес, теплоемкость и т. д.; двуязычные словари, в которых словам одного языка ставятся в соответствие слова другого языка; прейскуранты, в которых определенным товарам или услугам поставлены в соответствие их цены; телефонные справочники, в которых фамилиям абонентов соответствуют определенные номера телефонов.

Ассоциационными кодами являются также соответствия между людьми и их именами и фамилиями, между местностями и их названиями, между звуками и нотами или клавишами фортепиано и т. д.

Пригодность ассоциационных кодов зависит от их постоянства. Они становятся бесполезными, когда отдельным оригиналам перестают соответствовать образы, на основе которых созданы коды. По этой причине нервничают абоненты телефонной станции, если она до издания нового телефонного справочника изменила номера многих телефонов, автоводители, когда они обнаруживают, что кто-то переставил дорожные знаки, разведчики, когда неприятель изменил шифр, и т. д.

Недостатком ассоциационных кодов является то, что они непригодны за пределами соответствующих им множеств оригиналов и образов. Например, пользуясь даже очень большим двуязычным словарем, нельзя перевести слово, которое там отсутствует, а из самых обширных физических таблиц нельзя ничего узнать о не включенном туда веществе и т. д.

Однако такой же недостаток имеют и операционные коды, когда к различным оригиналам применяются различные операции.

В примере, касающемся поправок при измерении напряжения, преобразование показаний вольтметра в результат измерения представляет собой операционный код (в котором операцией является прибавление поправки), но связь между показаниями вольтметра и поправками является множеством ассоциационных кодов, т. е. в этом случае мы знаем лишь, каким показаниям какие поправки соответствуют:

Показания вольтметра, В (промежуточное сообщение)	Поправка, В (параметр операции)
10,0	-0,3
20,0	-0,1
30,0	+0,1
40,0	+0,2
50,0	+0,3

С таким же успехом можно было выполнить сложение сразу, и, как это часто делается, рассматривать связь между показаниями вольтметра и результатами измерения как множество ассоциационных кодов:

Показания вольтметра, В (промежуточное сообщение)	Результат измерения, В (образ)
10,0	9,7
20,0	19,9
30,0	30,1
40,0	40,2
50,0	50,3

Отсюда видно, что множество разных операционных кодов опосредованно является множеством ассоциационных кодов, а следовательно, оно может быть и непосредственно представлено в виде множества ассоциационных кодов.

Множество операционных кодов имеет преимущество перед множеством ассоциационных кодов лишь тогда, когда все операционные коды в нем одинаковы, т. е. когда есть основной код. Его преимущество максимально, когда он относится ко всем сообщениям некоторого бесконечного их множества.

Особенно полезны основные коды, имеющие характер физических законов, так как они относятся к большим множествам сообщений. Поэтому нет ничего удивительного в том, что мы так стремимся к их открытию.

Одной из таких попыток было формулирование закона Ома, согласно которому напряжение на концах электрического провода пропорционально току, протекающему через этот провод, причем коэффициентом пропорциональности является электрическое сопротивление. Если рассматривать ток как оригинал, а напряжение как образ, то преобразование, состоящее в умножении тока на сопротивление,

играет роль кода, а само сопротивление — роль параметра операции. Сначала считалось, что для некоторого данного материала сопротивление постоянно, что означало бы, что найден основной код. Со временем, однако, оказалось, что это не так, например в полупроводниках, электролитах, электрической дуге и т. п. Возникла необходимость в составлении характеристик напряжение — ток, что равнозначно применению ассоциационных кодов.

В настоящее время закон Ома играет роль основного кода только приближенно, главным образом для металлов.

Если основной код основывается на сложных операциях, удобнее пользоваться ассоциационными кодами. Именно по этим соображениям и применяются, например, математические таблицы степеней, корней, тригонометрических функций и т. п., хотя известны операции, с помощью которых эти величины могут быть найдены.

Особенно хорошо это видно на примере таблиц логарифмов. В таблицах логарифмов (ассоциационные коды) указываются лишь мантиссы, так как их вычисление сложно. Целые же части логарифмов не даются, так как их вычисление основано на очень простом основном коде: как известно, целая часть логарифма на единицу меньше числа цифр в логарифмируемом числе.

Чем больше множество ассоциационных кодов, тем трудней им пользоваться, так как, хотя нахождение образа для данного оригинала и не вызывает затруднений, перед этим надо найти ассоциацию этих сообщений. Например, для слова на каком-либо языке не составит труда прочитать написанное рядом слово на другом языке, но перед этим надо найти в словаре то место, где находятся оба эти слова, что сделать тем труднее, чем больше объем словаря. С регистрационных карточек легко считать требуемые данные, но перед этим надо эти карточки отыскать, что тем труднее сделать, чем больше картотека.

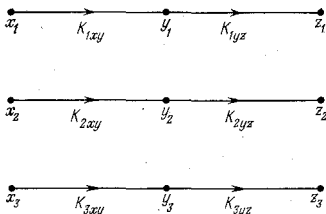
Так как для этого рода сообщений нет основных кодов, единственная возможность ускорения пользования ассоциационными кодами — механизация поиска.

Этим как раз и объясняется все более широкое использование статистических, а также цифровых вычислительных машин для извлечения пользы из больших множеств ассоциационных кодов.

Вообще можно сказать, что чем больше множество ассоциационных кодов, тем целесообразнее заменить его основным кодом, а чем сложнее основной код, тем полезнее заменить его множеством ассоциационных кодов.

Отсюда следует, что наиболее выгодна ситуация, когда большое множество ассоциационных кодов можно заменить простым основным кодом. Наименее выгодная ситуация — замена сложным основным кодом небольшого числа ассоциационных кодов.

О п р е д е л е н и е 5. 13 Кодовая цепь — цепь преобразований продольного множества сообщений.



Ф и г. 5. 1. Кодовые цепи в цепи управления.

На фиг. 5.1 имеются следующие кодовые цепи:

- кодовая цепь 1: $x_1 - y_1 - z_1$;
 кодовая цепь 2: $x_2 - y_2 - z_2$;
 кодовая цепь 3: $x_3 - y_3 - z_3$.

Вторичное сообщение y_1 кодовой ассоциации $x_1 - y_1$ является одновременно первичным сообщением кодовой ассоциации $y_1 - z_1$, вторичное сообщение y_2 кодовой ассоциации $x_2 - y_2$ является одновременно первичным сообщением кодовой ассоциации $y_2 - z_2$ и т. д.

О п р е д е л е н и е 5. 14. Результирующий код — результирующее преобразование последовательных кодов в кодовой цепи.

Например, если в кодовой цепи $x_1 - y_1 - z_1$ (фиг. 5.1) имеются коды $x_1 K_{1xy} y_1$, $y_1 K_{1yz} z_1$, то их результирующим кодом является

$$x_1 K_{1xy} K_{1yz} z_1$$

или, что то же,

$$K_{1yz} K_{1xy} x_1 = z_1.$$

Теорема 5.1. В кодовой цепи код, представляющий собой преобразование первого сообщения в последнее, является результирующим кодом последовательных кодов.

Доказательство. Если для кодовой цепи $x_1 - y_1 - z_1$ даны коды

$$K_{1xy} x_1 = y_1, \quad (5.1)$$

$$K_{1yz} y_1 = z_1, \quad (5.2)$$

то, действуя как в случае теоремы 4.2, получаем результирующий код

$$K_{1xz} x_1 = K_{1yz} K_{1xy} x_1. \quad (5.3)$$

Этот результат можно обобщить на произвольное число сообщений в кодовой цепи.

В кодовой цепи типа оригинал — промежуточное сообщение — образ можно получить образ, применяя сначала код кодовой ассоциации оригинал — промежуточное сообщение, а затем код кодовой ассоциации промежуточное сообщение — образ. Однако, согласно теореме 5.1, применяя результирующий код этих обоих кодов, можно из оригинала сразу получить образ.

Теорема 5.2. Результирующий код двух кодов, из которых второй обратен первому, является тривиальным кодом.

Доказательство. Если даны кодовая ассоциация $x_1 - y_1$, код

$$K_{1xy} x_1 = y_1 \quad (5.4)$$

и обратный ему код

$$K_{1yx} y_1 = x_1, \quad (5.5)$$

то, действуя как в случае теоремы 4.3, получаем

$$K_{1yx} K_{1xy} x_1 = x_1. \quad (5.6)$$

Практическое значение теоремы 5.2 состоит в том, что если с помощью определенного кода из оригинала получается отличное от него промежуточное сообщение, то, применяя обратный код, можно из этого промежуточного сообщения получить образ, совпадающий с оригиналом. Например, при копировании фильма позитив (оригинал) преобразуется в негатив (промежуточное сообщение), с которого обратное преобразование позволяет получить следующий позитив (образ).

В телефонной связи применяются коды преобразования звуков языка в электрические токи в микрофоне говорящего абонента и обратные коды преобразования электрических токов в звуки речи в телефонной трубке слушающего абонента.

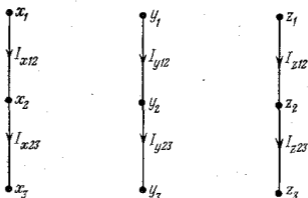
В разведывательной службе агент преобразует оригиналы из привычной записи с помощью не известных посторонним кодов (шифрование) в промежуточные сообщения (шифровки), а потом эти промежуточные сообщения преобразуются адресатом с помощью обратных кодов (дешифрирование), в результате чего снова получают образы в обычной записи, не отличающиеся от оригиналов. Непосвященный, который хотел бы расшифровать сообщение, должен был бы сначала открыть примененный код (шифр).

Не следует думать, что при введении большого числа множеств промежуточных сообщений, т. е. при использовании определенного кода для перехода от множества оригиналов к первому множеству промежуточных сообщений, затем другого кода для перехода от первого множества промежуточных сообщений ко второму множеству промежуточных сообщений и т. д., непосвященному было бы труднее раскрыть такую совокупность многих последовательных кодов, чем один-единственный код. Даже если использовать несколько десятков последовательных кодов, для дешифровщика это будет всегда одним кодом, а именно, случайным кодом, преобразующим множество оригиналов в последнее множество промежуточных сообщений, вследствие чего задача сводится к отысканию кода, обратного результирующему, чтобы от последнего множества промежуточных сообщений перейти к множеству образов.

ИНФОРМАЦИЯ

Общие понятия гл. 4 можно также применить к поперечной последовательности сообщений. В связи с этим введем следующие термины.

Определение 6.1. Информационная ассоциация — ассоциация сообщений из поперечного множества сообщений.



Фиг 6.1. Информационные цепи в цепи управления.

Например, в цепи управления, представленной на фиг. 6.1, имеются следующие информационные ассоциации:

$$\begin{array}{lll} x_1 - x_2, & x_2 - x_3, & x_1 - x_3, \\ y_1 - y_2, & y_2 - y_3, & y_1 - y_3, \\ z_1 - z_2, & z_2 - z_3, & z_1 - z_3. \end{array}$$

Определение 6.2. Информация — преобразование одного сообщения информационной ассоциации в другое сообщение той же ассоциации.

Информацию мы будем обозначать точно так же, как мы обозначали преобразование в гл. 4, только вместо символа T будем применять символ I .

На фиг. 6.1 информации I_{x12} , I_{x23} и т. д., I_{y12} , I_{y23} и т. д. изображены стрелками.

Информация характеризует информационную ассоциацию как преобразование, которому следует подвергнуть одно сообщение, чтобы получить другое сообщение той же ассоциации.

В этом смысле можно говорить, что информационная ассоциация содержит информацию.

Определение 6.3. Нетривиальная информация — информация, соответствующая нетривиальному преобразованию.

Определение 6.4. Тривиальная информация — информация, соответствующая тривиальному преобразованию.

Определение 6.5. Тождественная информация — информация, соответствующая тождественному преобразованию.

Определение 6.6. Равнозначная информация — информация, соответствующая равнозначному преобразованию.

Каждое состояние может претерпеть изменение, причем первичное состояние и измененное состояние образуют ассоциацию, содержащую нетривиальную информацию, если же состояние не изменяется или измененное состояние не отличается от первичного, то образуется ассоциация, содержащая тривиальную информацию. В общем случае тривиальная информация содержится в ассоциации неразличимых сообщений.

В конкретных случаях можно утверждать, что причиной неразличимости сообщений является их тождественность или одинаковость; например когда последовательно наблюдаются два весьма сходных друг с другом предмета, которые невозможно различить (равнозначная информация), или когда в обоих случаях наблюдается один и тот же предмет (тождественная информация).

Определение 6.7. Обратная информация к информации, получаемой в результате преобразования первичного сообщения во вторичное, — информация, соответствующая такому преобразованию, применение которого ко вторичному сообщению дало бы первичное сообщение той же ассоциации.

Определение 6.8. Информационная цепь — цепь, образованная из сообщений поперечного множества сообщений.

На фиг. 6.1 представлены следующие информационные цепи:

$$\begin{array}{ll} \text{информационная цепь } x: & x_1 - x_2 - x_3, \\ \text{информационная цепь } y: & y_1 - y_2 - y_3, \\ \text{информационная цепь } z: & z_1 - z_2 - z_3. \end{array}$$

Вторичное сообщение x_2 информационной ассоциации $x_1 - x_2$ является одновременно первичным сообщением информационной ассоциации $x_2 - x_3$. Вторичное сообщение x_3 информационной ассоциации $x_2 - x_3$ было бы одновременно первичным сообщением информационной ассоциации $x_3 - x_4$ и т. д.

В соответствии с этим в том месте контура управления, где имеется информационная цепь, можно различить цепь оригиналов, цепь промежуточных сообщений и цепь образов.

Очередность сообщений в информационной цепи произвольная. Употребление определенных общепринятых способов упорядочения сообщений, например по времени или по направлению движения, диктуется только соображениями удобства их использования.

Например, при измерении температуры цепью оригиналов можно считать величину температуры в последовательные минуты времени, а цепью образов — соответствующую последовательность показаний термометра.

При рассматривании образа на экране телевизора информационной цепью естественно было бы считать состояния точек мозаики экрана в последовательности высвечивания их электронным лучом на определенных строках развертки. Конечно, возможна и иная очередность, не ограниченная указанными физическими соображениями.

При рассматривании картины, фотографии, географической карты и т. д. как некоторого образа нельзя отдать предпочтение какому-то одному способу упорядочения по сравнению с другим. Существенно только, чтобы при выборе определенной последовательности (очередности) сообщений для информационной цепи в определенном попе-

речном множестве сообщений та же очередность сообщений сохранилась и для информационной цепи другого попережного множества сообщений того же контура управления. Например, рассматривая цепь сообщений, которыми считаются расстояния между Варшавой, Парижем, Лондоном и Стокгольмом, следует на карте принимать во внимание лишь цепь расстояний между пунктами, соответствующими этим городам.

Для игры на фортепиано можно рассматривать определенную информационную цепь, составленную из нот музыкального произведения, но такую же последовательность следует соблюдать и при рассмотрении информационной цепи, образованной нажатыми клавишами, или информационной цепи, составленной из полученных при этом звуков.

Таким образом, последовательность (очередность) сообщений в информационной цепи — это то же самое, что и последовательность кодовых цепей, к которым эти сообщения принадлежат.

О п р е д е л е н и е 6. 9. Результирующая информация — результирующее преобразование последовательных информаций в информационной цепи.

Например, если в информационной цепи $x_1 - x_2 - x_3$ (фиг. 6.1) имеются информаций $x_1 I_{x_{12}} x_2$, $x_2 I_{x_{23}} x_3$, то их результирующей информацией будет

$$x_1 I_{x_{12}} I_{x_{23}} x_3$$

или, иначе,

$$I_{x_{23}} I_{x_{12}} x_1 = x_3.$$

Теорема 6. 1. В информационной цепи информация, состоящая в преобразовании первого сообщения в последнее, является результирующей информацией последовательных информаций.

Д о к а з а т е л ь с т в о. Если для информационной цепи $x_1 - x_2 - x_3$ дана информация

$$I_{x_{12}} x_1 = x_2, \quad (6.1)$$

$$I_{x_{23}} x_2 = x_3, \quad (6.2)$$

то, поступая подобно тому, как мы это делали при доказательстве теоремы 4. 2, получаем результирующую ин-

формацию

$$I_{x_{13}} x_1 = I_{x_{23}} I_{x_{12}} x_1. \quad (6.3)$$

Этот результат можно распространить на любое число сообщений в информационной цепи.

С практической точки зрения существенным в данном утверждении является то, что при отыскании информации, содержащихся в множестве сообщений, некоторые из них можно получить из оставшихся информации как их результирующую.

Например, если для трех различных тел с помощью измерений установлено, что температура второго тела на 30°C выше температуры первого тела, а температура третьего тела на 50°C выше температуры второго тела, то нам без дальнейших измерений известно, что температура третьего тела на 80°C выше температуры первого тела.

Теорема 6.2. Результирующая информация двух информаций, из которых вторая обратна первой, является тривиальной информацией.

Доказательство. Если даны ассоциация $x_1 - x_2$, информация

$$I_{x_{12}} x_1 = x_2 \quad (6.4)$$

и обратная ей информация

$$I_{x_{21}} x_2 = x_1, \quad (6.5)$$

то, поступая подобно тому, как это делалось при доказательстве теоремы 4.3, получим

$$I_{x_{21}} I_{x_{12}} x_1 = x_1. \quad (6.6)$$

Практическое значение теоремы 6.2 связано с тем, что, если после определенного изменения наступает обратное изменение, полученное состояние не отличается от первичного, в силу чего нет возможности получить какую-либо информацию о происшедшем.

Поэтому, например, опытный преступник старается стереть следы на предметах, которых он касался на месте преступления.

Необратимость физических процессов может быть, однако, нежелательной, когда хотят получить тривиальную

информацию. Например, в испытаниях на механическую прочность материалов, особенно в так называемых разрушающих испытаниях, после испытаний нельзя вернуть материал в первоначальное состояние, вследствие чего для каждого измерения необходимо иметь новые образцы.

О п р е д е л е н и е 6. 10. Операционная информация — информация, полученная в результате операционного преобразования.

О п р е д е л е н и е 6. 11. Обратная операционная информация — операционное преобразование, обратное данной операционной информации.

Например, при измерениях преимущественно используются операционные информации, в которых родом операции является умножение, а параметром операции — число, показывающее, во сколько раз измеренная величина больше единицы измерения. Здесь имеет место информационная ассоциация, в которой единица измерений — первичное сообщение, а результат измерения — вторичное сообщение. Так, например, если в результате взвешивания какого-то тела оказалось, что его масса равна 5 кг, то это операционная информация: $5x_1 = x_2$, причем первичное сообщение $x_1 = 1$ кг — единица массы, а вторичное сообщение $x_2 = 5$ кг — результат измерения массы тела.

В обратной к описанной выше операционной информации род операции — умножение, параметр операции — число, показывающее, во сколько раз единица измерения меньше измеренной величины. Информация такого рода, например, имеет место при определении метра как $1/40\,000\,000$ длины меридиана Земли.

Утверждение, что Стокгольм расположен на 1300 км севернее Будапешта — операционная информация, где род операции сложение, параметр операции — расстояние 1300 км, первичное сообщение — удаленность Будапешта от точки отсчета в направлении юг — север, а вторичное сообщение — удаленность Стокгольма от той же точки отсчета. Обратной информационной информацией является утверждение, что Будапешт расположен на 1300 км южнее Стокгольма.

Операционными информацией являются также изменения слов при склонении, спряжении и т. д. Например,

переход от единственного к множественному числу (мост—мосты) — операционная информация, в которой операция — дописывание буквы, а параметр — буква «ы». Переход от множественного числа к единственному «мосты — мост» — обратная операционная информация, в которой операция — вычеркивание, а параметр — буква «ы». Подобного рода операции приводятся в словарях.

При выражении информации языковыми средствами не всегда выделяются четыре основных элемента преобразований: первичное сообщение, род операции, параметр операции, вторичное сообщение, — так как при формировании структуры различных языков это свойство информации не учитывалось.

Например, можно считать, что в выражении «Ян заболел» имеются только первичное сообщение и род операции, но на самом деле это выражение есть не что иное, как «здоровый Ян стал больным Яном», где уже совершенно ясно видны оба сообщения информационной ассоциации. Что касается параметра операции, то он представлен в этом случае совершенной формой «заболел», что означает, что процесс ухудшения здоровья достиг уровня, который считается болезнью.

Так же и выражение «кипячение воды» содержит информацию, основанную на следующих элементах: вода с температурой ниже температуры кипения (первичное сообщение), нагревается (род операции), до температуры кипения (параметр операции), вода с температурой кипения (вторичное сообщение).

Даже односложное предложение «светает» содержит операционную информацию, основанную на всех четырех элементах преобразования — в нем идет речь о том, что положение солнца ниже горизонта становится положением солнца выше горизонта.

О п р е д е л е н и е 6. 12. Основная информация — операционная информация, одинаковая для всех последовательных ассоциаций информационной цепи.

О п р е д е л е н и е 6. 13. Обратная основная информация — обратное основное преобразование данной основной информации.

Если для какой-либо информационной цепи удастся найти основную информацию или если множество различ-

ных операционных информаций

$$\begin{aligned} I_{x_1 x_2} x_1 &= x_2, \\ I_{x_2 x_3} x_2 &= x_3, \\ I_{x_3 x_4} x_3 &= x_4, \\ &\dots, \end{aligned}$$

становится множеством одинаковых операционных информаций

$$\begin{aligned} I_x x_1 &= x_2, \\ I_x x_2 &= x_3, \\ I_x x_3 &= x_4, \\ &\dots, \end{aligned}$$

это всегда можно представить в виде рекуррентного соотношения

$$I_x x_n = x_{n+1},$$

в котором I_x — основная информация.

Подобным же образом можно представить множество обратных операционных информаций, что, однако, не имеет практического значения вследствие произвольности нумерации сообщений в поперечных множествах сообщений.

Например, арифметическая прогрессия является множеством сообщений с основной информацией

$$x_n + d = x_{n+1},$$

в которой род операции — сложение, а параметр — разность d .

Геометрическая прогрессия также есть множество сообщений с основной информацией

$$q x_n = x_{n+1},$$

в которой род операции — умножение, а параметром операции является знаменатель прогрессии q .

Информация, содержащаяся в информационной ассоциации, образованной от первого сообщения x_1 и некоторого сообщения x_n , является результирующей информацией $n - 1$ последовательных основных информаций I_x

$$I_x^{n-1} x_1 = x_n.$$

Для описания основной информации чаще всего применяется именно такой общий вид. Так, для арифметической прогрессии имеем

$$x_1 + (n - 1)d = x_n,$$

а для геометрической прогрессии

$$q^{n-1} x_1 = x_n.$$

Использование основных информации удобно потому, что, если известно хотя бы одно сообщение из множества, к которому относится основная информация, можно найти любое сообщение данного множества.

В отличие от рассуждений в области математики, где множества описываются в соответствии с заранее заданной основной информацией, в рассуждениях, касающихся явлений реальной действительности, требуется сначала найти основную информацию. Как уже говорилось в гл. 4 в связи с операционными преобразованиями, для этой цели необходимо найти род и параметр всех операций, на которых основана искомая основная информация. В наилучшем случае, когда основная информация является однооперационным преобразованием, необходимо найти два элемента, т. е. род операции и параметр операции. Поиск основной информации основывается на том, что вначале предполагается определенным род операции, после чего на основе нескольких очередных сообщений в информационной цепи определяется параметр операции, который затем проверяется во всех остальных ассоциациях. Если предложенный параметр операции не соответствует истинному, необходимо взять иной род операции и повторять эти процедуры до тех пор, пока не будут найдены такие род и параметр операции, при которых описанная только что основная информация окажется подтвержденной во всех последовательных ассоциациях сообщений информационной цепи.

Поиск основной информации может оказаться нелегким делом, если ее не удастся найти перебором простейших преобразований. Тогда нужно взять преобразование с большим числом операций. При n операциях необходимо взять n родов операций и $n - 1$ параметров операции и на их основе искать оставшийся параметр операции.

В очень коротких информационных цепях, составленных, например, только из двух ассоциаций, может оказаться достаточно много основных информаций. С ростом числа ассоциаций в информационной цепи число основных информаций уменьшается. При достаточно большом числе ассоциаций может оказаться, что существует только одна основная информация или же вовсе не имеется ни одной основной информации.

Это положение можно проиллюстрировать следующим примером. Для информационной цепи

$$x_1 = 1,$$

$$x_2 = 2,$$

$$x_3 = 3$$

в качестве основной информации естественно взять

$$x_n + 1 = x_{n+1};$$

однако, кроме нее, с таким же успехом можно взять и другие информции, например

$$(x_n - 1)^2 + 2 = x_{n+1},$$

$$(x_n - 2)^3 + 3 = x_{n+1}.$$

Если выбрать информационную цепь вида

$$x_1 = 1,$$

$$x_2 = 2,$$

$$x_3 = 3,$$

$$x_4 = 4,$$

то все еще будут верны две основные информции:

$$x_n + 1 = x_{n+1},$$

$$(x_n - 2)^3 + 3 = x_{n+1}.$$

Лишь для информационной цепи

$$x_1 = 1,$$

$$x_2 = 2,$$

$$x_3 = 3,$$

$$x_4 = 4,$$

$$x_5 = 5$$

остается (среди выше приведенных) только одна основная информация

$$x_n + 1 = x_{n+1}.$$

Она не перестает быть основной информацией и при дополнении информационной цепи сообщениями $x_6 = 6$, $x_7 = 7$, $x_8 = 8$ и т. д., что само собой очевидно, так как получение новых сообщений путем прибавления единицы опирается на принцип, выражаемый данной основной информацией.

Отыскание основной информации в физических явлениях — дело трудное, так как физические данные всегда основываются на измерениях, сопряженных с погрешностями. Вследствие этого всегда может возникнуть сомнение относительно того, вызвано ли расхождение при определении параметров операции неверным предположением об основной информации или только ошибками измерений.

Пользоваться основной информацией настолько удобно, что ее стремятся найти хотя бы в небольших подмножествах множеств сообщений и даже иногда предпочитают иметь приближенную информацию, лишь бы она носила характер основной. Например, для группы точек — результатов измерений подбирается подходящая аппроксимирующая зависимость, хотя известно, что применять ее в других случаях будет невозможно; когда же и этого сделать нельзя, стремятся вычертить кривые на графиках так, чтобы они имели хоть какой-либо смысл.

Конкретным проявлением этих попыток аппроксимации является аппроксимация статистических данных по методу максимума правдоподобия.

В качестве примера использования основной информации применительно к структуре числовых сообщений можно указать на операционную информацию «дописывания нуля» при умножении на 10 в десятичной системе счисления. На основе этой информации можно создать, например, цепочку сообщений: 1, 10, 100, 1000 и т. д. Такая же основная

информация получается при умножении на 100, на 1000 и т. д. Правило сдвига запятой в десятичных дробях также относится к этому роду основных информаций.

В то же время по отношению к структуре слов роль основной информации не существенна. Одним из немногочисленных примеров является информация «приписывания приставки пра-» в начале слов, например: внук, правнук, праправнук и т. д.; из новых слов такова цепь сообщений: информация, метаинформация, метаметаинформация и т. д.

О п р е д е л е н и е 6.14. Ассоциационная информация — информация, которая соответствует ассоциационному преобразованию.

В информационной ассоциации x_1 — x_2 имеется ассоциационная информация:

Сообщению x_1 соответствует сообщение x_2

и обратная ей ассоциационная информация:

Сообщению x_2 соответствует сообщение x_1 .

На практике употребление ассоциационной информации наиболее уместно, когда информационная цепь состоит из одной информационной ассоциации, так как при этом получается информационная однозначность.

Например, при пользовании таблицей квадратов:

Оригинал	Образ
1	1
2	4
3	9
4	16
5	25

и т. д.

достаточно сказать, что из колонки квадратов следует взять число (образ), соответствующее (ассоциационный код) числу 2 (оригинал). Им может быть только число 4. Однако недостаточно сказать, что из первой колонки чисел следует взять число (оригинал), соответствующее (ассоциационная информация) числу 2 (оригинал), так как чисел в колонке много.

Подобная ситуация наблюдается при пользовании двуязычным словарем, например француско-английским. До-

статочно указать, что необходимо найти английское слово, соответствующее французскому «joug», чтобы получить из этого словаря слово «day». В то же время, если имеется указание найти французское слово, которое соответствует французскому слову «joug», то этого указания будет недостаточно, ибо словарь содержит огромное количество французских слов.

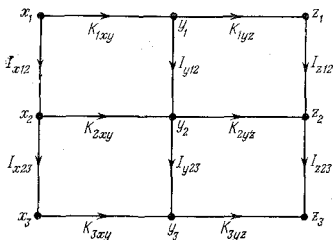
Такие затруднения не возникают, если множество оригиналов (подобно множеству сигналов или образов) состоит только из двух сообщений. Если из двух сообщений x_1 и x_2 одно сообщение задано и задана ассоциационная информация, по которой надо найти соответствующее сообщение x_1 , то им может быть только сообщение x_2 .

Например, не возникает сомнений относительно того, что «решке» соответствует «орел», нечетному числу — четное, слову «да» — слово «нет» и т. д.

Этим же можно объяснить и появление понятия единицы количества информации «бит». Оно основано на делении числа случаев пополам, затем выбранной части снова пополам и т. д. При каждом таком делении роль играет лишь одна ассоциация, благодаря чему ассоциационной информации оказывается достаточно и нет необходимости привлекать операционные информации.

ИНФОРМИРОВАНИЕ

Исследование, проведенное в гл. 5 и 6, показывает, что сообщения в процессе управления можно трактовать двояким образом: как множество кодовых цепей и как множество информационных цепей (фиг. 7.1).



Фиг. 7.1. Кодовые и информационные цепи в цепи управления.

Следует заметить, что если речь идет только о преобразовании, то между кодами и информацией нет никакой разницы. В одном и том же множестве сообщений можно с равным успехом считать, что преобразуется одна информационная цепь в другую, другая — в третью и т. д. или же, что преобразуется одна кодовая цепь в другую, другая в третью и т. д.

Эта двойственность, однако, исчезает, как только мы принимаем во внимание, что сообщения передаются в определенной цепи управления. Это обстоятельство приводит к появлению весьма существенного различия: к наличию преобразования вдоль цепи управления (коды) и преобразования поперек цепи управления (информации).

Воздействие в процессе управления, как влияние источника воздействия на объект (приемник) воздействия, т. е. воздействие вдоль цепи управления, является преобразованием информационных цепей, а именно цепи оригиналов в последовательные цепи промежуточных сообщений до создания цепи образов, причем определенные оригиналы, полученные из них промежуточные сообщения и образы образуют кодовую цепь.

Преобразование же информационных цепей является одновременно и преобразованием содержащейся в них информации: информация цепи оригиналов преобразуется в информацию последовательных цепей промежуточных сообщений и наконец в информацию цепи образов. На этой основе можно сформулировать следующие определения.

О п р е д е л е н и е 7. 1. Информирование — преобразование информации, содержащейся в цепи оригиналов, в информацию цепи образов.

Например, информированием является преобразование измеряемой величины в показания измерительного прибора, преобразование расположения участков местности в расположение тех же участков на карте этой местности.

Легко заметить, что множество сообщений в канале управления должно содержать по меньшей мере 4 сообщения — 2 оригинала и 2 образа. Обычно в простейшем случае информирование основывается на преобразовании информации ассоциации оригиналов в информацию ассоциации образов.

Чтобы придать нашим рассуждениям достаточную общность, будем, кроме оригиналов и образов, рассматривать также и промежуточные сообщения.

Связь между информацией, содержащейся в ассоциации образов, и информацией, содержащейся в ассоциации промежуточных сообщений (фиг. 7. 2), удастся установить на основе следующей теоремы.

Теорема 7. 1. Информация, содержащаяся в ассоциации образов, является результирующей трех информаций: 1) кода, обратного коду, преобразующему первичный оригинал в первичный образ; 2) информации, содержащейся в ассоциации оригиналов; 3) кода, преобразующего вторичный оригинал во вторичный образ.

Доказательство. Даны (фиг. 7. 2): ассоциации оригиналов x_1, x_2 , ассоциация промежуточных сообщений y_1, y_2 , ассоциации образов z_1, z_2 , коды

$$K_{1xy} x_1 = y_1, \quad (7.1)$$

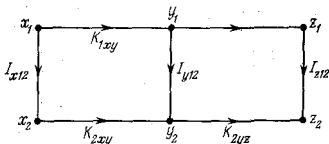
$$K_{2xy} x_2 = y_2, \quad (7.2)$$

$$K_{1yz} y_1 = z_1, \quad (7.3)$$

$$K_{2yz} y_2 = z_2, \quad (7.4)$$

и информация

$$I_{x12} x_1 = x_2. \quad (7.5)$$



Ф и г. 7.2. Информирование в общем случае.

Требуется найти информации

$$I_{y12} x_1 = y_2 \quad (7.6)$$

и

$$I_{z12} z_1 = z_2. \quad (7.7)$$

Из теоремы 4. 2 следует, что преобразование промежуточного сообщения y_1 в промежуточное сообщение y_2 является результирующим преобразованием кода K_{1yx} , обратного коду K_{1xy} , информации I_{x12} и кода K_{2xy}

$$K_{2xy} I_{x12} K_{1yx} y_1 = y_2. \quad (7.8)$$

Из сравнения (7.6) и (7.8) получаем

$$I_{y12} = K_{2xy} I_{x12} K_{1yx}. \quad (7.9)$$

Кроме того, из теоремы 4.2 следует, что преобразование образа z_1 в образ z_2 есть результирующее преобразование

кода K_{1zy} , обратного коду K_{1yz} , информации I_{y1z} и кода K_{2yz} :

$$K_{2yz} I_{y1z} K_{1zy} z_1 = z_2. \quad (7.10)$$

Из сравнения (7.7) и (7.10) получаем

$$I_{z12} = K_{2yz} I_{y1z} K_{1zy}. \quad (7.11)$$

Наконец, из теоремы 4.2 следует, что преобразование образа z_1 в образ z_2 является результирующим преобразованием кода K_{1zy} , обратного коду K_{1yz} , кода K_{1yx} , обратного коду K_{1xy} , информации I_{x1z} , кода K_{2xy} и кода K_{2yz} :

$$K_{2yz} K_{2xy} I_{x1z} K_{1yx} K_{1zy} z_1 = z_2. \quad (7.12)$$

Из сравнения (7.7) и 7.12) окончательно получаем

$$I_{z12} = K_{2yz} K_{2xy} I_{x1z} K_{1yx} K_{1zy}. \quad (7.13)$$

Этот результат можно распространить на произвольное число ассоциаций в кодовой цепи.

Если на выходе управляемой системы имеется ассоциация оригиналов x_1, x_2 , а на входе управляющей системы ассоциация образов z_1, z_2 , то состояние управляющей системы зависит от информации I_{z12} , а не от информации I_{x1z} , недоступной для этой системы в силу наличия цепи управления, причем информации I_{z12} и I_{x1z} могут быть как одинаковыми (соответствие информаций), так и различными (несоответствие информаций).

Как следствие из (7.13) можно утверждать, что соответствие между информацией зависит от выбора кодов.

В предыдущих рассуждениях кодовая цепь изучалась как самостоятельный элемент цепи управления, расположенный между образами и оригиналами, и не рассматривались вопросы его разветвления и соединения.

Однако, кроме изученных случаев, могут существовать ситуации, в которых кодовая цепь не выступает как самостоятельный элемент (гл. 9), или же случаи, в которых кодовые цепи не завершены. В этих ситуациях наблюдается увеличение или уменьшение информации, что можно понять введя следующие определения.

О п р е д е л е н и е 7. 2. Симуляционное информирование — такое информирование, при котором множество

образов содержит больше нетривиальной информации, чем их содержит множество оригиналов.

О п р е д е л е н и е 7. 3. Диссимуляционное информирование — информирование, при котором множество образов содержит меньше нетривиальной информации, чем их содержит множество оригиналов.

О п р е д е л е н и е 7. 4. Конфузионное информирование — информирование, образованное из симуляционного и диссимуляционного информирований.

Закljučая общие рассуждения об информировании, полезно вспомнить разницу между энергоматериальными и структурными процессами. Воспользовавшись терминологией предыдущих разделов, можно сказать, что с энергоматериальной точки зрения процесс управления основывается на преобразованиях оригиналов в образы, в то время как со структурной точки зрения процесс управления основан на преобразованиях преобразований оригиналов в преобразования образов.

Например, с энергоматериальной точки зрения измерение основано на том, что при определенном значении измеряемой величины (оригинал) возникают определенные силы, под влиянием которых стрелка измерительного прибора занимает определенное положение, в то время как с точки зрения структурной теории измерение основано на том, что при изменении измеряемой величины в определенных пределах (информация, содержащаяся в множестве оригиналов) возникают соответствующие изменения в положении стрелки измерительного прибора (информация, содержащаяся в множестве образов). С энергоматериальной точки зрения действие измерительного прибора есть работа, со структурной же точки зрения действие прибора есть информирование.

Энергия расходуется как в процессах с совершением работы (например, при движении, нагревании и т. д.), так и в процессах управления, но между ними существует следующее различие: в рабочих процессах определенное количество энергии расходуется с целью выполнения какой-то работы (идеальным было бы расходование лишь такого количества энергии, которое теоретически необходимо, т. е. исключение потерь энергии), в процессах же управления целью является не работа, а информирование (идеальным

было бы информирование без всякого расхода энергии). В связи с этим, изучая контур управления, мы не интересуемся, как в нем расходуется энергия, а интересуемся лишь тем, что при этом происходит с информацией.

Необходимость различать энергоматериальные и структурные процессы возникла в физике отчасти в связи с изучением волнового движения. В случае волн, расходящихся по поверхности воды, часто приводимом в учебниках физики, вертикальное перемещение частиц воды считается процессом энергоматериальным, зависящим от материальной среды (в данном случае воды) и от энергии воздействующей силы. Горизонтальное же движение волн по поверхности воды — структурный процесс. Это не движение частиц воды, а движение формы поверхности воды, т. е. изменение геометрических соотношений между положениями определенных частиц воды.

Такого же рода структурным процессом является движение информации, основанное на том, что определенное изменение вначале появляется в множестве оригиналов, затем в ближайшем множестве промежуточных сообщений, затем в следующем множестве промежуточных сообщений и т. д. вплоть до множества образов.

Изучению соответствия между информацией, содержащимися в множестве оригиналов и в множестве образов, будет посвящена гл. 8.

ТРАНСИНФОРМИРОВАНИЕ

Как уже говорилось, задача управляющей системы — вызвать необходимые изменения в управляемой системе. Выполнение этой задачи должно основываться на осуществлении изменений на входе управляемой системы в зависимости от изменений на ее выходе. В действительности действие управляющей системы основано на возникновении изменений на ее собственном выходе в зависимости от изменений на ее входе. Чтобы управляющая система выполняла свою роль, изменения на ее входе должны быть такими же, как и изменения на выходе управляемой системы, а изменения на входе управляемой системы — такие же, как и на выходе управляющей системы.

В свете сказанного выше такие условия равнозначны требованию, чтобы информация на конце каждой управляющей цепи в контуре управления, т.е. информация в множестве оригиналов, была бы такой же, как информация в начале той же управляющей цепи, т.е. информация в множестве образов.

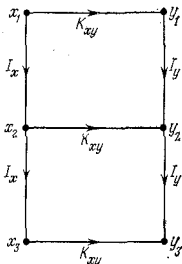
Определение 8. 1. **Трансформирование** — информирование, в котором информация в множестве образов такая же, как информация в множестве оригиналов.

Проще говоря, трансформирование — это правильное информирование. Информирование становится трансформированием, если уравнение (7.13) приобретает вид

$$I_{z12} = I_{x12}. \quad (8.1)$$

Утверждение об одинаковости информации означает для операционных информаций, что они являются операционными преобразованиями с одинаковыми операциями, а для ассоциационных информаций — что это ассоциационные преобразования с одинаковыми первичными и вторичными сообщениями.

Если операционная информация в последовательных ассоциациях цепи оригиналов одинакова, т. е. если в цепи оригиналов содержится основная информация, то цепь образов содержит основную информацию (фиг. 8.1), если выполнены условия следующей теоремы.



Фиг. 8.1. Информирование в случае основного кода и основной информации.

На основании (7.9) можно записать

$$I_{y12} = K_{2xy} I_{x12} K_{1yx}, \quad (8.4)$$

$$I_{y23} = K_{3xy} I_{x23} K_{2yx}, \quad (8.5)$$

а с учетом соотношений (8.2) и (8.3)

$$I_{y12} = K_{xy} I_x K_{yx}, \quad (8.6)$$

$$I_{y23} = K_{xy} I_x K_{yx}. \quad (8.7)$$

Сравнивая (8.6) и (8.7), получаем, что множество образов содержит основную информацию

$$I_{y12} = I_{y23} = I_y, \quad (8.8)$$

причем

$$I_y = K_{xy} I_x K_{yx}. \quad (8.9)$$

Теорема 8.1. Если при информировании с помощью основного кода множество оригиналов содержит основную информацию, множество образов также содержит основную информацию.

Доказательство. Даны: цепь оригиналов x_1, x_2, x_3 , цепь образов y_1, y_2, y_3 , основная информация

$$I_{x12} = I_{x23} = I_x \quad (8.2)$$

и основной код

$$K_{1xy} = K_{2xy} = K_{3xy} = K_{xy}. \quad (8.3)$$

Требуется найти информации I_{y12} и I_{y23} .

Применение теоремы 8.1 можно проиллюстрировать на следующем примере. Допустим, что для измерения напряжения используется вольтметр, в котором отклонение стрелки (y) пропорционально квадрату напряжения (x), причем коэффициент пропорциональности составляет 2 деления на вольт в квадрате. Мы имеем здесь, таким образом, основной код

$$2x_n^2 = y_n.$$

Последовательность измеряемых напряжений 1В, 2В, 3В, ... представляет цепь оригиналов, содержащую основную информацию

$$x_n + 1 = x_{n+1}.$$

Согласно формуле (8.9), к образу y_n следует применить основной обратный код (которым является деление на два и извлечение квадратного корня):

$$\sqrt{\frac{y_n}{2}},$$

затем преобразование, которым является основная информация, содержащаяся в цепи оригиналов (прибавление 1В):

$$\sqrt{\frac{y_n}{2}} + 1$$

и, наконец, основной код (возведение в квадрат и умножение на 2):

$$2 \left(\sqrt{\frac{y_n}{2}} + 1 \right)^2 = y_{n+1}.$$

Легко проверить, что цепь образов, полученных из оригиналов на основе кода

$$x_1 = 1В, \quad y_1 = 2 \cdot 1^2 = 2 \text{ деления};$$

$$x_2 = 2В, \quad y_2 = 2 \cdot 2^2 = 8 \text{ делений};$$

$$x_3 = 3В, \quad y_3 = 2 \cdot 3^2 = 18 \text{ делений}$$

и т. д.,

и т. д.,

действительно содержит определенную выше основную информацию, так как, если

$$y_1 = 2 \text{ деления,}$$

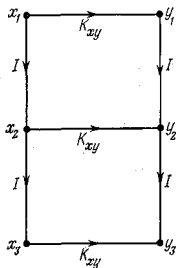
то

$$y_2 = 2 \left(\sqrt{\frac{2}{2}} + 1 \right)^2 = 8 \text{ делений,}$$

$$y_3 = 2 \left(\sqrt{\frac{8}{2}} + 1 \right)^2 = 18 \text{ делений}$$

и т. д.

В частном случае основная информация в цепи оригиналов может совпадать с основной информацией в цепи образов (фиг. 8.2), как это следует из теоремы 8.2.



Фиг. 8.2. Информирование в случае основного кода и основной информации как преобразования одинакового рода.

Теорема 8.2. Если основной код — однооперационное преобразование с того же рода операцией, как и основная информация, содержащаяся в цепи оригиналов, то такая же основная информация содержится и в цепи образов.

Доказательство. Эта теорема является частным случаем теоремы 8.1. Если основная информация I_x и основной код K_{xy} являются операционными преобразованиями с одинаковым родом операции, то порядок преобразований безразличен, поэтому (8.6) и (8.7) можно представить в виде

$$I_{y12} = K_{xy} K_{yx} I_x, \quad (8.10)$$

$$I_{y23} = K_{xy} K_{yx} I_x. \quad (8.11)$$

Согласно теореме 4.3, результирующий код кода K_{xy} и обратного кода K_{yx} является тривиальным кодом

$$K_{xy} K_{yx} = K^0, \quad (8.12)$$

ввиду чего из (8.10) и (8.11) следует

$$I_{y_{12}} = I_x, \quad (8.13)$$

$$I_{y_{23}} = I_x. \quad (8.14)$$

Сравнивая (8.13) и (8.14), получаем, что множество образов содержит основную информацию

$$I_{y_{12}} = I_{y_{23}} = I_y, \quad (8.15)$$

$$I_y = I_x = I. \quad (8.16)$$

Для иллюстрации применения теоремы 8.2 допустим, что вследствие систематической ошибки (например, ошибочной установки нуля) показания y вольтметра больше измеряемых напряжений (x) на 0,01 В. Таким образом, имеется основной код

$$x_n + 0,01 = y_n.$$

Последовательность измеряемых напряжений 1В, 2В, 3В, ... является цепью оригиналов, содержащей основную информацию

$$x_n + 1 = x_{n+1}.$$

В соответствии с (8.9) к образу y_n следует применить основной обратный код (здесь — вычитание 0,01 В)

$$y_n - 0,01,$$

затем преобразование, которым является основная информация, содержащаяся в цепи оригиналов (прибавление 1В),

$$y_n - 0,01 + 1$$

и, наконец, основной код (прибавление 0,01В)

$$y_n - 0,01 + 1 + 0,01,$$

что в результате дает основную информацию, содержащуюся в цепи образов

$$y_n - 0,01 + 1 + 0,01 = y_{n+1}$$

или

$$y_n + 1 = y_{n+1}.$$

Мы видим, что основная информация в цепи образов совпадает с основной информацией в цепи оригиналов, т. е. мы имеем здесь дело с трансинформированием. Это можно было и сразу предсказать на основании теоремы 8.2.

Из сопоставления оригиналов с образами, вычисленными на основании кода

$$x_1 = 1В, \quad y_1 = 1 + 0,01 = 1,01В;$$

$$x_2 = 2В, \quad y_2 = 2 + 0,01 = 2,01В;$$

$$x_3 = 3В, \quad y_3 = 3 + 0,01 = 3,01В$$

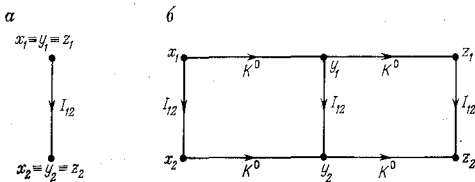
и т. д.,

и т. д.,

видно, что действительно основная информация в цепи образов такая же, как и в цепи оригиналов: если измеряемое напряжение возрастет на 1В, то и вольтмер покажет возрастание на 1В. Из-за неподходящего кода (наличие систематической ошибки) возникают несоответствия между оригиналами и образами, но не между информацией, содержащимися в цепи оригиналов и в цепи образов.

Перейдем теперь к определению условий, при которых формула (7.13) сводится к формуле (8.1) для информирования, основанного на преобразовании информации, содержащейся в ассоциации оригиналов, в информацию, содержащуюся в ассоциации образов (т. е. без требования наличия основной информации).

Простейшим является случай, когда все коды тривиальны (фиг. 8.3), как это следует из теоремы 8.3.



Фиг. 8.3. Тривиальное трансинформирование.

а - тождественное трансинформирование; б - равнозначное трансинформирование

Теорема 8.3. Если все коды в каждой кодовой цепи тривиальны, то информация, содержащаяся в ассоциации промежуточных сообщений, и информация, содержащаяся в ассоциации образов, совпадают с информацией, содержащейся в ассоциации оригиналов.

Доказательство. Даны: ассоциация оригиналов x_1, x_2 , ассоциация промежуточных сообщений y_1, y_2 , ассоциация образов z_1, z_2 , тривиальные коды

$$K_{1xy} = K^0, \quad (8.17)$$

$$K_{1yz} = K^0, \quad (8.18)$$

$$K_{2xy} = K^0, \quad (8.19)$$

$$K_{2yz} = K^0, \quad (8.20)$$

а также информация $I_{x_{12}}$. Требуется найти информации $I_{y_{12}}$ и $I_{z_{12}}$.

Из (7.9), (8.17) и (8.19) имеем

$$I_{y_{12}} = I_{x_{12}} = I_{12} \quad (8.21)$$

а из (7.13), (8.18) и (8.20) вытекает

$$I_{z_{12}} = I_{x_{12}} = I_{12}. \quad (8.22)$$

Из теоремы 8.3. следует, что одним из видов трансинформирования может быть информирование, основанное исключительно на тривиальных кодах.

Определение 8.2. Тривиальное трансинформирование — трансинформирование с помощью тривиальных кодов.

Как указывалось в гл. 5, тривиальные коды могут быть тождественными или равнозначными. Соответственно этому можно различать два вида тривиального трансинформирования.

Определение 8.3. Тожественное трансинформирование — тривиальное трансинформирование с помощью тождественных кодов.

Тожественное трансинформирование является особым видом трансинформирования, который получается в случае, когда выход управляемой системы является одновременно входом управляющей системы, т. е. когда управляю-

щая и управляемая системы соединены между собой без помощи цепей управления.

На практике тождественное трансинформирование возникает тогда, когда физические состояния одного и того же объекта играют одновременно роль оригиналов и образов (а также, очевидно, и промежуточных сообщений, но при данном виде трансинформирования выделение промежуточных сообщений лишено практического значения).

Наиболее распространенным способом тождественного трансинформирования является письменная корреспонденция. Текст письма является множеством оригиналов для отправителя и множеством образов для адресата.

Теоретически тождественное трансинформирование является наиболее надежным видом трансинформирования вследствие отсутствия в нем искажений информации, вызванных наличием цепи управления, и в этом отношении оно представляет большую ценность.

Например, в особенно важных случаях учреждения требуют представления оригиналов, а не копий документов. Историк литературы старается в архивах получить непосредственный доступ к рукописям древних авторов, так как печатные их копии могут быть не свободными от ошибок или даже содержать умышленные искажения, внесенные другими людьми. Дирекция картинной галереи тщательно проверяет, не является ли предлагаемое для приобретения произведение знаменитого художника подделкой. Собственноручно написанное завещание наследникам труднее обжаловать, чем завещание, написанное под диктовку, позволяющее выдвинуть обвинения в искажении воли завещателя, пропуске существенных подробностей и т. д.

Примером тождественного трансинформирования является также осмотр музеев, древних сооружений и т. д. Здесь объекты играют для посетителей роль множеств оригиналов, в которых они надеются найти более полную и надежную информацию, чем в множествах образов в виде цветных репродукций или описаний, искаженных вследствие личных симпатий их авторов и т. д.

Однако даже тождественное трансинформирование не является безусловно надежным, если от момента возникновения сообщений как оригиналов до момента, когда они используются в качестве образов, проходит много времени.

Например, старые книги или рукописи могут со временем оказаться поврежденными от действия влаги или химических веществ, остатки древних сооружений могут обвалиться и т. д. Понятно, что тогда их осмотр уже не будет тождественным трансинформированием, так как коды перестали быть тривиальными. Речь в этом случае может идти о тождественности лишь в обыденном смысле этого слова, подобно тому, как мы, например, говорим, что человек в течение всей своей жизни остается одним и тем же человеком.

Чтобы убедиться, действительно ли трансинформирование является тождественным, часто производится проверка тождественности сообщений, при этом множество сообщений сопоставляется с «контрольным» (или «эталонным») сообщением, тождественность которого несомненна или хотя бы менее сомнительна. Иначе говоря, сомнительное тождественное трансинформирование проверяется с помощью менее сомнительного тождественного трансинформирования.

Чаще всего таким контрольным сообщением является собственноручная подпись, которая ставится на письмах, квитанциях, удостоверениях и других документах подобного рода. Получатель документа, снабженного известной ему подписью отправителя, приобретает уверенность, что и весь документ является множеством оригиналов, исходящим от того же отправителя. Если подпись отправителя неизвестна получателю, часто необходимо подтверждение подписи заслуживающим доверия должностным лицом, и тогда подтверждение и подпись этого лица играют роль контрольного сообщения.

На служебных документах используются также контрольные сообщения в виде служебных печатей. Роль контрольных сообщений при проверке истинности картин играет химический состав красок, при идентификации преступников такую роль играют отпечатки их пальцев.

В научных исследованиях приходится пользоваться контрольными сообщениями в случаях, когда исследователь на определенное время теряет возможность наблюдения. Например, вещества, вводимые в человеческий организм с целью медицинской диагностики, окрашиваются для последующей их идентификации при рентгеновском исследовании. При исследовании поведения птиц используется их кольцевание; надетые на них кольца служат контрольными

сообщениями, благодаря которым становится возможной идентификации птиц, если они будут пойманы через некоторое время.

О п р е д е л е н и е 8. 4. Равнозначное трансинформирование — тривиальное трансинформирование с помощью равнозначных кодов.

Равнозначное трансинформирование имеется, например, при использовании соответствия между информацией, содержащейся в машинописном тексте, и его копией, полученной под копирку, в техническом чертеже и снятой с него копии, в картине и ее репродукции и т. д.

Примером из области метрологии может служить измерение длины с помощью штангенциркуля. Измеряемая длина является оригиналом. Расстояние между щечками штангенциркуля, отвечающее измеряемой длине, является образом. Соответствие этих двух длин является тривиальным кодом. Также тривиальным кодом является соответствие длины образца, принятого за единицу длины, с расстоянием между щечками штангенциркуля, соответствующим единице длины. Отсюда следует соответствие между информацией как отношением измеряемой длины к единице длины (информация, содержащаяся в ассоциации оригиналов) и информацией как отношением расстояния между щечками штангенциркуля при измерении данной длины к расстоянию между щечками, соответствующему единице длины (информация, содержащаяся в ассоциации образов). На этом основании длина, прочитанная на шкале штангенциркуля, принимается за результат измерения.

В качестве примера равнозначного трансинформирования можно также привести наследование основных признаков данного вида организмов.

Равнозначное трансинформирование часто принимает форму размножения (множественного воспроизведения), т. е. трансинформирования множества оригиналов в большую совокупность множеств образов с помощью тривиального кода. Благодаря этому возникает соответствие информации не только между множеством оригиналов и множеством образов, но и между одним множеством образов и другим. В связи с этим равнозначное трансинформирование происходит и тогда, когда одну копию принимают за множество оригиналов, а другую за множество образов, например

когда речь идет о различных экземплярах одной и той же книги, о различных фотографических отпечатках, полученных с одного негатива, о грамофонных пластинках с одной и той же записью и т. д.

На практике получение полного соответствия между оригиналами и образами невозможно, поэтому за «соответствующие» множеству оригиналов принимаются множества образов, с заданным приближением принадлежащие определенному классу.

При равнозначном трансинформировании еще больше, чем при тождественном, возникает необходимость проверки тривиальности использования кодов. Может, например, случиться, что полученная под копирку машинописная копия является копией с поддельного письма, что фотоотпечаток сделан по методу фотомонтажа, что с магнитофонной ленты стерта часть записи.

В качестве примера контрольного сообщения при равнозначном трансинформировании можно привести подтверждение соответствия копии и оригинала. Значение такого подтверждения вытекает из его тождественности, так как оно одновременно относится как к оригиналу, так и к копии, которые сравнимо друг с другом какое-то должностное лицо, удостоверяющее их тождественность. В этом случае с целью проверки сомнительно равнозначного трансинформирования оно дополняется более надежным тождественным трансинформированием.

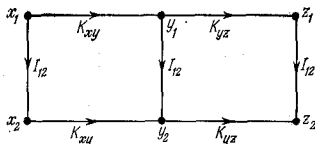
В старинных романах можно прочесть, как гонец, сообщавший тайные сведения, показывал перстень или какой-нибудь другой предмет, о котором получатель знал, что он принадлежит отправителю. Это было контрольное сообщение, служащее доказательством соответствия переданного гонцом сообщения тому, что хотел передать отправитель. Это также пример проверки равнозначного трансинформирования тождественным.

Несколько иной характер имеет контрольное сообщение в виде пароля, сообщаемого гонцом получателю. Разница здесь состоит в том, что не только сообщение, но и пароль является лишь повторением того, что гонец услышал от отправителя. Так как получатель знает пароль, то, проверив его правильность, он может считать, что и сообщение гонца верно повторяет поручение, данное ему отправителем.

Однако в данном случае роль контрольного сообщения основана не на его тождественности контролируемому сообщению, а на его одинаковости с этим сообщением. Пароль, названный получателю гонцом (образ), одинаков (тривиальный код) с паролем, названным гонцу отправителем (оригинал). Таким образом, с целью проверки сомнительно равнозначного трансинформирования оно дополняется более надежным равнозначным трансинформированием.

Рассмотрим теперь способы трансинформирования с помощью нетривиальных кодов.

Одним из таких способов является трансинформирование, при котором основные коды и информация, содержащаяся в ассоциации оригиналов, являются однооперационными преобразованиями с одинаковыми родами операций (фиг. 8.4). К этому случаю относится теорема 8.4.



Ф и г. 8.4. Аналоговое трансинформирование.

Теорема 8.4. Если основные коды являются однооперационными преобразованиями с операцией того же рода, что и информация в ассоциации оригиналов, то информация, содержащаяся в ассоциации промежуточных сообщений, и информация, содержащаяся в ассоциации образов, одинаковы с информацией, содержащейся в ассоциации оригиналов.

Доказательство. Даны: ассоциация оригиналов x_1, x_2 , ассоциация промежуточных сообщений y_1, y_2 , ассоциация образов z_1, z_2 , операционная информация $I_{x_{12}}$ и основные коды

$$K_{1xy} = K_{2xy} = K_{xy}, \quad (8.23)$$

$$K_{1yz} = K_{2yz} = K_{yz}, \quad (8.24)$$

причем информация I_{x12} и основные коды K_{xy} и K_{yz} являются преобразованиями с операциями одинакового рода. Требуется найти информации I_{y12} и I_{z12} .

Вследствие одинаковости родов операционных преобразований, порождающих основные коды K_{xy} и K_{zy} и информацию I_{x12} , мы можем произвольным образом изменять последовательность преобразований; поэтому (7.9) и (7.13) можно соответственно записать в виде

$$I_{y12} = K_{2xy} K_{1yx} I_{x12}, \quad (8.25)$$

$$I_{z12} = K_{2yz} K_{1zy} K_{2xy} K_{1yx} I_{x12}. \quad (8.26)$$

Учитывая (8.23) и (8.24), можно (8.25) и (8.26) соответственно записать в виде

$$I_{y12} = K_{xy} K_{yx} I_{x12}, \quad (8.27)$$

$$I_{z12} = K_{yz} K_{zy} K_{xy} K_{yx} I_{x12}. \quad (8.28)$$

Согласно теореме 4.3, результирующий код кода K_{xy} и обратного кода K_{yx} и результирующий код кода K_{yz} и обратного кода K_{zy} являются тривиальными кодами:

$$K_{xy} K_{yx} = K^0, \quad (8.29)$$

$$K_{yz} K_{zy} = K^0; \quad (8.30)$$

поэтому из (8.27) и (8.28) следует

$$I_{y12} = I_{x12} = I_{12}, \quad (8.31)$$

$$I_{z12} = I_{x12} = I_{12}. \quad (8.32)$$

Теорему 8.4 можно обобщить на произвольное число множеств промежуточных сообщений.

В частном случае, когда информации, содержащиеся в последовательных ассоциациях цепи оригиналов, одинаковы или составляют основную информацию $I_{x12} = I_{x23} = \dots = I_x$, теорема 8.4 сводится к теореме 8.2.

О п р е д е л е н и е 8. 5. Аналоговое трансинформирование—трансинформирование с помощью основных кодов, являющихся однооперационными трансинформациями с тем же родом операции, как и информации, содержащиеся в множестве оригиналов.

Как следует из теоремы 8.4, характерным для аналогового трансформирования является то, что множество сообщений в произвольном месте цепи управления содержит те же информации, что и множество оригиналов, независимо от различий между сообщениями, принадлежащими различным поперечным множествам сообщений. Чтобы найти информацию, содержащуюся в множестве оригиналов, можно использовать любое из поперечных множеств сообщений.

Простейшим математическим видом аналогового трансформирования является аналогия, основанная на сложении. Например, если ассоциация оригиналов x_1 , x_2 , содержащая информацию

$$x_1 + a = x_2,$$

преобразуется в ассоциацию промежуточных сообщений y_1 , y_2 с помощью основного кода

$$x_1 + b = y_1,$$

$$x_2 + b = y_2,$$

то после определения x_1 и x_2 из указанных уравнений и подстановки в уравнение информации, содержащейся в ассоциации оригиналов, получается информация, содержащаяся в ассоциации промежуточных сообщений

$$y_1 + a = y_2.$$

Если, в свою очередь, ассоциация промежуточных сообщений преобразуется в ассоциацию образов z_1 , z_2 с помощью основного кода

$$y_1 + c = z_1,$$

$$y_2 + c = z_2,$$

то после аналогичных преобразований получаем информацию, содержащуюся в ассоциации образов,

$$z_1 + a = z_2.$$

Отсюда видно, что информация, основанная на операции прибавления a , точно такая же, как и в ассоциациях оригиналов, промежуточных сообщений и образов.

В качестве примера аналогии, основанной на сложении, можно привести аналогию между абсолютной температурой по Кельвину (К) и относительной температурой в градусах Цельсия ($^{\circ}\text{C}$). Допустим, что для двух относительных температур x_1 и x_2 , различающихся на 50°C , надо найти разность абсолютных температур y_1 и y_2 . Это значит, что ассоциация оригиналов x_1 и x_2 , содержащая информацию

$$x_1 + 50 = x_2,$$

должна быть преобразована в ассоциацию образов y_1, y_2 с помощью основного кода

$$x_1 + 273 = y_1,$$

$$x_2 + 273 = y_2$$

(как известно, разница между относительной температурой 0°C и абсолютной температурой 0 K составляет 273°C), откуда получается информация, содержащаяся в ассоциации образов

$$y_1 + 50 = y_2.$$

Мы видим, что благодаря аналогии информация, содержащаяся в ассоциации образов, совпадает с информацией, содержащейся в ассоциации оригиналов. Перевод относительных температур в абсолютные является аналоговым трансформированием.

То обстоятельство, что между абсолютными и относительными температурами имеется аналогия, основанная на сложении (а не на умножении), вызвало ряд затруднений. Единицы абсолютной температуры 1 K и относительной температуры 1°C ничем друг от друга не отличаются, но отказаться ни от одной из них нельзя, так как тогда нельзя было бы отличить, относится ли некоторое количество градусов к абсолютной или относительной температуре. Это обстоятельство послужило также причиной введения третьей единицы температуры « 1 deg » (равной 1 K и 1°C) как относящейся исключительно к разностям температур (как абсолютных, так и относительных). Как видно из приведенного примера, основой для этого послужила аналогия, состоящая в приравнении разности — одинаковой информации для оригиналов и для образов.

Аналоговое трансинформирование такого рода используется чаще, чем можно было предполагать. Например, на этой основе в аналитической геометрии производится сдвиг начала координат параллельно осям исходной системы координат. Конструкторы технических систем часто помещают определенную часть системы в другое место чертежа, что не меняет содержащуюся в нем информацию. Фотография содержит информацию, касающуюся фотографируемого объекта, даже если фотоаппарат был несколько сдвинут, вследствие чего объект оказался не в центре фотографии.

Широкое применение находит аналоговое трансинформирование, основанное на умножении. Если ассоциация оригиналов x_1, x_2 , содержащая информацию

$$ax_1 = x_2,$$

преобразуется в ассоциацию промежуточных сообщений y_1, y_2 с помощью основного кода

$$bx_1 = y_1,$$

$$bx_2 = y_2,$$

то после определения x_1 и x_2 из указанных уравнений и подстановки в уравнение информации, содержащейся в ассоциации оригиналов, получается информация, содержащаяся в ассоциации промежуточных сообщений:

$$ay_1 = y_2.$$

Если, в свою очередь, ассоциация промежуточных сообщений преобразуется в ассоциацию образов z_1, z_2 с помощью основного кода

$$cy_1 = z_1,$$

$$cy_2 = z_2,$$

то, проделав те же операции, получаем информацию, содержащуюся в ассоциации образов:

$$az_1 = z_2.$$

И здесь также видно, что информация, состоящая на этот раз в операции умножения на a , одинакова в ассоциациях оригиналов, промежуточных сообщений и образов.

В качестве примера аналогового трансформирования, основанного на умножении, можно привести аналогию между изменением некоторой физической величины и ее графиком или осциллограммой, между фотографией и ее увеличенной или уменьшенной репродукцией, между участком местности и его картой, между мелодией, звучащей в одной тональности, и той же мелодией, звучащей в другой тональности, и т. д.

В аналоговом трансформировании, основанном на умножении, образы пропорциональны оригиналам, причем параметром операции является коэффициент пропорциональности.

Простой иллюстрацией такого аналогового трансформирования является подобие треугольников. Оригиналами можно считать стороны x_1, x_2, x_3 одного треугольника, образами—стороны y_1, y_2, y_3 второго треугольника. Кодом является умножение на коэффициент подобия как параметр операции. Отношения сторон в каждом из этих треугольников можно при этом считать параметрами операции, на которых основывается содержащаяся в этих треугольниках информация.

Например, если отношение стороны x_2 к стороне x_1 равно a , т. е. ассоциация оригиналов x_1, x_2 содержит информацию

$$ax_1 = x_2,$$

то, как было показано выше, ассоциация образов y_1 и y_2 должна содержать ту же информацию:

$$ay_1 = y_2.$$

Если x_1 и x_2 являются катетами прямоугольного треугольника, причем против стороны x_2 лежит угол α_2 , то по определению тангенса можно написать

$$x_1 \operatorname{tg} \alpha_2 = x_2.$$

Если же y_1 и y_2 являются катетами прямоугольного треугольника, причем против y_2 лежит угол β_2 , то на том же основании можно записать

$$y_1 \operatorname{tg} \beta_2 = y_2.$$

Из условия одинаковости информации следует

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \operatorname{tg} \beta_2.$$

откуда

$$\alpha_2 = \beta_2.$$

Отсюда видно, что доказательство равенства соответственных углов в подобных треугольниках можно провести на основе утверждений, опирающихся на понятие трансформирования.

Таким образом, в последовательности подобных треугольников, рассматриваемой как последовательность поперечных множеств сообщений, независимо от различий между сообщениями (длинами соответственных сторон в отдельных треугольниках), информации, а следовательно, и их параметры операций (углы), одинаковы. Это означает, что если бы для какого-то процесса управления понадобилось использовать углы некоторого треугольника, но он по каким-то причинам был бы недоступен, достаточно было бы иметь какой-нибудь другой, подобный исходному, треугольник. Знание коэффициента подобия (параметра операции, на которой основан код) здесь излишне. Достаточно лишь знать, что он одинаков для всех пар соответственных сторон (т. е. для всех кодовых ассоциаций).

На этом свойстве основано также аналоговое трансформирование при использовании географических карт. Оригиналами являются расстояния на местности, образами — расстояния на карте, параметром кода — масштаб карты, параметрами информации являются отношения расстояний на местности и на карте. Например, расстояние Варшава—Краков составляет 300 км, а Варшава—Радом—100 км. Информацией, содержащейся в этой ассоциации оригиналов, является отношение расстояний 3:1.

Допустим, что для данной территории составлена карта масштабом 1:1 000 000. Здесь мы имеем код, родом операции которого является умножение, а параметром операции — число 0,000001. Тогда на карте расстояние Варшава — Краков будет составлять 300 мм, Варшава—Радом—100 мм. Информацией, содержащейся в этой ассоциации образов, является то, что первое из этих расстояний в три раза больше второго. Таким образом, мы по карте получаем ту же информацию, которая содержится на местности. Для получения информации о местности не нужны поэтому ни непосредственный доступ к местности, ни знание масштаба.

Под влиянием привычек разговорной речи кое-кто может подумать, что, например, 300 км — это не сообщение, а информация (о расстоянии Варшава — Краков). На самом деле речь здесь идет об отношении данного расстояния 300 км к единице длины 1 км. Информацией, содержащейся в этой ассоциации оригиналов, является то, что расстояние 300 км в 300 раз больше расстояния 1 км. Такой же информацией, содержащейся в ассоциации образов, является то, что на карте расстояние 300 мм в 300 раз больше расстояния 1 мм, являющегося образом для оригинала 1 км как единицы длины. В расстоянии, описываемом как «300 км», только число «300» является элементом информации, а именно — параметром операции, тогда как «км» является элементом кода, состоящего в трансинформации оригинала 1 км (на местности) в образ 1 мм (на карте). Иначе говоря, «300» получается по карте, а «км» — по указанному под картой масштабу (при условии, что расстояния на местности выражены в километрах).

Аналоговым трансинформированием являются также измерения, выполняемые с помощью вольтметров с равномерной шкалой, т. е. таких, в которых отклонения стрелки пропорциональны измеряемой величине напряжения. Рассматривая ассоциацию оригиналов, из которых одним является единица напряжения x_1 , а другим измеряемое напряжение x_n , равное n единицам, получаем уравнение информации

$$nx_1 = x_n.$$

Согласно принципу действия этого вольтметра, отклонения стрелки будут такими:

$$\begin{aligned} ax_1 &= y_1, \\ ax_n &= y_n. \end{aligned}$$

Здесь мы имеем основной код, состоящий в операции умножения на коэффициент пропорциональности a . После определения x_1 и x_n из уравнений и подстановки в уравнение для информации, содержащейся в ассоциации оригиналов, получается информация

$$ny_1 = y_n,$$

т. е. та же информация, что и в ассоциации оригиналов. Это означает, что измеряемое напряжение в n раз больше единицы напряжения.

Помещаемое на шкале вольтметра обозначение «V» или «В» относится не к информации, получаемым из измерений с помощью вольтметра, а к коду, согласно которому вольтметр был сконструирован, и играет ту же роль, что и масштаб на картах.

По сути дела это обозначение является сокращением записи «1В : 1В» и показывает, что если измеряемое напряжение составляет 1В, то и вольтметр должен показать 1В, или, иначе говоря, что измеряемое напряжение в вольтах (оригинал) надо умножить на 1 (код), чтобы получить показания вольтметра в вольтах (образ).

Если речь идет о самой информации, получаемой путем измерений с помощью вольтметра с равномерной шкалой, то можно вообще отказаться от упомянутого кода, так как он не фигурирует в уравнении информации. Так и делается при некоторых измерениях, например при измерении лабораторными гальванометрами определенного типа.

Аналоговое трансинформирование с помощью языковых сообщений не имеет большого практического значения, так как вследствие больших языковых нерегулярностей лишь в редких случаях удастся найти основные коды.

Иначе в этом отношении обстоит дело с искусственными языками, грамматические правила которых не содержат исключений и имеют характер основных кодов.

В качестве иллюстрации можно привести слова «patro» (отец), «patroj» (отцы), «patrino» (мать), «patrinoj» (матери) из эсперанто, где окончание «o» всегда обозначает имя существительное, окончание «j» — множественное число, а сочетание «in» — женский род. Здесь имеется следующая аналогия:

patro .	patroj,
patrino	patrinoj.

В этом примере основным кодом является дописывание «j», а операционной информацией является приписывание к корню «in». Преобразование единственного числа в множественное является здесь аналоговым трансинформированием, так что упомянутая операционная информация одинакова в ассоциации оригиналов и в ассоциации образов (связь между «patroj» и «patrinoj» такая же, как и между «patro» и «patrino»).

Аналоговое трансинформирование находит все более широкое применение в научных исследованиях. Если для изучаемой системы (множество оригиналов) удастся создать «модель», т. е. найти аналогичную систему (множество образов), то из модели можно получить информацию, касающуюся исследуемой системы (в более сложных случаях удобно производить сопоставление «аналогов», т. е. сообщений, содержащихся в отдельных кодовых ассоциациях оригинал — образ). Это имеет практический смысл, когда системы, выбранные в качестве моделей, доступнее или лучше изучены, легче поддаются измерениям или легче модифицируются, чем исследуемые системы.

В качестве примера можно привести знаменитую «модель Бойкена», — анализатор, служащий для исследования тепловых потоков на основе их аналогии с электрическими токами.

Эта идея, предложенная и разработанная Бойкеном в 1934 г. [15] оказалась настолько ценной, что теперь трудно найти достаточно солидную электротермическую лабораторию, в которой не было бы такого анализатора. Бойкен основывался на следующих аналогиях:

Оригиналы	Образы
g — тепловой поток,	i — электрический ток,
τ — температура,	u — электрическое напряжение,
a — температуропроводность,	G/C — отношение электропроводности к электрической емкости,
t — время,	t — время,
x — длина,	x — длина.

Вследствие этого решение уравнения протекания электрического тока по проводнику

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{G}{C} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

одновременно, после замены образов оригиналами, является и решением уравнения теплового потока

$$\frac{\partial \tau}{\partial t} = a \frac{\partial^2 \tau}{\partial x^2}.$$

Благодаря простоте установки и измерения электрических величин исследования тепловых процессов с помощью

электрических процессов значительно удобнее непосредственного их исследования в тепловых системах. К тому же в электрических системах измерения производятся быстро, тогда как в тепловых измерительных системах вследствие их большой инерционности такая скорость измерений недостижима.

При использовании аналогий обязательно строгое соблюдение правил информации, что в физических аналогиях выражается в одинаковой структуре математических формул. В то же время совсем не обязательно, чтобы аналогами были величины сходной физической природы, например электрическое сопротивление не обязано быть аналогом механического сопротивления. Поэтому для одной и той же пары физических систем часто удается найти несколько аналогий, причем каждая из них может оказаться вполне правомерной (что, впрочем, не означает их одинакового удобства).

В качестве примера можно привести классическую электромеханическую аналогию между электрическими и механическими колебаниями. Сложение напряжений на сопротивлении, индуктивности и емкости в последовательной цепи здесь принимается в качестве аналога сложения сил инерции, трения и упругости, откуда вытекают следующие сопоставления:

Оригиналы	Образы
M — масса,	L — индуктивность,
r — сопротивление трения;	R — электрическое сопротивление,
K — «податливость» пружины,	C — электрическая емкость,
s — путь,	q — электрический заряд,
f — сила,	u — электрическое напряжение,
v — скорость,	i — электрический ток.

В течение многих лет никто не замечал, что эта аналогия не очень удобна. Лишь когда ее начали более широко использовать для практических целей, оказалось, что механические системы, как правило, параллельны, вследствие чего приходилось производить громоздкие пересчеты с параллельных систем на последовательные.

Как показал Малецкий [16], аналогом сложения сил удобнее считать сложение токов, откуда получается следующая таблица аналогов:

Оригиналы

Образы

M — масса,	C — электрическая емкость,
r — сопротивление трения,	G — электрическая проводимость,
K — «податливость» пружины,	L — индуктивность,
s — путь,	Φ — магнитный поток,
f — сила,	i — электрический ток,
v — скорость,	u — электрическое напряжение.

Аналогии, в частности основанные на умножении, настолько удобные виды трансформирования, что их наличие предполагается даже в тех случаях, когда их заведомо нет, например при линейной интерполяции.

Как известно, линейная интерполяция основана на предположении, что отношение разности y_2 двух значений зависимой переменной к части y_1 этой разности равно отношению соответствующей разности x_2 независимой переменной к соответствующей части x_1 этой разности:

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{x_2}{x_1},$$

откуда искомая часть y_1 разности y_2 , соответствующая данной части x_1 разности x_2 , равна

$$y_1 = y_2 \frac{x_1}{x_2}.$$

Предположение о пропорциональности является по существу предположением об аналоговом трансформировании с помощью основного кода, в котором родом операции является умножение, а параметр операции c неизвестен:

$$cx_1 = y_1,$$

$$cx_2 = y_2,$$

откуда получается приведенная выше пропорция.

Знания параметра операции c не нужно, так как в аналоговом трансформировании информация, содержащаяся в множестве образов, не зависит от кода. Достаточно выполнения условия, чтоб это был основной код и чтобы он был однооперационным преобразованием того же рода, что и информация, содержащаяся в множестве оригиналов.

Несоблюдение условия, чтобы при использовании метода аналогии код был основным и являлся одноопераци-

онным преобразованием с тем же родом операции, что и информация, приводит к ошибочным результатам.

Например, пусть аналогия между размерами проектируемых кораблей, самолетов и т. д. и размерами их миниатюрных моделей не распространяется на сопротивление потока воды, сопротивление воздуха, ускорение силы тяжести и другие физические величины. В этом случае информация, полученная из моделей (множество образов), будет отличаться от информации, относящейся к сооружениям в натуральную величину (множество оригиналов).

Так как аналоговое трансинформирование не требует знания кода, то для определенного множества оригиналов можно использовать произвольное множество образов, лишь бы были выполнены условия теоремы 8.4.

Наиболее удобны образы в виде чисел, что и оказалось важным стимулом в развитии математических машин. Они являются по существу универсальными моделями, поскольку при их использовании не имеет значения, чем являются моделируемые объекты как множества оригиналов, важны лишь содержащиеся в них информации.

Кроме того, развитие кибернетики в направлении анализа обратных связей привело к выявлению аналогий между многими явлениями, казавшимися до того совершенно различными. Например, в соответствии с принципом положительной обратной связи протекают такие процессы, как затопление корабля (чем больше воды попадает внутрь корабля, тем глубже он погружается, вследствие чего в него проникает еще больше воды и т. д.), пожар (чем выше температура горящего дерева, тем больше выделяется из него горючих газов, вследствие чего температура еще более возрастает и т. д.), инфляция (чем выше цены, тем больше эмиссия денег, вследствие чего цены еще больше возрастают и т. д.).

Наконец, анализ формулы (7.13) позволяет утверждать, что трансинформирование происходит всегда, когда результирующие коды тривиальны (фиг. 8.5). К этому случаю относится теорема 8.5.

Теорема 8.5. Если результирующий код для каждой кодовой цепи тривиален, то информация, содержащаяся в ассоциации образов, совпадает с информацией, содержащейся в ассоциации оригиналов.

Доказательство. Даны: ассоциация оригиналов x_1, x_2 , ассоциация промежуточных сообщений y_1, y_2 , ассоциация образов z_1, z_2 , информация $I_{x_{12}}$, коды

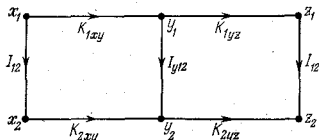
$$\begin{matrix} K_{1xy}, \\ K_{2xy} \end{matrix}$$

и обратные им коды

$$K_{1yz} = K_{1yx}, \quad (8.33)$$

$$K_{2yz} = K_{2yx}. \quad (8.34)$$

Требуется найти информации $I_{y_{12}}$ и $I_{z_{12}}$.



Ф и г. 8. 5. Компенсационное трансинформирование.

Согласно теореме 4.3 и формулам (8.33) и (8.34), результирующие коды кодов K_{1xy} и K_{1yz} и кодов K_{2xy} и K_{2yz} тривиальны:

$$K_{1xy} K_{1yz} = K^0, \quad (8.35)$$

$$K_{2xy} K_{2yz} = K^0; \quad (8.36)$$

поэтому (7.9) остается без изменений:

$$I_{y_{12}} = K_{2xy} I_{x_{12}} K_{1yx}, \quad (8.37)$$

а (7.13) принимает вид

$$I_{z_{12}} = I_{x_{12}}. \quad (8.38)$$

Теорему 8.5 можно обобщить на произвольное число множеств сообщений.

Из теоремы 8.5 следует, что при трансинформировании можно пользоваться компенсацией кодов, т. е. использовать обратные коды, благодаря которым результирующие коды в отдельных кодовых цепях становятся тривиальными.

Определение 8.6. Компенсационное трансформирование — трансформирование, в котором результирующие коды тривиальны.

Идею компенсации кодов можно проиллюстрировать на примере вольтметра, в котором отклонение стрелки пропорционально квадрату измеряемого напряжения. Рассматривая ассоциацию оригиналов, из которых одним является единица напряжения x_1 , вторым — измеряемое напряжение x_n , равное n единиц, получаем уравнение информации

$$nx_1 = x_n.$$

Согласно принципу действия этого вольтметра, отклонениями стрелки будут

$$ax_1^2 = y_1,$$

$$ax_n^2 = y_n.$$

Здесь имеется основной код, состоящий из двух операций, одна из которых — возведение в квадрат, а вторая — умножение на коэффициент пропорциональности a . После определения x_1 и x_n из приведенных выше уравнений и подстановки в уравнение для информации, содержащейся в ассоциации оригиналов, получаем информацию

$$n^2y_1 = y_n.$$

Мы видим, что она отличается от информации, содержащейся в ассоциации оригиналов. Если отклонения стрелки принять за образы, то показания вольтметра будут ошибочными. Например, при увеличении напряжения с 1 до 3 В отклонение стрелки увеличилось бы не в три, а в девять раз.

Искажения информации можно избежать, если считать отклонения стрелки промежуточными сообщениями и подвергнуть их преобразованию.

$$b\sqrt{y_1} = z_1,$$

$$b\sqrt{y_n} = z_n.$$

Здесь имеется код из двух операций, одна из которых — извлечение квадратного корня, вторая — умножение на коэффициент пропорциональности b . После определения из

этих уравнений y_1 и y_n и подстановки их в уравнение информации, содержащейся в ассоциации промежуточных сообщений, получается информация

$$nz_1 = z_n.$$

Мы видим, что эта информация совпадает с информацией, содержащейся в ассоциации оригиналов. Совпадение информации произошло в этом случае вследствие компенсации возведения в квадрат извлечением квадратного корня, как обратной операцией. Необходимость компенсации возникла из-за невыполнения условия, требующего, чтобы коды и информации были преобразованиями одного рода (теорема 8.4). В то же время операция умножения не требует компенсации, так как информация, содержащаяся в ассоциации оригиналов, является преобразованием, также основанным на умножении, вследствие чего коэффициенты a и b не входят в уравнение информации. В этом смысле трансинформирование в виде измерения описанным выше вольтметром имеет также характер аналогового трансинформирования.

На практике компенсацию в вольтметрах, амперметрах и других подобных измерительных приборах осуществляют использованием квадратичной шкалы, т. е. шкалы, на которой деления размещены неравномерно в соответствии с квадратным уравнением. Благодаря этому, если напряжение возрастает, например, в 3 раза, угловое отклонение стрелки увеличится в 9 раз по количеству градусов, но всего лишь в 3 раза по количеству делений, чему и соответствуют числовые обозначения на шкале.

Очевидно, возможна компенсация всех операций производного кода и даже компенсация результирующего кода многих кодов в кодовой цепи. Поскольку компенсацию можно производить в каждой кодовой цепи отдельно, не обязательно выполнение каких-либо условий (например, чтобы в цепи управления имелись основные коды). Независимо от того, каковы коды на отдельных отрезках цепи управления, их компенсация путем использования обратных кодов всегда приводит к получению в множестве образов таких же информации, какие содержатся в множестве оригиналов.

В отличие от аналогового трансинформирования, обеспечивающего одинаковость информации также во всех множествах промежуточных сообщений, при компенсационном трансинформировании информации одинаковы лишь в множествах оригиналов и образов, тогда как в множествах промежуточных сообщений информации могут быть другими.

На практике при компенсационном трансинформировании использование кодов (например, преобразование оригиналов в промежуточные сообщения) обычно называется «кодированием», а использование обратных кодов (например, преобразование промежуточных сообщений в образы) с целью получения тривиальных результирующих кодов — «декодированием».

Ни в тривиальном, ни в аналоговом трансинформировании декодирование не используется. В тривиальном трансинформировании тривиальные коды обеспечиваются уже по определению, а в аналоговом они не нужны.

В то время как в аналоговом трансинформировании могут фигурировать только операционные коды, в компенсационном трансинформировании род кодов несуществен.

Это можно проиллюстрировать следующим примером. Допустим, что с помощью некоторого измерительного прибора с известными систематическими ошибками и поправками получены данные в виде следующей таблицы:

Измеряемая величина (оригинал)	Влияние ошибки измерения (операционный код)	Показания измерительного прибора (промежуточное сообщение)	Применение поправки (обратный операционный код)	Результат измерения (образ)
10	-0,2	9,8	+0,2	10
20	-0,1	19,9	+0,1	20
30	-0,2	29,8	+0,2	30
40	-0,3	39,7	+0,3	40

Здесь имеются операционные коды, благодаря которым можно, например, из показания 19,9 прибавлением поправки 0,1 получить результат 20. Для этого, однако, надо знать, что показанию 19,9 соответствует поправка 0,1, а это означает, что связь между показанием и поправкой является ассоциационным кодом (показание измерительного прибора — оригинал, поправка — образ).

Ввиду этого данные измерений можно записать так:

Измеряемая величина (оригинал)	Влияние ошибки измерения (ассоциационный код)	Показания измерительного прибора (промежуточное сообщение)	Применение поправки (обратный ассоциационный код)	Результат измерения (образ)
10	соответствует	9,8	соответствует	10
20	»	19,9	»	20
30	»	29,8	»	30
40	»	39,7	»	40

Легко заметить, что разница между операционными и ассоциационными кодами становится несущественной, когда параметры операции в кодах нельзя считать цепями сообщений, содержащими основную информацию, или когда трансинформирование состоит исключительно в компенсации кодов отдельно в каждой кодовой цепи.

При компенсационном трансинформировании также несущественно, касается ли оно операционных или ассоциационных информаций.

В качестве примера трансинформирования, в котором имеются ассоциационные информации и коды, можно привести шифрование и дешифрирование разведывательных донесений, например:

Оригинальный текст (оригинал)	Зашифрованный текст (промежуточное сообщение)	Расшифрованный текст (образ)
Десант отозван	Сестра выехала	Десант отозван

Из других примеров компенсационного трансформирования можно привести: запись музыкального произведения композитором с помощью нот и последующее его исполнение по нотам; переписывание обыкновенного текста азбукой Морзе и последующее воспроизведение первоначального текста и т. д.

Интересным примером компенсационного трансформирования является разработка прогнозов, что — как упоминалось в гл. 3 — относится к управлению, в котором образы появляются раньше оригиналов.

Чтобы пояснить, о чем здесь идет речь, допустим, что для управления необходима информация, в каком положении x_2 находился свободно падающий камень в момент x_1 , т. е.

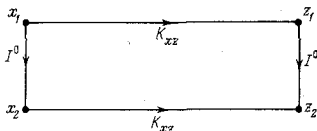
информация, содержащаяся в ассоциации оригиналов x_1 , x_2 . Состояние это уже не существует, так что оригиналы недоступны. Однако доступны промежуточные сообщения, т. е. известно положение камня y_2 в последующий момент времени y_1 . Преобразования оригиналов x_1 , x_2 в промежуточные сообщения y_1 , y_2 являются кодами, определенными законами движения свободно падающих тел. Применяя обратные коды, можно преобразовать промежуточные сообщения y_1 , y_2 в такие образы z_1 , z_2 , чтобы результирующие коды были тривиальными, т. е. чтобы выполнялись условия $z_1 = x_1$, $z_2 = x_2$. Таким образом, здесь согласование информации $I_{z12} = I_{x12}$ достигается на основе компенсационного трансформирования. Управление в описанном случае происходило бы на основании истории события, т. е. с использованием информации, касающихся прошлого.

А теперь рассмотрим обратную ситуацию, когда для управления необходима информация, в каком положении x_2 падающий камень окажется в момент x_1 , т. е. информация, содержащаяся в ассоциации оригиналов x_1 , x_2 . Это состояние еще не существует, и оригиналы снова недоступны. Но доступны промежуточные сообщения, т. е. известно положение y_2 камня в предыдущий момент y_1 . Преобразования оригиналов x_1 , x_2 в промежуточные сообщения y_1 , y_2 являются кодами, определенными законами свободного падения тел. Используя обратные коды, можно перепреобразовать промежуточные сообщения y_1 , y_2 в такие образы z_1 , z_2 , чтобы результирующие коды были тривиальными, т. е. $z_1 = x_1$, $z_2 = x_2$. Соответствие информации $I_{z12} = I_{x12}$ получается здесь также на основе компенсационного трансформирования. Управление в описанном случае осуществлялось бы на основе прогноза, т. е. с использованием информации, относящихся к будущему.

Отсюда легко видеть, что не играет существенной роли, появляются ли оригиналы раньше или позднее промежуточных сообщений; в обоих случаях действия оказываются одинаковыми.

Прогнозирование будущих событий затрудняется, если нет необходимых сообщений и не известны коды, требующие компенсации, однако в таких случаях также затруднено восстановление прошлых событий.

Перечисленные виды трансинформирования — тривиальное, аналоговое и компенсационное — исчерпывают возможности согласования произвольных информаций в процессе информирования. Кроме них, существуют, правда, еще два вида трансинформирования, но они пригодны только для специальных случаев, когда речь идет о проверке тривиальности или нетривиальности информации. К случаю, когда проверяется тривиальность информации (фиг. 8.6), относится теорема 8.6.



Ф и г. 8. 6. Сравнительное трансинформирование.

Теорема 8. 6. Если коды одинаковы, а информация, содержащаяся в ассоциации оригиналов, тривиальна, то тривиальна и информация, содержащаяся в ассоциации образов.

Доказательство. Даны: ассоциация оригиналов x_1, x_2 , ассоциация образов z_1, z_2 и тривиальная информация

$$I_{x12} = I^0, \quad (8.39)$$

причем коды одинаковы:

$$K_{1xz} = K_{2xz} = K_{xz}. \quad (8.40)$$

Ищется информация I_{z12} .

На основании теоремы 7.1 можно написать

$$I_{z12} = K_{xz} I_{x12} K_{zx} \quad (8.41)$$

и по (8.39)

$$I_{z12} = K_{xz} K_{zx}. \quad (8.42)$$

Согласно теореме 4.3, результирующий код кодов K_{xz} и K_{zx} тривиален:

$$K_{xz} K_{zx} = K^0, \quad (8.43)$$

откуда из (8.42) и (8.43) получаем

$$I_{z12} = I^0. \quad (8.44)$$

Из теоремы 8.6 следует, что возможно трансинформирование, определенное следующим образом.

О п р е д е л е н и е 8. 7. Сравнительное трансинформирование — трансинформирование, в котором благодаря одинаковости результирующих кодов информация, содержащаяся в ассоциации образов, тривиальна, если тривиальна информация, содержащаяся в ассоциации оригиналов.

Поскольку в доказательстве теоремы 8.6 не принимались во внимание промежуточные сообщения, то при сравнительном трансинформировании коды в отдельных кодовых цепях могут быть произвольны, лишь бы их результирующие коды были одинаковы, причем это могут быть как операционные коды (основной код), так и ассоциационные. Правда, для одинаковости ассоциационных кодов необходимо, чтобы они были ассоциационными преобразованиями в ассоциациях с соответственно одинаковыми первичными и вторичными сообщениями; при сравнительном трансинформировании это условие как раз и выполняется.

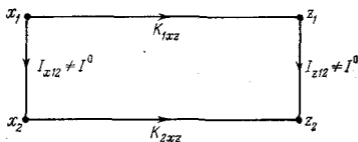
В качестве примера сравнительного трансинформирования можно привести измерения, выполняемые методом сравнения, например взвешивание на чашечных весах. Тривиальной информацией, содержащейся в ассоциации образов, является нулевое положение стрелки, тривиальной информацией, содержащейся в ассоциации оригиналов, — нулевая разность между взвешиваемой массой и массой уравновешивающих ее гирь.

Разновидностью сравнительного метода является метод подстановки. Если измеряемая физическая величина x_1 не известна, но приводит к изменению показаний некоторого измерителя на величину y_1 , то достаточно заменить ее некоторым эталоном и так подобрать его величину x_2 , чтобы вызванное им показание y_2 измерительного прибора равнялось $y_2 = y_1$ (тривиальная информация, содержащаяся в ассоциации образов). Тогда одновременно будет выполнено и условие $x_2 = x_1$ (тривиальная информация, содержащаяся в ассоциации оригиналов), что равнозначно определению искомого x_1 . При таком измерении роль измерителя может играть произвольный прибор с неизвестными свойст-

вами, лишь бы его показания при одинаковых воздействиях были одинаковы (одинаковость кодов).

Несмотря на ограничение, связанное с тривиальностью информации, сравнительное трансформирование находит широкое применение. Оно по сути дела является основой всякого знания. Грудной младенец, прежде чем усвоить понятие матери, сначала замечает, что одна и та же женщина всегда доставляет ему удовольствие кормлением грудью. Подобно этому, и все люди стремятся к ситуациям, повторение которых в прошлом доставляло им удовольствие. Прежде чем исследовать связь между различными минералами, различными растениями и животными, нужно было заметить, что существуют одинаковые минералы, одинаковые растения, одинаковые животные, т. е. обладающие одинаковыми свойствами объекты. Установление того факта, что повторению одних одинаковых событий соответствует повторение других событий, приводит к признанию первых причинами, а вторых — следствиями.

К случаю, когда речь идет о нетривиальной информации (фиг. 8.7), относится теорема 8.7.



Ф и г. 8. 7. Исключающее трансформирование.

Теорема 8. 7. Если информация, содержащая в ассоциации оригиналов, нетривиальна, причем один код является преобразованием, отличающимся от результирующего преобразования этой информации и второго кода, то и информация, содержащаяся в ассоциации образов, нетривиальна.

Д о к а з а т е л ь с т в о. Даны: ассоциация оригиналов x_1, x_2 и ассоциация образов z_1, z_2 , причем информация I_{x12} нетривиальна:

$$I_{x12} \neq I^0, \quad (8.45)$$

а код K_{1xz} является преобразованием, отличающимся от результирующего преобразования информации I_{x12} и кода K_{2xz} ,

$$K_{1xz} \neq K_{2xz} I_{x12}. \quad (8.46)$$

Требуется найти информацию I_{z12} .

На основании теоремы 7.1 можно записать:

$$I_{z12} = K_{2xz} I_{x12} K_{1zx}. \quad (8.47)$$

Введем вспомогательное преобразование T , которое преобразует неравенство (8.46) в равенство

$$TK_{1xz} = K_{2xz} I_{x12}, \quad (8.48)$$

причем это наверняка нетривиальное преобразование:

$$T \neq T^0. \quad (8.49)$$

Из (8.47) и (8.48) следует

$$I_{z12} = TK_{1xz} K_{1zx}. \quad (8.50)$$

Согласно теореме 4.3, результирующий код кодов K_{1xz} и K_{1zx} тривиален, т. е.

$$K_{1xz} K_{1zx} = K^0. \quad (8.51)$$

Тогда из (8.50) и (8.51) получаем

$$I_{z12} = T, \quad (8.52)$$

а из (8.49) и (8.52) следует

$$I_{z12} \neq I^0. \quad (8.53)$$

Из теоремы 8.7 вытекает, что возможно преобразование, определенное следующим образом.

О п р е д е л е н и е 8. 8. Исключающее трансинформирование — трансинформирование, в котором благодаря разделенности кодовых цепей информация, содержащаяся в ассоциации образов, нетривиальна, если нетривиальна информация, содержащаяся в ассоциации оригиналов.

Информирование является исключаяющим трансинформированием только в тех случаях, когда из того, что информации, содержащиеся в ассоциациях оригиналов и образов, нетривиальны, следует одинаковость этих информаций. Это происходит, если информационная цепь образована лишь из одной ассоциации сообщений, содержащей опера-

ционную информацию, в которой операцией является исключение одного сообщения ассоциации, что равнозначно сохранению лишь второго сообщения в этой ассоциации. Информационными такого рода являются: замена (одного сообщения другим), следование (одного сообщения за другим), появление (одного сообщения вместо другого) и т. д.

Чтобы лучше понять это, вспомним из гл. 4, что для определения вторичного сообщения достаточно знать первичное сообщение и операционное преобразование. Если бы информационная цепь состояла более чем из двух сообщений, например из трех сообщений x_1, x_2, x_3 , то знания первичного сообщения и операционной информации «заменить сообщение x_1 » было бы недостаточно для определения вторичного сообщения, так как не известно, следует ли заменить сообщение x_1 сообщением x_2 или x_3 . Однако все получается просто в случае двух сообщений x_1, x_2 , так как в этом случае сообщением, заменяющим сообщение x_1 , может быть только x_2 . Это выражается следующей логической схемой:

если p , то q ,

следовательно, если не p ,

то не q ,

которую в связи с исключающим трансинформированием можно представить так:

Если есть образ y_1 , то есть оригинал x_1 , следовательно, если нет образа y_1 (или есть образ y_2), то нет оригинала x_1 (или есть оригинал x_2).

Например, если есть красный сигнал (образ y_1), то в электрической цепи есть напряжение (оригинал x_1), если же красного сигнала нет (образ y_2), напряжения нет (x_2).

Если есть симптомы болезни (y_1), то пациент болен (x_1), если же их нет (y_2), то пациент здоров (x_2).

Другое ограничение исключающего трансинформирования вытекает из того обстоятельства, что в доказательстве теоремы 8.7 используется зависимость кодов от информации $I_{x_{12}}$, выраженная условием (8.46). Это условие по существу является требованием разделимости кодовых цепей.

Например, если оригиналами являются числа $x_1 = +2$ и $x_2 = -2$, а коды являются преобразованиями, выполня-

ющими возведение в квадрат, то образами будут числа $y_1 = 2^2 = 4$ и $y_2 = (-2)^2 = 4$. Таким образом, ассоциация образов содержит тривиальную информацию, хотя в ассоциации оригиналов содержится нетривиальная информация, т. е. здесь нет трансинформирования. Это и понятно, потому что условие (8.46) не выполнено. Кодовые цепи здесь не являются раздельными, а сходятся в общем образе $y_1 = y_2 = 4$.

Подобного рода ситуации встречаются на практике. Например, при упомянутой выше сигнализации о наличии напряжения может оказаться, что сигнальная лампа перегорела; в этом случае нетривиальная информация, содержащаяся в ассоциации (нет напряжения — есть напряжение), была бы преобразована в тривиальную (в обоих случаях лампа не горит). Поэтому на практике обычно используется сигнализация, основанная на различении зеленого света (напряжения нет) и красного (напряжение есть). В этом случае возможное перегорание лампы будет играть роль уже в другом процессе исключаяющего трансинформирования, позволяющем отличить выход из строя (отказ) сигнализации от нормального режима ее работы.

Легко заметить, что виды трансинформирования были приведены нами в порядке снижения требований к ним. Самым строгим является требование, чтобы образы были теми же, что и оригиналы (тождественное трансинформирование), или, по крайней мере, одинаковы с ними (равнозначное трансинформирование). Если это невозможно, желательно, чтобы образы были пропорциональны оригиналам (аналоговое трансинформирование), если же и это невозможно, то чтобы все искажения, происходящие при трансинформировании оригиналов в образы, были скорректированы (компенсационное трансинформирование). Если даже это невозможно, желательно, чтобы искажения хотя бы были одинаковы (сравнительное трансинформирование), но в этом случае можно будет только проверять одинаковость оригиналов, а не различные связи между ними. Наконец, если и это условие невыполнимо, желательно, чтобы искажения по крайней мере не уничтожали разделимости сообщений одной и той же ассоциации.

Если ни одно из вышеупомянутых требований не выполнено, информирование не является трансинформированием.

ПСЕВДОИНФОРМИРОВАНИЕ

Предметом исследования данной главы является информирование с ветвящимися кодовыми цепями.

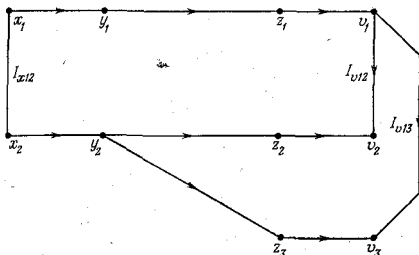
Определение 9. 1. Псевдоинформирование — такое информирование, при котором некоторые сообщения являются общими для нескольких кодовых цепей.

Определение 9. 2. Псевдоинформация — информация, содержащаяся в ассоциации образов в результате псевдоинформирования.

Виды псевдоинформирования можно определить в соответствии с введенными в гл. 7 понятиями симуляции, диссимуляции и конфузии.

Определение 9. 3. Симуляционное псевдоинформирование — псевдоинформирование, в котором некоторые кодовые цепи имеют общие оригиналы, но различные образы.

Определение 9. 4. Симуляционная псевдоинформация — псевдоинформация, полученная в результате симуляционного псевдоинформирования.



Ф и г. 9. 1. Симуляционное псевдоинформирование.

Симуляционное псевдоинформирование схематично показано на фиг. 9.1. Оригинал x_2 преобразуется в два образа v_2 и v_3 , вследствие чего информация $I_{x_{12}}$ преобразуется в две псевдоинформации $I_{v_{12}}$ и $I_{v_{13}}$.

Такая ситуация возникает всегда, когда в двух кодовых цепях оригиналы неразличимы, т. е. их ассоциация содержит тривиальную информацию, хотя образы этих цепей различны, т. е. содержащаяся в ассоциации этих образов информация нетривиальна.

Симуляционное псевдоинформирование приводит к ошибочному мнению, что поскольку в множестве образов содержится две информации ($I_{v_{12}}$ и $I_{v_{13}}$), то и в множестве оригиналов должно содержаться две информации, хотя в действительности в нем имеется только одна информация ($I_{x_{12}}$).

Математической иллюстрацией симуляционного псевдоинформирования может служить, например, извлечение квадратного корня. Из оригинала — числа 4 — получается два образа: числа +2 и -2. Информация, содержащаяся в ассоциации этих образов — псевдоинформация. Она не может служить основой для различия оригиналов. Например, из одного уравнения

$$y^2 = x + 1$$

нельзя определить два неизвестных x и y ; для этого, как мы знаем, необходимы два уравнения. Однако такими уравнениями не могут служить и равенства

$$y = +\sqrt{x+1},$$

$$y = -\sqrt{x+1},$$

полученные путем преобразования первого уравнения. Действительно, хотя число уравнений возросло на единицу, при этом не прибавилось новой информации, а все дело свелось к тому, что одна априорная информация оказалась преобразованной в две псевдоинформации.

Для $\sin \alpha = 0,5$, как оригинала, образами являются все углы $n \cdot 30^\circ$ и $n \cdot 150^\circ$, где n — произвольное целое число, но информация этого множества образов является только псевдоинформацией. Декодирование каждого из этих образов

дает только информацию, содержащуюся в множестве оригиналов и обусловленную лишь оригиналом $\sin \alpha = 0,5$.

Симуляционное псевдоинформирование проявляется в ситуациях, когда одна и та же причина приводит к различным следствиям.

В качестве примера здесь можно привести болезнь, имеющую ряд симптомов.

Всякий анализ является симуляционным псевдоинформированием, а рассматриваемые при этом различные случаи являются множеством образов, содержащим псевдоинформацию. Они не вносят ничего нового для анализируемого объекта. Например, среди треугольников можно различать прямоугольные, равносторонние, равнобедренные. Треугольники такого общего вида можно также получить в результате преобразований какого-то определенного треугольника. Из этих преобразований, однако, нельзя ничего узнать, что выходило бы за область треугольников.

Для круга как оригинала образами могут быть центр, контур, площадь и т. п., однако информации, получаемые из этих образов — псевдоинформации, поскольку все они относятся к тому же самому оригиналу — кругу.

Классификация или деление какого-либо класса на несколько подклассов не вносит дополнительной информации по отношению к информации, содержащейся в неразделенном классе.

В качестве примера симуляционного псевдоинформирования в физике можно привести разложение белого света призмой. Полученные видимые спектральные цвета являются различными образами, в то время как в белом свете как оригинале каждая составляющая спектра неразличима (для человеческого глаза). Здесь код — преломление света, причем коэффициент преломления (параметры операции) различен для различных длин световых волн, благодаря чему происходит разделение длин волн в зависимости от того, под каким углом выходят лучи из призмы. Различие видимых цветов носит характер псевдоинформирования, поскольку все они относятся к одному и тому же оригиналу — белому свету.

Если при включении индикатора электрического тока одновременно загорается лампочка и раздается электрический звонок, то эти два сигнала являются образами, ассо-

цияция которых содержит псевдоинформацию. Из системы этих образов и каждого из них в отдельности следует только то, что электрическая цепь замкнута.

Звук «си» можно записать многими способами: в виде слова «си», написанного прямым или наклонным шрифтом, прописными или строчными буквами различной конфигурации и т. д., но разница эта — псевдоинформация, не изменяющая того факта, что речь идет о звуке «си», а не о каком-либо ином.

Лингвистическим примером симуляционного псевдоинформирования является использование равнозначных слов и выражений. Хотя равнозначные выражения не обогащают смысл, они применяются для создания стилистического разнообразия. Так, например, Цицерон, обращаясь к римским сенаторам в процессе против Катилины, использовал выражение «лицо и облик» (*ora vultusque*), хотя оба эти слова означают одно и то же.

Подобный же характер имеют выражения «надежды и чаяния», «прах и тлен», «целиком и полностью» и т. п.

Симуляционная псевдоинформация имеет место, когда автор какой-либо статьи в разных ее местах использует слова «завод», «предприятие», «производство», «промышленная организация», которые все имеют одно и то же значение.

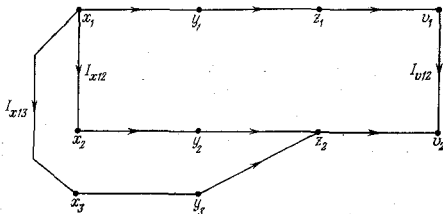
Случается, что незадачливый лектор, мало что имеющий поведать слушателям, говорит об одном и том же в разных выражениях, чтобы создать впечатление об обилии информации. Этот прием, иногда используемый и в научных трудах, известен под латинским названием «*ut aliquid scripsisse videatur*» («лишь бы создать видимость, что что-то написано»).

Использование различных равнозначных выражений в научных и технических публикациях дезориентирует читателя. Если ему известно только одно выражение для данного понятия, а при чтении наравне с ним встречаются и другие выражения, он начинает сомневаться, является ли это только стилистическим приемом автора, или же речь идет действительно о разных понятиях.

О п р е д е л е н и е 9. 5. Д и с с и м у л я ц и о н н о е п с е в д о и н ф о р м и р о в а н и е — псевдоинформирование, в котором некоторые кодовые цепи имеют одинаковые образы, но разные оригиналы.

Определение 9.6. Диссимуляционная псевдоинформация — псевдоинформация, полученная в результате диссимуляционного псевдоинформирования.

Схематично диссимуляционное псевдоинформирование представлено на фиг. 9.2. Оригиналы x_2 и x_3 преобразуются в один образ v_2 , вследствие чего информации $I_{x_{12}}$ и $I_{x_{13}}$ преобразуются в одну псевдоинформацию $I_{v_{12}}$.



Ф и г. 9.2. Диссимуляционное псевдоинформирование.

Такая ситуация возникает в тех случаях, когда в двух кодовых цепях оригиналы различны, т. е. их ассоциация содержит нетривиальную информацию, в то время как образы неразличимы, т. е. их ассоциация содержит тривиальную информацию.

Диссимуляционное псевдоинформирование приводит к ошибочному мнению, что раз множество образов содержит одну информацию ($I_{v_{12}}$), то и в множестве оригиналов должна содержаться одна информация, хотя в действительности в нем содержится две информации ($I_{x_{12}}$, $I_{x_{13}}$).

Математической иллюстрацией диссимуляционного псевдоинформирования может служить, например, возведение в квадрат. Из оригинала $+2$ получается образ — число 4. Точно так же из оригинала -2 получается образ 4. Ассоциация этих одинаковых образов содержит тривиальную информацию, несмотря на то что ассоциация оригиналов содержит нетривиальную информацию. Вследствие этого, если в нашем распоряжении имеется образ 4, остается неиз-

вестным, получен ли он из оригинала $+2$ или -2 , либо же одновременно из них обоих. Поэтому придерживаются правила: если при решении системы уравнений приходится возводить переменные в квадрат, то решают полученное уравнение для всех корней, а для определения истинных корней используются какие-то дополнительные условия (например, что корни не могут принимать отрицательные значения).

Решение уравнения может получиться и в тригонометрическом виде, например в виде $\sin \alpha = 0,5$, и тогда оно определяет множество различных значений угла; только дополнительное условие (например, что α — острый угол) позволяет выделить среди этого множества одно определенное значение, являющееся истинным решением уравнения.

Диссимуляционное псевдоинформирование получается также в ситуациях, когда различные причины приводят к одному и тому же следствию.

Например, одна и та же болезнь может быть вызвана различными причинами.

В гл. 8 приводился пример системы сигнализации, основанной на том, что, если в электрической цепи есть ток, загорается электрическая лампочка, если же тока нет, лампочка не загорается. При этом может возникнуть диссимуляционная псевдоинформация, если лампочка перегорит: она не будет гореть независимо от того, есть ли в цепи ток или в ней нет тока.

Непрерывное изменение положения движка в проволочном реостате приводит не к непрерывному, а к скачкообразному изменению напряжения. Здесь также проявляется диссимуляционное псевдоинформирование; до тех пор, пока движок не коснется следующего витка проволочной обмотки реостата, электрическое напряжение не изменится, хотя движок и будет занимать различные промежуточные положения.

Диссимуляционным псевдоинформированием является и всякий синтез, а получающееся благодаря этому синтезу обобщение является диссимуляционной информацией, скрадывающей различия между конкретными событиями множества оригиналов. Например, диссимуляционное псевдоинформирование возникает, когда на основе таких частных

понятий, как равнобедренный треугольник, равносторонний треугольник, прямоугольный треугольник, образуется общее понятие треугольника.

Точно так же отображение двумерных фигур, например окружности с диаметром D , квадрата со стороной D и т. п., на прямую в виде отрезков длины D является диссимуляционным псевдоинформированием.

Диссимуляционным псевдоинформированием является также представление множества объектов классом, к которому эти объекты относятся.

Получение средних величин в статистике тоже следует считать диссимуляционным псевдоинформированием. Статистические данные как суммарные показатели группы определенных объектов содержат диссимуляционную псевдоинформацию.

Процессом диссимуляционного псевдоинформирования является и подача войсковых донесений о понесенных потерях во время войны. В ротном донесении перечисляются фамилии убитых. Полк докладывает уже только о количестве погибших офицеров, сержантов и солдат. В армейских сводках указывается только одно число погибших военнослужащих, и то округленное до тысячи.

Таким же диссимуляционным псевдоинформированием является представление хода или распределения какой-либо величины с помощью ее среднего значения.

Примером диссимуляционного псевдоинформирования в области лингвистики может служить использование многозначных слов и выражений.

Например, слово «число» имеет два значения. Обычно оно употребляется как в значении меры некоторого количества, так и для обозначения самой этой меры. В утверждении, что в одном помещении людей в 13 раз больше, чем в другом, 13 — число в значении меры количества. Однако обозначением этой меры может быть как число 13 в десятичной системе счисления, так и 1101 в двоичной системе. Мы видим, что два различных числа как обозначения относятся к одному и тому же числу как мере количества. Четность, делимость на 3 и т. д. — все это свойства чисел в значении меры количества, в то время как в утверждении, что для умножения целого числа на 10 к нему следует приписать ноль, слово «число» употреблено как обозначение

меры количества, да и то относящееся только к десятичной системе счисления.

Подобной двузначностью обладает и слово «цифра», употребляемое как в значении знака, так и в значении места, занимаемого этим знаком. О числе 1101 можно сказать, что оно записано с помощью только двух цифр (на которых основана двоичная система счисления), но можно также утверждать, что это число состоит из четырех цифр. Вследствие такой двузначности ответ на вопрос, сколько цифр потребуется для того, чтобы число 13 десятичной системы записать в другой системе счисления, будет диссимуляционным псевдоинформированием, поскольку не известно, в каком значении в вопросе использовано слово «цифра», если на этот счет не будет дано дополнительных разъяснений.

Слово «шкала» — многозначное слово, употребляемое, в частности, в значении последовательности значений некоторой физической величины (например, «шкала температур», «шкала тонов», «шкала цветов» и т. п.), в значении множества штрихов, соответствующих этим величинам (например, «логарифмическая шкала»), в значении предмета, на котором нанесены эти штрихи («стеклянная шкала», «плоская шкала» и т. п.), в значении отношения цифр, служащего для пересчета расстояний на местности и на карте этой местности (масштаб) и т. д.

Многозначные слова могут привести к искажению смысла, особенно опасному в научных и технических публикациях, поэтому устранение многозначности при введении новых терминов является одной из задач терминологических комиссий в различных областях знания.

Диссимуляционное псевдоинформирование встречается в речи людей, охотно пользующихся общими понятиями, чтобы не обнаружить своего невежества в сфере конкретных знаний. Например, так поступает студент, считая, что безопаснее употребить слово «машина», когда он не уверен, идет ли речь об электрическом генераторе или об электродвигателе.

Диссимуляционное псевдоинформирование применяла Дельфийская Пифия, когда делала свои предсказания таким образом, чтобы их можно было толковать по-разному, благодаря чему ее пророчества всегда «сбывались».

Тем же методом любят пользоваться составители военных сводок, применяя такие стандартные выражения, как «сокращение фронта», «оторваться от противника» и т. п. Примером диссимуляционного псевдоинформирования является и часто цитируемое в военных училищах донесение, что «два взвода сдались в плен», из которого не ясно, сдались ли наши неприятелю или неприятельские взводы нашим.

Лицо, которому поручено вести протокол собрания на мало знакомую ему тему, в стремлении избежать ошибок использует диссимуляционное псевдоинформирование, что может привести к записи, не содержащей ничего, кроме самых общих мест, например: «В обширном сообщении докладчик обрисовал современные достижения, указал на недостатки и проанализировал их причины, внося свои предложения на будущее. По докладу состоялись прения, в которых, приняли участие многие выступающие. В заключение был одобрен план работы, включающий задания на следующий период».

Диссимуляционное псевдоинформирование приводит к уменьшению информации. Однако иногда оно способно также уменьшить трудности, возникающие при очень большом числе образов.

Оценка того, когда следует прибегать к диссимуляционному псевдоинформированию, а когда надо стремиться его избежать, зависит от того, какая информация требуется для управления. Сведение подмножества оригиналов к одному образу полезно в случае, если требуется информация, состоящая в преобразовании одного подмножества оригиналов в другое подмножество оригиналов, ибо она становится при этом преобразованием одного образа в другой, что значительно проще. В то же время оно становится вредным, если требуемая информация — преобразование одного оригинала данного подмножества оригиналов в другой оригинал того же подмножества, поскольку при диссимуляционном псевдоинформировании такая информация теряется. Например, в статистике целесообразно указывать число инженеров без различия их специальности, если это число используется для сравнения с числом врачей, числом учителей и т. п., однако это становится неоправданным, когда речь идет о сравнении численности инженеров различного профиля.

Именно эти обстоятельства побудили автора отказаться в этой книге от использования общего термина «отношение» и ввести термин «преобразование». Так, применение упомянутого уже в гл. 4 общего термина «родство» без уточнения степени родства (например, быть отцом, братом, сыном и т. п.) правомерно, если речь идет о различении между этим отношением и другими характеристиками человека, такими, как его профессия, место работы, место жительства и т. п. (например, «*A* и *B* — родственники, но не живут вместе»). Однако использование термина «родство» становится диссимуляционным псевдоинформированием в случае, когда необходимо различать степени родства, о чем говорилось в ранее приведенных примерах (определение родства между *A* и *C* на основе известной степени родства между *A* и *B* и между *B* и *C*). Для исключения подобного псевдоинформирования требуется такое разделение на классы, при котором преобразование какого-либо класса дает в результате другой класс, а не другой элемент того же самого класса.

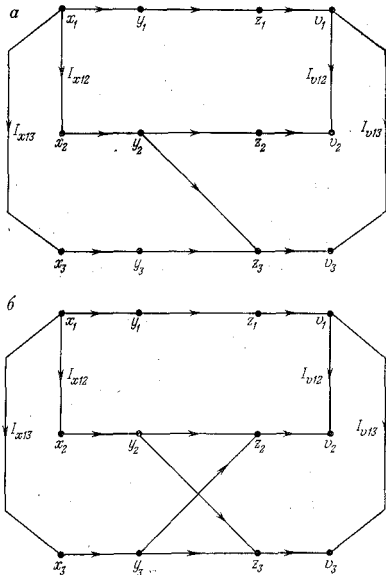
Это, в частности, хорошо видно на материале данной главы: для рассмотрения псевдоинформирования не вводятся термины, использование которых само бы означало псевдоинформирование.

О п р е д е л е н и е 9. 7. Конфузионное псевдоинформирование — псевдоинформирование, при котором некоторые кодовые цепи имеют с некоторыми из цепей общие оригиналы, а с другими кодовыми цепями общие образы.

Конфузионное псевдоинформирование — комбинация симуляционного и диссимуляционного псевдоинформирования.

О п р е д е л е н и е 9. 8. Простое (одиночное) конфузионное псевдоинформирование — такое конфузионное псевдоинформирование, при котором среди трех кодовых цепей вторая имеет с первой общий оригинал, а с третьей — общий образ.

Простое конфузионное псевдоинформирование схематично представлено на фиг. 9.3,а. Оригиналы x_2 преобразуются в образы v_2 и v_3 — это симуляционное псевдоинформирование. Кроме того, оригиналы x_2 и x_3 преобразуются в образ v_3 — это диссимуляционное псевдоинформирование. При таком виде конфузионного псевдоинформирования имеет



Ф и г. 9. 3. Конфузионное псевдоинформирование.
а — простое; б — двойное.

место преобразование одного оригинала в два образа и преобразование двух оригиналов в один образ.

Простое конфузионное псевдоинформирование проявляется в ситуациях, когда одно из возможных следствий какой-либо причины может быть также следствием и других причин. Например, один из симптомов определенной болезни может быть также и симптомом другой болезни.

С языковыми примерами простого конфузионного псевдоинформирования часто можно встретиться в связи с возрастающей тенденцией называть представителей профессий, ранее недоступных для женщин, одинаково, вне зависимости от того, идет ли речь о мужчине или о женщине, например: профессор, доктор, министр, посол и т. п. Использование этих терминов — диссимуляционное псевдоинформирование. Эта тенденция начинает также распространяться на такие профессии, названия которых различаются для мужчин и для женщин, например: преподаватель — преподавательница, свидетель — свидетельница, мастер — мастерица, повар — повариха и т. п. Поэтому употребление названий таких профессий становится простым конфузионным псевдоинформированием, если, например, женщина, читающая лекции, называется то «преподавателем», то «преподавательницей» (симуляционная псевдоинформация), и одновременно слово «преподаватель» может означать как обучающего мужчину, так и обучающую женщину (диссимуляционная псевдоинформация).

В качестве примера¹⁾ простого конфузионного псевдоинформирования можно также привести терминологическую путаницу, возникающую из-за того, что одно и то же слово может пониматься по-разному, иногда в прямо противоположных значениях. Например, если говорится, что получены «качественные» результаты, одни люди могут понять, что речь идет не о точных, количественных, а лишь о качественных, т. е. в какой-то мере не вполне удовлетворительных результатах, в то время как другие могут воспринять слово «качественные» как «высококачественные» и подумать, что речь идет как раз о весьма удовлетворительных результатах.

Другим примером конфузионного псевдоинформирования является встречающееся еще использование слова «коммуникация» для обозначения транспортного сообщения. Вследствие этого, когда говорят о коммуникации (а также и о «средствах сообщения»), не всегда ясно, идет ли речь о транспорте или о связи.

О п р е д е л е н и е 9. 9. Двойное конфузионное псевдоинформирование — такое конфузионное псевдоинформирование

¹⁾ В русском переводе использован пример, несколько отличающийся от данного автором. — *Прим. ред.*

мирование, в котором среди четырех кодовых цепей вторая имеет с первой общий оригинал, а с четвертой — общий образ, третья же имеет с первой общий образ, а с четвертой — общий оригинал.

Двойное конфузионное псевдоинформирование представлено на фиг. 9.3, б. Оригиналы x_2 преобразуются в образы v_2 и v_3 , а оригинал x_3 также преобразуется в образы v_2 и v_3 — это симуляционное псевдоинформирование. Кроме того, оригиналы x_2 и x_3 преобразуются в образ v_2 , причем те же самые оригиналы одновременно преобразуются и в образ v_3 — это диссимуляционное псевдоинформирование. При таком виде конфузионного псевдоинформирования имеет место преобразование каждого из двух оригиналов в два образа, причем каждый из этих двух образов является результатом преобразования двух оригиналов.

Двойное конфузионное псевдоинформирование проявляется в ситуациях, когда каждое из рассматриваемых следствий может быть вызвано каждой из рассматриваемых причин.

Таким случаем является, например, медицинский диагноз с большим числом выявленных симптомов, которые могут быть связаны с самыми различными болезнями.

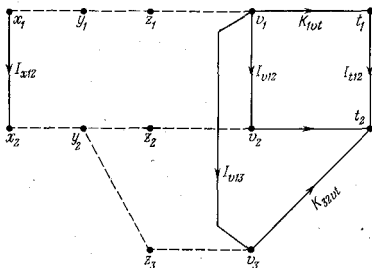
Двойным конфузионным псевдоинформированием была и популярная в старые времена игра с переодеванием «qui pro quo», когда господин менялся платьем со слугой, благодаря чему возникали забавные своей нелепостью ситуации.

В качестве языкового примера можно привести слова «дающий работу» и «берущий работу». Издавна повелось считать «дающим работу», т. е. «работодателем», человека или учреждение, предоставляющих возможность работать, а «берущим работу» (например, «берущим работу на дом») самого работника. Однако иностранец, изучающий польский или русский язык, мог бы не без оснований считать, что «дающим работу», или «работодателем», как раз является работник, «отдающий» свой труд, а предоставляющее ему работу учреждение — это «берущий работу», поскольку оно берет труд работника, выплачивая взамен определенное вознаграждение.

Обычно считается, что в отдельных случаях псевдоинформирование можно получить, применив обратные коды. С этой целью образы (v), полученные в результате псевдо-

информирования, будут считаться промежуточными сообщениями и лишь сообщения (t), полученные в результате применения обратных кодов, будут считаться образами.

К применению обратных кодов в случае симуляционного псевдоинформирования (фиг. 9.4) относится теорема 9.1.



Ф и г. 9. 4. Применение обратных кодов при симуляционном псевдоинформировании.

Теорема 9. 1. Если информирование является симуляционным псевдоинформированием, то после применения к нему обратных кодов оно становится трансинформированием.

Д о к а з а т е л ь с т в о. Даны: ассоциация оригиналов x_1, x_2 , содержащая информацию I_{x12} , код K_{1vx} , являющийся преобразованием оригинала x_1 в промежуточное сообщение v_1 , и код

$$K_{1vt} = K_{1vx}, \quad (9.1)$$

обратный кодам K_{2vx} и K_{3vx} — преобразованиям оригинала x_2 в промежуточные сообщения v_2 и v_3 , а также обратные коды

$$K_{2vt} = K_{2vx}, \quad (9.2)$$

$$K_{3vt} = K_{3vx}, \quad (9.3)$$

являющиеся преобразованиями промежуточных сообщений v_2 и v_3 в образ t_2 . Требуется найти информацию I_{t12} , содержащуюся в ассоциации образов t_1 и t_2 .

На основе теоремы 7.1 можно записать:

$$I_{v12} = K_{2xv} I_{x12} K_{1vx}, \quad (9.4)$$

$$I_{v13} = K_{23xv} I_{x12} K_{1vx} \quad (9.5)$$

и

$$I_{t12} = K_{2vt} I_{v12} K_{1tv}, \quad (9.6)$$

$$I_{t12} = K_{32vt} I_{v13} K_{1tv}. \quad (9.7)$$

Подставив I_{v12} из (9.4) в (9.6), получим

$$I_{t12} = K_{2vt} K_{2xv} I_{x12} K_{1vx} K_{1tv}. \quad (9.8)$$

С учетом (9.1) и (9.2) имеем

$$I_{t12} = I_{x12}. \quad (9.9)$$

Кроме того, после подстановки I_{v13} из (9.5) в (9.7) получаем

$$I_{t12} = K_{32vt} K_{23xv} I_{x12} K_{1vx} K_{1tv}, \quad (9.10)$$

откуда с учетом (9.1) и (9.3)

$$I_{t12} = I_{x12}. \quad (9.11)$$

Остальное является здесь преобразованием I_{x12} в ту же самую информацию I_{t12} (9.11), вследствие чего такое информирование является трансинформированием.

Из теоремы 9.1 следует, что для того, чтобы симуляционное псеудоинформирование стало трансинформированием, необходимо применить обратный код к какому-либо из промежуточных сообщений, являющихся причиной симуляционных псеудоинформаций. Например, если образами являются числа $+2$ и -2 , полученные извлечением квадратного корня, то следует возвести в квадрат одно из этих чисел, например $+2$, чтобы получить 4 в качестве числа, равного оригиналу. Если, кроме того, возвести в квадрат -2 , это уже не даст ничего нового.

Если сигнальная лампочка и электрический звонок входят в один и тот же измерительный прибор, то из того факта, что сигнальная лампочка загорелась, вытекает, что изме-

рительный прибор включен. Чтобы это утверждать, совершенно не обязательно учитывать то, что при этом зазвонил электрический звонок, поскольку этот факт не добавил ничего нового к тому, что измерительный прибор включен.

С выходом из строя одного из предохранителей, включенных в провода двухпроводной электрической сети, пропадает электрическое напряжение. Выход из строя другого предохранителя уже не изменит этого состояния.

Несмотря на то что симуляционное псевдоинформирование увеличивает число промежуточных сообщений, не увеличивая информации множества оригиналов, оно оказывается полезным для повышения надежности получения информации.

Для этой цели применяются дублирование аварийной сигнализации, двойная блокировка и т. п. чтобы при выходе из строя одной из них задача все же была бы выполнена.

Часто знания только одного из следствий определенной причины достаточно для определения самой причины. Например, если болезнь имеет разные симптомы, характерные только для данного заболевания, то достаточно обнаружить один из них, чтобы распознать болезнь. Дополнительные данные служат лишь для подтверждения диагноза.

О применении обратных кодов в случае диссимуляционного псевдоинформирования (фиг. 9.5) говорит следующая теорема.

Теорема 9. 2. Если информирование является диссимуляционным псевдоинформированием, то после применения к нему обратных кодов оно становится двойным конфузионным псевдоинформированием.

Доказательство. Даны: цепь оригиналов x_1, x_2, x_3 , содержащая информации $I_{x_{12}}$ и $I_{x_{13}}$, код K_{1xv} (преобразование оригинала x_1 в промежуточное сообщение v_1), код

$$K_{1vt} = K_{1vx} \quad (9.12)$$

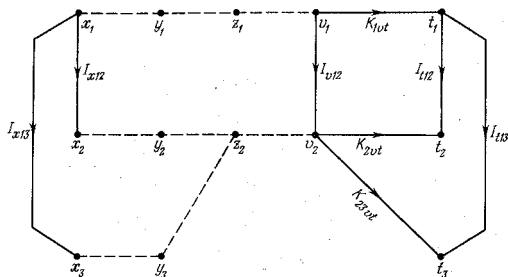
(преобразование промежуточного сообщения v_1 в образ t_1), обратный кодам K_{2xv} и K_{32xv} (преобразования оригиналов x_2, x_3 в промежуточное сообщение v_2) и обратные коды

$$K_{2vt} = K_{2vx} \quad (9.13)$$

$$K_{32vt} = K_{32vx} \quad (9.14)$$

(преобразования промежуточного сообщения v_2 в образы t_2 и t_3).

Требуется найти информации I_{t12} и I_{t13} , содержащиеся в кодовой цепи t_1, t_2, t_3 .



Ф и г. 9. 5. Применение обратных кодов при диссимуляционном псевдоинформировании.

На основании теоремы 7.1 можно написать

$$I_{v12} = K_{2xv} I_{x12} K_{1vx}, \quad (9.15)$$

$$I_{v12} = K_{32xv} I_{x13} K_{1vx} \quad (9.16)$$

или

$$I_{t12} = K_{2vt} I_{v12} K_{1tv}, \quad (9.17)$$

$$I_{t13} = K_{23vt} I_{v12} K_{1tv}. \quad (9.18)$$

Подставив I_{v12} и (9.15) в (9.17), получим

$$I_{t12} = K_{2vt} K_{2xv} I_{x12} K_{1vx} K_{1tv}, \quad (9.19)$$

откуда с учетом (9.12) и (9.13) следует

$$I_{t12} = I_{x12}. \quad (9.20)$$

Кроме того, подставив I_{v12} из (9.16) в (9.18), получим

$$I_{t13} = K_{23vt} K_{32xv} I_{x13} K_{1vx} K_{1tv}, \quad (9.21)$$

откуда с учетом (9.12) и (9.14) следует

$$I_{i13} = I_{x13}. \quad (9.22)$$

И наконец, подставив I_{v12} из (9.16) в (9.17) и I_{v12} из (9.15) в (9.18), получаем

$$I_{i12} = K_{2vt} K_{32xv} I_{x13} K_{1vx} K_{1tv}, \quad (9.23)$$

$$I_{i13} = K_{23vt} K_{2xv} I_{x12} K_{1vx} K_{1tv}, \quad (9.24)$$

откуда с учетом (9.12) следует

$$I_{i12} = K_{2vt} K_{32xv} I_{x13}, \quad (9.25)$$

$$I_{i13} = K_{23vt} K_{2xv} I_{x12}. \quad (9.26)$$

Здесь мы имели:

— преобразование информации I_{x12} (9.20) и информации I_{x13} (9.25) в информацию I_{x12} ;

— преобразование информации I_{x12} (9.26) и информации I_{x13} (9.22) в информацию I_{i13}

и одновременно

— преобразование информации I_{x12} в информации I_{i12} (9.20) и I_{i13} (9.26);

— преобразование информации I_{x13} в информации I_{i12} (9.25) и I_{i13} (9.22),

вследствие чего такое информирование является двойным конфузионным псевдоинформированием.

Из теоремы 9.2 вытекает, что в случае диссимуляционного псевдоинформирования применение обратных кодов дает только некоторый набор информации, которые могло содержать множество оригиналов, но которые не обязательно в нем содержались.

Например, если образ — число 4, полученное после возведения в квадрат, то, применив обратный код, получаем числа +2 и -2 как набор возможных значений, но при этом остается невыясненным, было ли в данном конкретном случае число 4 получено из числа +2 или -2.

Если о каком-либо неизвестном объекте мы знаем только то, что он принадлежит определенному классу, то, даже перечислив все объекты этого класса, мы не узнаем, о каком объекте идет речь.

Например, если в статистическом отчете токари фигурируют как «специалисты по обработке металла», то из перечисления всех специальностей по обработке металла нельзя будет узнать, шла ли речь в данном случае о токарях или о фрезеровщиках, сверловщиках и т. п.

Нельзя получить распределение температуры, зная только среднее значение, поскольку самые различные распределения могут иметь одно и то же среднее значение.

Знание следствия, которое может возникнуть из многих причин, не приводит к знанию причины, которая вызвала это следствие, а говорит лишь о том, что эта причина находится среди множества возможных причин.

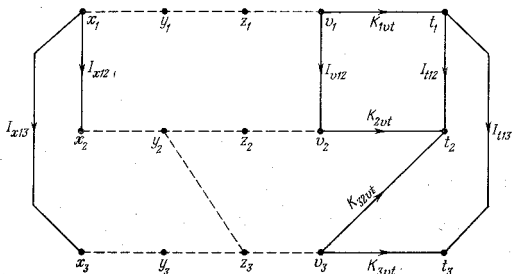
Например, симптомы какой-либо болезни из определенной группы болезней указывают лишь на то, что в конкретном случае речь идет об одной из этих болезней. Чем больше болезней имеют одни и те же симптомы (например, общим для множества болезней симптомом является повышение температуры), тем труднее распознать конкретную болезнь у пациента.

На основании следов, обнаруженных на месте преступления, следователь получает в свои руки лишь набор возможных вариантов происходивших событий, их соучастников и т. п. Для исключения вариантов, не соответствующих действительности, ему необходимо иметь дополнительные данные.

Для того, кто затрудняется с ответом, диссимуляционное псевдоинформирование есть средство сокрытия истины, не навлекая на себя обвинения во лжи. Ответы, даваемые в самом общем виде, оставляют еще простор для различных толкований, поэтому следователю в таких случаях трудно или практически невозможно получить необходимые ему данные. В аналогичном положении оказывается, например, свидетель, который боится своими показаниями усугубить вину осужденного (принуждение к дальнейшим ответам приводит лишь к тому, что он начинает повторять то, что уже сообщил, только в иных выражениях, т. е. вместо диссимуляционного псевдоинформирования начинает применять симуляционное псевдоинформирование).

О применении обратных кодов в случае простого конфузионного псевдоинформирования (фиг. 9.6) говорит теорема 9.3.

Теорема 9.3. Если информирование является простым конфузионным псевдоинформированием, то после применения к нему обратных кодов оно становится двойным конфузионным псевдоинформированием.



Ф и г. 9.6. Применение обратных кодов при простом конфузионном псевдоинформировании.

Доказательство. Даны: цепь оригиналов x_1, x_2, x_3 , содержащая информации I_{x12} и I_{x13} , коды $K_{1v1}, K_{2v2}, K_{3v3}$ (преобразования оригиналов x_1, x_2, x_3 в промежуточные сообщения v_1, v_2, v_3), обратные коды

$$K_{1vt} = K_{1vx} \quad (9.27)$$

$$K_{2vt} = K_{2vx} \quad (9.28)$$

$$K_{3vt} = K_{3vx} \quad (9.29)$$

(преобразования промежуточных сообщений v_1, v_2, v_3 в образы t_1, t_2, t_3), код K_{23v2} (преобразование оригинала x_2 в промежуточное сообщение v_3) и обратный код

$$K_{32vt} = K_{32vx} \quad (9.30)$$

(преобразование промежуточного сообщения v_3 в образ t_2).

Требуется определить информации I_{112} , I_{113} , содержащиеся в цепи образов t_1 , t_2 , t_3 .

На основании теоремы 7.1 можно записать:

$$I_{v12} = K_{2xv} I_{x12} K_{1vx}, \quad (9.31)$$

$$I_{v13} = K_{23xv} I_{x12} K_{1vx}, \quad (9.32)$$

$$I_{v13} = K_{3xv} I_{x13} K_{1vx}, \quad (9.33)$$

а также

$$I_{112} = K_{2vt} I_{v12} K_{1tv}, \quad (9.34)$$

$$I_{112} = K_{32vt} I_{v13} K_{1tv}, \quad (9.35)$$

$$I_{113} = K_{3vt} I_{v13} K_{1tv}. \quad (9.36)$$

Подставив I_{v12} из (9.31) в (9.34), получим

$$I_{112} = K_{2vt} K_{2xv} I_{x12} K_{1vx} K_{1tv}, \quad (9.37)$$

откуда с учетом (9.27) и (9.28) следует

$$I_{112} = I_{x12}. \quad (9.38)$$

Подставив I_{v13} из (9.32) в (9.35), получим

$$I_{112} = K_{32vt} K_{23xv} I_{x12} K_{1vx} K_{1tv}, \quad (9.39)$$

откуда с учетом (9.27) и (9.30) вытекает

$$I_{112} = I_{x12}. \quad (9.40)$$

После подстановки I_{v13} из (9.33) в (9.36) получаем

$$I_{113} = K_{3vt} K_{3xv} I_{x13} K_{1vx} K_{1tv}, \quad (9.41)$$

откуда с учетом (9.27) и (9.29) следует

$$I_{113} = I_{x13}. \quad (9.42)$$

Кроме того, подставив (9.33) в (9.35) и (9.32) в (9.36), получим

$$I_{112} = K_{32vt} K_{3xv} I_{x13} K_{1vx} K_{1tv}, \quad (9.43)$$

$$I_{113} = K_{3vt} K_{23xv} I_{x12} K_{1vx} K_{1tv}. \quad (9.44)$$

откуда с учетом (9.27) получаем

$$I_{i12} = K_{32vt} K_{3xv} I_{x13}, \quad (9.45)$$

$$I_{i13} = K_{3vt} K_{23xv} I_{x12}. \quad (9.46)$$

Здесь мы имеем:

— преобразование информации I_{x12} (9.38) и (9.40) и информации I_{x13} (9.45) в информацию I_{i12} ;

— преобразование информации I_{x12} (9.46) и информации I_{x13} (9.42) в информацию I_{i13} и одновременно

— преобразование информации I_{x12} в информации I_{i12} (9.38) и (9.40), так же как и в информацию I_{i13} (9.46);
— преобразование информации I_{x13} в информации I_{i12} (9.45) и I_{i13} (9.42),

вследствие чего такое информирование является двойным конфузионным псевдоинформированием.

Из теоремы 9.3 следует, что в случае простого конфузионного псевдоинформирования применение обратных кодов еще более ухудшает дело, приводя от частичной неясности к полной.

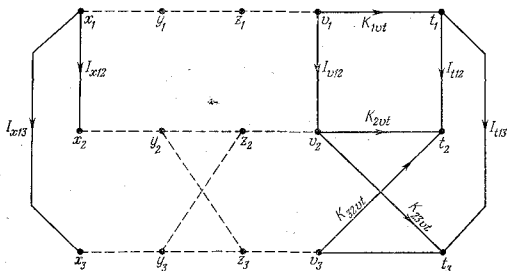
Этот парадоксальный вывод заслуживает более детального рассмотрения.

Предположим, что основную роль в данной книге играют два понятия: автомобильное сообщение (x_2) и телефонная связь (x_3), причем автор этой книги для автомобильного сообщения всегда применяет термин «транспорт» (v_2), а термин «коммуникация» иногда используется в том же значении, иногда же в значении телефонной связи. Мы имеем тогда дело с простым конфузионным псевдоинформированием, ибо автомобильное сообщение описывается как термином «транспорт», так и термином «коммуникация» (симуляционное псевдоинформирование), а кроме того, автомобильное сообщение и телефонная связь иногда обозначаются общим термином «коммуникация» (диссимуляционное псевдоинформирование). Это приводит к путанице: встретив термин «транспорт», читатель знает, что автор говорит об автомобильном сообщении, а встретившись с термином «коммуникация», он остается неуверенным, говорит ли автор в данном месте текста об автомобильном сообщении или о телефонной связи. Если бы в этом случае был применен обратный код (в

результате чего получилось бы два образа), необходимо было бы ввести два новых понятия. Предположим, что вводятся новые термины «*quax*» (t_2) и «*quix*» (t_3) в качестве образов, получаемых при применении обратных кодов к терминам «транспорт» и «коммуникация», играющих роль промежуточных сообщений. Термин «*quax*», общий для понятий «транспорт» и «коммуникация», означал бы как автомобильное сообщение, так и телефонную связь (поскольку термин «транспорт» означает автомобильное сообщение, а термин «коммуникация» употребляется в обоих значениях), но и термин «*quix*», соответствующий только термину «коммуникация», точно так же обозначал бы либо автомобильное сообщение, либо телефонную связь (поскольку термин «коммуникация» используется в обоих значениях). В результате ни применение термина «*quax*», ни применение «*quix*» в некоторых местах текста не устраняло бы возникающих у читателей сомнений о том, когда автор говорит об автомобильном сообщении, а когда о телефонной связи.

О применении обратных кодов в случае двойного конфузионного псевдоинформирования (фиг. 9.7) говорит теорема 9.4.

Теорема 9.4. Если информирование является двойным псевдоинформированием, то применение к нему обратных



Ф и г. 9.7. Применение обратных кодов при двойном конфузионном псевдоинформировании.

кодов приводит к двойному конфузионному псевдоинформированию.

Доказательство. Даны: цепь оригиналов x_1, x_2, x_3 , содержащая информации $I_{x_{12}}, I_{x_{13}}$, коды $K_{1xv}, K_{2xv}, K_{3xv}$ (преобразования оригиналов x_1, x_2, x_3 в промежуточные сообщения v_1, v_2, v_3) и обратные коды

$$K_{1vt} = K_{1vx}, \quad (9.47)$$

$$K_{2vt} = K_{2vx}, \quad (9.48)$$

$$K_{3vt} = K_{3vx} \quad (9.49)$$

(преобразования промежуточных сообщений v_1, v_2, v_3 в образы t_1, t_2, t_3), код K_{23xv} (преобразование оригинала x_2 в промежуточное сообщение v_3) и обратный код

$$K_{32vt} = K_{23xv} \quad (9.50)$$

(преобразование промежуточного сообщения v_3 в образ t_2), код K_{32xv} (преобразование оригинала v_3 в образ t_2) и обратный код

$$K_{23vt} = K_{32xv} \quad (9.51)$$

(преобразование промежуточного сообщения v_2 в образ t_3). Искомыми являются информации $I_{t_{12}}, I_{t_{13}}$ в цепи образов t_1, t_2, t_3 .

На основе теоремы 7.1 можно записать:

$$I_{v_{12}} = K_{2xv} I_{x_{12}} K_{1vx}, \quad (9.52)$$

$$I_{v_{12}} = K_{32xv} I_{x_{13}} K_{1vx}, \quad (9.53)$$

$$I_{v_{13}} = K_{23xv} I_{x_{12}} K_{1vx}, \quad (9.54)$$

$$I_{v_{13}} = K_{3xv} I_{x_{13}} K_{1vx}, \quad (9.55)$$

а также

$$I_{t_{12}} = K_{2vt} I_{v_{12}} K_{1tv}, \quad (9.56)$$

$$I_{t_{12}} = K_{32vt} I_{v_{13}} K_{1tv}, \quad (9.57)$$

$$I_{t_{13}} = K_{23vt} I_{v_{12}} K_{1tv}, \quad (9.58)$$

$$I_{t_{13}} = K_{3vt} I_{v_{13}} K_{1tv}. \quad (9.59)$$

Подставив I_{v12} из (9.52) в (9.56), получим

$$I_{i12} = K_{2vt}K_{2xv}I_{x12}K_{1vx}K_{1tv}, \quad (9.60)$$

откуда с учетом (9.47) и (9.48) имеем

$$I_{i12} = I_{x12}. \quad (9.61)$$

Подставив I_{v13} из (9.54) в (9.57), получим

$$I_{i12} = K_{32vt}K_{23xv}I_{x12}K_{1vx}K_{1tv}, \quad (9.62)$$

откуда с учетом (9.47) и (9.50) следует

$$I_{i12} = I_{x12}. \quad (9.63)$$

Подставив I_{v12} из (9.53) в (9.58), получим

$$I_{i13} = K_{23vt}K_{32xv}I_{x13}K_{1vx}K_{1tv}, \quad (9.64)$$

откуда с учетом (9.47) и (9.51) следует

$$I_{i13} = I_{x13}. \quad (9.65)$$

Подставив I_{v13} из (9.55) в (9.59), получим

$$I_{i13} = K_{3vt}K_{3xv}I_{x13}K_{1vx}K_{1tv}, \quad (9.66)$$

откуда с учетом (9.47) и (9.49) следует

$$I_{i13} = I_{x13}. \quad (9.67)$$

Кроме того, подставив I_{v12} из (9.53) в (9.56) и из (9.52) в (9.58), а также I_{v13} из (9.55) в (9.57) и из (9.54) в (9.59), имеем

$$I_{i12} = K_{2vt}K_{32xv}I_{x13}K_{1vx}K_{1tv}, \quad (9.68)$$

$$I_{i13} = K_{23vt}K_{2xv}I_{x12}K_{1vx}K_{1tv}, \quad (9.69)$$

$$I_{i12} = K_{32vt}K_{3xv}I_{x13}K_{1vx}K_{1tv}, \quad (9.70)$$

$$I_{i13} = K_{3vt}K_{23xv}I_{x12}K_{1vx}K_{1tv}, \quad (9.71)$$

откуда с учетом (9.47) следует

$$I_{i12} = K_{2vt}K_{32xv}I_{x13}, \quad (9.72)$$

$$I_{i13} = K_{23vt}K_{2xv}I_{x12}, \quad (9.73)$$

$$I_{i12} = K_{32vt}K_{3xv}I_{x13}, \quad (9.74)$$

$$I_{i13} = K_{3vt}K_{23xv}I_{x12}. \quad (9.75)$$

Здесь мы имели:

— преобразование информации $I_{x_{12}}$ (9.61) и (9.63) и информации $I_{x_{13}}$ (9.72) и (9.74) в информацию $I_{f_{12}}$;

— преобразование информации $I_{x_{12}}$ (9.73) и (9.75) и информации $I_{x_{13}}$ (9.65) и (9.67) в информацию $I_{f_{13}}$ и одновременно

— преобразование информации $I_{x_{12}}$ в информацию $I_{f_{12}}$ (9.61) и (9.63), а также в информацию $I_{f_{13}}$ (9.65) и (9.75);

— преобразование информации $I_{x_{13}}$ в информацию $I_{f_{12}}$ (9.72) и (9.74), а также в информацию $I_{f_{13}}$ (9.65) и (9.67), вследствие чего такое информирование является двойным конфузионным псевдоинформированием.

Из теоремы (9.4) следует, что применение обратных кодов к двойному конфузионному псевдоинформированию приводит к состоянию полной неопределенности.

В заключение рассуждений на тему о псевдоинформировании следует заметить, что применение обратных кодов к симуляционному псевдоинформированию равносильно введению диссимуляционного псевдоинформирования, в результате чего получается трансинформирование.

Применение обратных кодов к диссимуляционному псевдоинформированию равносильно введению симуляционного псевдоинформирования. Применение обратных кодов к простому конфузионному псевдоинформированию равносильно введению конфузионного псевдоинформирования, но в обратном направлении кодовой цепи, в которой появляется псевдоинформация. Применение обратных кодов к двойному конфузионному псевдоинформированию равносильно введению этого псевдоинформирования. Во всех этих трех случаях информирование осуществляется в результате двойного конфузионного псевдоинформирования.

Итак, мы выяснили различия между различными видами псевдоинформирования. Симуляционное псевдоинформирование дает в результате симуляционные псевдоинформации, из которых только одна (какая-либо) нужна для определения информации, содержащейся в множестве оригиналов, поэтому применение обратных кодов в этом случае помогает избавиться от остальных псевдоинформаций.

В то же время применение диссимуляции к остальным трем видам псевдоинформирования приводит к потере ин-

формации, восстановить которую, применив обратные коды, уже не удастся. Относительно потерянных информации можно указать лишь некоторое «множество возможностей», причем дальнейшее применение обратных кодов лишь все более снимает наложенные на эти возможности ограничения, так что в конце концов достигается состояние (двойное конфузионное псевдоинформирование), при котором потерянная информация становится совершенно неопределенной.

ДЕЗИНФОРМИРОВАНИЕ

Предметом исследования данной главы будет информирование, в котором все кодовые цепи являются разделенными, но не все они заполнены.

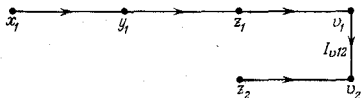
Определение 10. 1. Дезинформирование — информирование, в котором некоторые кодовые цепи не полны.

Определение 10. 2. Дезинформация — информация, содержащаяся в множестве образов и искажающая информацию множества образов в результате дезинформирования.

Виды дезинформации можно различать в соответствии с введенными в гл. 7 понятиями симуляции, диссимуляции и конфузии.

Определение 10. 3. Симуляционное дезинформирование — дезинформирование, при котором некоторые кодовые цепи не содержат оригиналов.

Определение 10. 4. Симуляционная дезинформация — дезинформация, полученная в результате симуляционного дезинформирования.



Ф и г. 10.1. Симуляционное дезинформирование.

Симуляционное дезинформирование схематично представлено на фиг. 10.1 Образ v_1 — результат преобразования оригинала x_1 , образ же v_2 не является результатом преобразования заданного оригинала, он появился в результате каких-то посторонних причин. Информация $I_{v_1z_2}$ —

симуляционное дезинформирование, поскольку в множестве оригиналов отсутствует информация I_{x12} .

Например, если при измерении электрического напряжения стрелка вольтметра вследствие его неисправности возвращается в нулевое положение, измеряющий получает симуляционную дезинформацию, ибо будет считать, что напряжение упало до нуля, хотя на самом деле оно осталось без изменений.

Из технических примеров симуляционного информирования можно упомянуть также появление ложного сигнала из-за неправильного действия самого сигнализирующего устройства, что заставляет обслуживающий персонал вмешаться в действие оборудования, хотя оно работало нормально. Аналогичный характер имеет неправильное действие автоматических предохранителей, ошибочно прерывающих работу нормально функционирующего оборудования.

Симуляционным дезинформированием является также подделка чужих подписей, изготовление фальшивых квитанций, подача сведений о выполнении работы, которая на самом деле не была выполнена, выставление в витринах магазина таких товаров, которых на самом деле в магазине нет, вызов пожарной команды на несуществующий пожар и т. д.

К примерам из судопроизводства принадлежат показания обвиняемого, который, чтобы уберечь от наказания близкого ему человека, совершившего преступление, берет на себя его вину, или же показания свидетеля, приводящего вымышленные факты либо описывающего то, чего на самом деле не было.

В качестве симуляционной дезинформации можно привести появление в прејскуранте какого-либо товара, хотя его нет в продаже, указание в железнодорожном расписании поезда, который на самом деле не курсирует, и т. п.

Симуляционное дезинформирование иногда применяется в целях пропаганды. В качестве примера можно привести случаи, когда в военных сводках говорится о победоносных сражениях, в то время как на самом деле никаких сражений не было; когда правительство какой-либо страны обвиняет правительство другой страны во враждебных действиях, которых то на самом деле не совершало;

когда политическая партия нападает на своих противников за слова, которые никто не произносил; когда редакция газеты, чтобы заинтересовать своих читателей, выдумывает сенсационные новости («газетные утки»); когда косметическая фирма рекламирует свои изделия, приписывая им свойства, которых они не имеют, и т. д.

Наконец, следует упомянуть симуляционное дезинформирование в литературе и искусстве, например введение исполнителями музыкальных произведений «отсебятины», украшение репортажа вымышленными подробностями и т. д.

Почти полностью к симуляционному дезинформированию можно отнести изображение людей и их действий в романах, театральных постановках, кинофильмах и т. д. Искушенные авторы таких произведений даже особо заявляют, что все персонажи в них вымышлены, а возможное сходство с реальными людьми носит случайный характер, пытаясь таким путем избежать нареканий со стороны тех, кто мог бы быть обижен сходством с отрицательными героями и мог бы потребовать возмещения за урон, нанесенный его доброму имени.

Очевидно, что изображение общечеловеческих качеств в художественных образах не является дезинформированием.

О п р е д е л е н и е 10. 5. Д и с с и м у л я ц и о н н о е д е з и н ф о р м и р о в а н и е — дезинформирование, в котором некоторые кодовые цепи не содержат образов.

О п р е д е л е н и е 10. 6. Д и с с и м у л я ц и о н н а я д е з и н ф о р м а ц и я — искажение информации в результате диссимуляционного дезинформирования.

Диссимуляционное дезинформирование представлено на фиг. 10.2. Оригинал x_1 преобразован в образ v_1 , в то время как оригинал x_2 не преобразован в желаемый образ, поскольку необходимая для этого кодовая цепь обрывается



Ф и г. 10.2. Д и с с и м у л я ц и о н н о е д е з и н ф о р м и р о в а н и е.

на каком-то промежуточном сообщении. Вследствие этого, хотя в множестве оригиналов имеется информация $I_{\alpha 12}$, в множестве образов нет информации $I_{\alpha 12}$.

Например, если, несмотря на наличие напряжения в электрической цепи, стрелка испорченного вольтметра будет находиться на нуле, лицо, измеряющее напряжение, получит диссимуляционную информацию о том, что в электрической цепи нет напряжения.

Другим техническим примером диссимуляционной информации является случай, когда сообщение, закодированное в сигналах, не появилось из-за неисправности сигнального устройства. Подобный характер носит неисправность автоматических блокировок и предохранителей, что может привести к порче или разрушению блокируемого прибора.

Диссимуляционным дезинформированием является также, если преступник уничтожил компрометирующий его документ или ликвидировал следы своего пребывания на месте преступления, если свидетель утаил известный ему факт или забыл о нем упомянуть и т. д.

В качестве диссимуляционного дезинформирования можно также привести пропуск какого-либо товара в преискуранте, хотя он находится в продаже, отсутствие в расписании движения поездов упоминания о поезде, который на самом деле курсирует.

Диссимуляционное дезинформирование в целях пропаганды имеет место в таких, например, случаях, когда в военных сообщениях утаиваются поражение своих войск и понесенные при этом потери, когда в опубликованном тексте договора умалчивается о наличии некоторых тайных пунктов, когда в отчете о деятельности учреждения его руководство умалчивает о собственных ошибках, когда изготовитель скрывает, что при неизменном названии вырабатываемой продукции от снизил ее качество и т. д.

В качестве примеров диссимуляционного информирования в области литературы и искусства можно привести пропуск определенных мест при переиздании литературного произведения, при театральных постановках, демонстрации кинофильмов, исполнении музыкальных произведений и т. д.

Чтобы избежать диссимуляционного дезинформирования, в судопроизводстве применяется известная формула

для свидетеля: буду говорить правду (обязательство трансформирования), всю правду (отказ от диссимуляционного дезинформирования) и только правду (отказ от симуляционного дезинформирования).

Для допрашиваемых, на которых оказывается давление, безопаснее прибегать к диссимуляционному, чем к симуляционному дезинформированию, поскольку в общем случае следователю гораздо легче обнаружить в показаниях допрашиваемого вымысел, чем утаивание, главным образом потому, что скрываемые факты следователю не известны, так что он не знает, что следует подвергнуть проверке. Если бы он знал эти факты, то и не спрашивал бы о них, за исключением случаев, когда необходимо установить искренность допрашиваемого или когда его заявление предполагается использовать в качестве «контрольного сообщения».

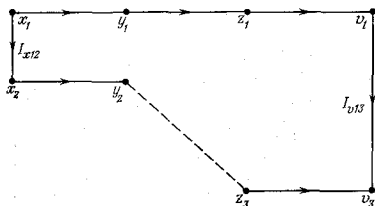
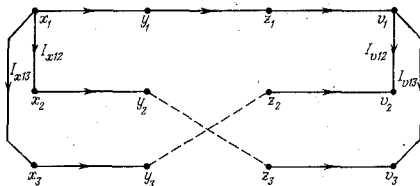
Подобные обстоятельства играют роль и в пропаганде. Давно получило широкое распространение симуляционное дезинформирование, основанное на обвинении противников в компрометирующих их вымышленных поступках в расчете на то, что до тех пор, пока эти обвинения не будут опровергнуты как необоснованные, противнику будет доставлено много неприятностей. В настоящее время, когда развитие средств коммуникации позволяет чрезвычайно быстро распространять сведения, сообщая их одновременно большому количеству людей, в пропаганде используется главным образом диссимуляционное дезинформирование — умалчивание собственных неблагоприятных поступков, а также фактов, свидетельствующих в пользу противника.

Определение 10. 7. Конфузионное дезинформирование — такое дезинформирование, при котором некоторые кодовые цепи не содержат оригиналов, а другие — образы.

Конфузионное дезинформирование представляет собой комбинацию симуляционного и диссимуляционного дезинформирования.

Определение 10. 8. Простое (одиночное) конфузионное дезинформирование — конфузионное дезинформирование, в котором среди трех кодовых цепей вторая цепь не содержит образов, а третья — оригиналов.

На фиг. 10.3, *a* иллюстрируется простое конфузионное дезинформирование. Оригинал x_1 преобразуется в образ v_1 , в то время как оригинал x_2 не преобразуется в заданный

a*b*

Ф и г. 10.3. Конфузионное дезинформирование.
a — простое; *b* — двойное.

образ, но в множестве образов имеется образ v_3 , полученный иным путем. В результате, хотя множество оригиналов и содержит информацию I_{x12} , множество образов не содержит информации I_{v13} (диссимуляционное дезинформирование), а содержит информацию I_{v13} , хотя множество оригиналов не содержит информации I_{x13} (симуляционное дезинформирование).

В технике типичным примером простого конфузионного дезинформирования являются погрешности измерений.

Например, если при измерении электрического тока в 5,1 А амперметр показывает 5,2 А, то это простое конфузионное дезинформирование, в котором симуляционное дезинформирование — указание несуществующего тока 5,2 А, а диссимуляционное дезинформирование — неуказание существующего тока 5,1 А; в результате получается дезинформация в виде превышения показываемого тока над реальным на 0,1 А, что является погрешностью измерения.

Простым конфузионным дезинформированием являются ошибки, например указание в железнодорожном расписании ошибочного времени отправления какого-либо поезда, указание ошибочной цены какого-либо товара в преискусурганте, сообщение кому-либо ошибочного адреса, неправильного телефона и т. д.

Простым конфузионным дезинформированием являются также искажения, например, цифр на чеке или квитанции, указание в кассовой ведомости другого количества денег, чем фактически находится в кассе, выступление под ложной фамилией и т. п.

Если свидетель показывает, что кого-то били рукой, а не палкой, как было на самом деле, то это простое конфузионное дезинформирование, состоящее из диссимуляционного дезинформирования (свидетель скрыл удары палкой) и симуляционного дезинформирования (свидетель выдумал удары рукой).

В военных сводках часто встречается простое конфузионное дезинформирование — сообщение о незначительных собственных потерях или о больших потерях противника. Подобный же характер носят и искажения фактов в учебниках истории.

В литературе и искусстве можно встретиться с такими искажениями, как приукрашенное изображение людей на портретах или в биографических произведениях, переименование музыкальных произведений исполнителями и т. д.

При крайних проявлениях простого конфузионного дезинформирования прерывание одной кодовой цепи и появление взамен нее другой может быть выражено совершенно отчетливо, например при перехвате письма и замене его другим.

Менее ярко это проявляется в случаях, когда дезинформация возникает вследствие мелких изменений, происхо-

дящих в различных местах цепи управления, например при ошибках, вызванных погрешностями измерений из-за некачественного изготовления элементов измерительного прибора, изменений параметров элементов вследствие их старения и т. д. В таких случаях следовало бы говорить скорее не о двух кодовых цепях, а о множестве последовательных коротких кодовых цепей, которые в конце концов дают в множестве образов информацию, отличающуюся от информации в множестве оригиналов.

Подобная ситуация наблюдается, когда цепь управления состоит из большого количества элементов, преобразующих промежуточные сообщения, например при устном распространении какой-либо новости большим количеством людей. Это напоминает известное явление, когда распространяемые сплетни сильно отличаются от того, что было на самом деле. Поэтому в судопроизводстве различают, говорит ли свидетель о событиях, которые он сам видел, или о которых он только слышал от других лиц.

Чтобы ограничить возможность возникновения дезинформации, обычно стараются избежать ненужных преобразований сообщений. Очевидно, наилучшим способом избежать дезинформирования является использование одних и тех же сообщений в качестве оригиналов и в качестве образов или использование равнозначного трансформирования (гл. 8).

Следует, однако, иметь в виду ситуации (гл. 3), когда кодовая цепь обрывается на пассивных промежуточных сообщениях, вследствие чего для их преобразования в активные необходим приток энергии от внешнего источника, что может внести дезинформацию.

О п р е д е л е н и е 10. 9. Двойное конфузионное дезинформирование — конфузионное дезинформирование, состоящее из таких двух простых процессов конфузионного дезинформирования, при которых одна из информаций, содержащихся в цепи оригиналов, и одна из информаций, содержащихся в цепи образов, являются взаимно обратными преобразованиями.

Двойное конфузионное дезинформирование представлено на фиг. 10.3, б. При появлении оригинала x_2 появляется образ v_3 , и, наоборот, при появлении оригинала x_3 появляется образ v_2 . В результате, если множество оригиналов

содержит информацию $I_{x_{12}}$, множество образов содержит информацию $I_{v_{13}}$; точно так же, если множество оригиналов содержит информацию $I_{x_{13}}$, множество образов содержит информацию $I_{v_{12}}$. Результирующая дезинформация $I_{v_{23}}$ в цепи образов и результирующая дезинформация $I_{x_{23}}$ в цепи оригиналов являются взаимно обратными.

При измерениях двойное конфузионное дезинформирование наблюдается, например, в случае, если амперметр с нулем по середине шкалы подключен неправильно и вместо $-0,1$ А показывает $+0,1$ А, а вместо $+0,1$ А показывает $-0,1$ А.

Если свидетель, умышленно или ошибочно приняв одно лицо за другое, показывает, что Иван ударил Петра, в то время как в действительности Петр ударил Ивана, то это двойная конфузионная дезинформация. Здесь имеются две симуляционные дезинформации (свидетель ошибочно указал, что бил Иван и что избит был Петр) и две диссимуляционные дезинформации (свидетель скрыл, что бил Петр и что избит был Иван).

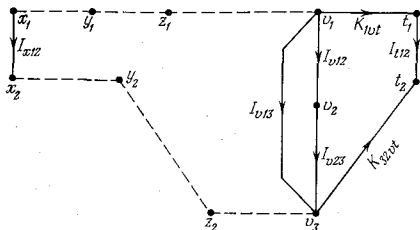
Таким же двойным конфузионным дезинформированием является сообщение в военной сводке о том, что противник потерпел поражение, в то время как на самом деле он одержал победу.

Ниже мы исследуем пути устранения дезинформации. Точно так же, как и в гл. 9, образы (v) будут рассматриваться нами как промежуточные сообщения и лишь полученные из них сообщения (t) будут рассматриваться как образы.

К простому конфузионному дезинформированию относится следующая теорема (фиг. 10.4).

Теорема 10.1. Простое конфузионное дезинформирование становится трансинформированием, если к первичному промежуточному сообщению применяется код, являющийся таким же преобразованием, как и дезинформация, либо если к вторичному промежуточному сообщению применяется код, являющийся преобразованием, обратным дезинформации.

Доказательство. Даны: ассоциация оригиналов x_1, x_2 , содержащая информацию $I_{x_{12}}$, и ассоциация промежуточных сообщений v_1, v_2 , содержащая информацию, отличающуюся от $I_{x_{12}}$. Требуется найти информацию



Ф и г. 10.4. Применение обратных кодов при простом конфузионном дезинформировании.

I_{t12} , содержащаяся в ассоциации образов и удовлетворяющую уравнению

$$I_{t12} = I_{x12}. \quad (10.1)$$

На основе теоремы 7.1 можно записать:

$$I_{t12} = K_{32vt} I_{v13} K_{1vt}. \quad (10.2)$$

А. Рассмотрим случай, когда K_{32vt} — тривиальный код:

$$K_{32vt} = K^0. \quad (10.3)$$

Используя (10.3), получаем из (10.2)

$$I_{t12} = I_{v13} K_{1vt}. \quad (10.4)$$

Можно выбрать такое внутреннее сообщение v_2 , чтобы операционная информация I_{v23} , содержащаяся в ассоциации промежуточных сообщений v_2, v_3 , совпадала с информацией I_{x12} :

$$I_{v23} = I_{x12}. \quad (10.5)$$

Кроме того, информацию I_{v13} можно считать результирующей информацией, образованной информацией I_{v12} , ставшей дезинформацией, и трансформацией I_{v23} :

$$I_{v13} = I_{v23} I_{v12}. \quad (10.6)$$

Подставив I_{v13} из (10.6) в (10.4), получим

$$I_{t12} = I'_{v23} I'_{v12} K_{1vt} \quad (10.7)$$

или с учетом (10.5)

$$I_{t12} = I_{x12} I'_{v12} K_{1vt}. \quad (10.8)$$

Если подобрать код K_{1vt} , равный дезинформации I'_{v12} :

$$K_{1vt} = I'_{v12}, \quad (10.9)$$

то из (10.8) следует

$$I_{t12} = I_{x12}. \quad (10.10)$$

Б. Изучим случай, когда K_{1vt} является тривиальным кодом:

$$K_{1vt} = K^0. \quad (10.11)$$

С учетом (10.11) получаем из (10.2)

$$I_{t12} = K_{32vt} I_{v13}. \quad (10.12)$$

Можно выбрать такое промежуточное сообщение v_2^* , чтобы операционная информация I_{v12}^* , содержащаяся в ассоциации v_1, v_2^* , совпадала с информацией I_{x12} :

$$I_{v12}^* = I_{x12}. \quad (10.13)$$

Кроме того, информацию I_{v13} можно считать результирующей информацией трансформации I_{v12}^* и случайной информации I_{v23}^* , ставшей дезинформацией:

$$I_{v13} = I_{v23}^* I_{v12}^*. \quad (10.14)$$

Подставив I_{v13} из (10.14) в (10.12), получим

$$I_{t12} = K_{32vt} I_{v23}^* I_{v12}^* \quad (10.15)$$

или с учетом (10.13)

$$I_{t12} = K_{32vt} I_{v23}^* I_{x12}. \quad (10.16)$$

Если подобрать код, обратный дезинформации I_{v23}^* ,

$$K_{32vt} = I_{v23}^*, \quad (10.17)$$

то из (10.16) следует

$$I_{v12} = I_{x12}. \quad (10.18)$$

Дальнейшее преобразование дезинформирования в трансинформирование может проводиться либо добавлением дезинформации (преобразование первичного промежуточного сообщения), подобной существующей, либо компенсацией (преобразование вторичного промежуточного сообщения) существующей дезинформации. Введение дополнительной дезинформации — редкий случай, так как оно применимо только для таких множеств промежуточных сообщений, в которых какое-либо промежуточное сообщение, выступая в роли первичного сообщения, образует информационные ассоциации со всеми остальными промежуточными сообщениями того же множества, причем такие, что в каждом из них имеется одна и та же дезинформация.

Например, если выясняется, что при вычерчивании графика все точки кривой ошибочно нанесены на 1 см выше, чем надо, то легче ввести дополнительную дезинформацию (случай А в теореме 10.1), подняв на 1 см ось абсцисс, нежели скомпенсировать дезинформацию (случай Б в теореме 10.1), т. е. стереть кривую и вычертить ее заново, сместив на 1 см ниже.

Тем же приемом пользуется продавец при взвешивании жидких продуктов, когда он вместо того, чтобы вычестить вес посуды после ее наполнения и таким образом определить чистый вес жидкости, ставит пустую посуду на весы и с помощью разновесных гирь уравнивает весы, а затем взвешивает необходимое количество жидкости.

Выводы теоремы 10.1 в полной мере относятся к симуляционному и диссимуляционному дезинформированиям как частным случаям конфузионного дезинформирования.

Для сведения симуляционного дезинформирования к трансинформированию достаточно разорвать кодовую цепь, образованную посторонними причинами.

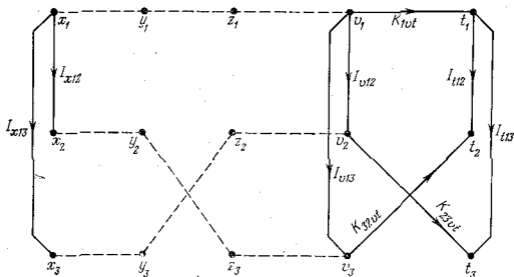
Так, в приведенных выше примерах симуляционного дезинформирования для этого следовало бы вычеркнуть в прейскуранте товары, которые не находятся в продаже, в железнодорожном расписании — поезд, который не курсирует, и т. д.

В примерах диссимуляционного дезинформирования для сведения к трансформированию потребовалось бы введение недостающих информации.

Например, следовало бы вписать в прейскурант цену товара, имеющегося в продаже, внести в расписание поездов недостающие сведения о курсирующих поездах и т. д.

Следующая теорема относится к случаю конфузионного дезинформирования.

Теорема 10. 2. При применении обратных кодов к двойному конфузионному дезинформированию получается трансформирование.



Фиг. 10.5. Применение обратных кодов при двойном конфузионном дезинформировании.

Доказательство. Даны (фиг. 10.5): цепь оригиналов x_1, x_2, x_3 , содержащая информации I_{x12}, I_{x13} , и цепь промежуточных сообщений v_1, v_2, v_3 , содержащая информации

$$I_{v12} = I_{x12}, \quad (10.19)$$

$$I_{v13} = I_{x13}. \quad (10.20)$$

Требуется найти информацию I_{t12} и I_{t13} в цепи образов t_1, t_2, t_3 при условии

$$K_{1vt} = K^0. \quad (10.21)$$

На основе теоремы 7.1 можно написать

$$I_{112} = K_{32vt} I_{v23} I_{v12} K_{1tv} \quad (10.22)$$

или с учетом (10.19) и (10.21)

$$I_{112} = K_{32vt} I_{v23} I_{x12}. \quad (10.23)$$

Если подобрать код K_{32vt} , обратный дезинформации I_{v23} ,

$$K_{32vt} = I_{v32}, \quad (10.24)$$

то из (10.23) получается

$$I_{112} = I_{x12}. \quad (10.25)$$

Следовательно, на основании теоремы 7.2 можно написать

$$I_{113} = K_{23vt} I_{v12} K_{1tv}. \quad (10.26)$$

Информация I_{v13} — результирующая информация информаций I_{v12} и I_{v23} :

$$I_{v13} = I_{v23} I_{v12}, \quad (10.27)$$

или

$$I_{v32} I_{v13} = I_{v12}, \quad (10.28)$$

вследствие чего (10.26) можно записать в виде

$$I_{113} = K_{23vt} I_{v32} I_{v13} K_{1tv}, \quad (10.29)$$

а с учетом (10.20) и (10.21)

$$I_{113} = K_{23vt} I_{v32} I_{x13}. \quad (10.30)$$

Если подобрать код, обратный дезинформации I_{v32} ,

$$K_{23vt} = I_{v23}, \quad (10.31)$$

то из (10.30) следует

$$I_{113} = I_{x13}. \quad (10.32)$$

Таким образом, сведение двойного конфузионного дезинформирования к трансинформированию основано на обращении информации (т. е. на применении обратного преобразования).

В примере с амперметром достаточно считать $+0,1$ А за $-0,1$ А, а $-0,1$ А за $+0,1$ А, или просто поменять местами клеммы амперметра.

Если показание свидетеля, что якобы Иван ударил Петра, является двойным конфузионным дезинформированием, то придание ему обратного смысла, т. е. что Петр ударил Ивана, будет установлением действительного положения вещей.

ПАРАИНФОРМИРОВАНИЕ

В рассмотренных ранее видах информирования роль играли только сообщения, относящиеся к кодовым цепям, т. е. такие сообщения, которые преобразовывались в другие сообщения вдоль кодовых цепей, или сообщения, которые уже являлись результатом преобразования предыдущих сообщений.

Теперь мы приступим к изучению такого информирования, при котором, кроме указанных сообщений, присутствуют сообщения, не принадлежащие ни к одной из кодовых цепей.

О п р е д е л е н и е 11. 1. Парасообщение — сообщение, принадлежащее информационной цепи, но не принадлежащее ни одной из кодовых цепей.

О п р е д е л е н и е 11. 2. Параоригинал — парасообщение в цепи оригиналов.

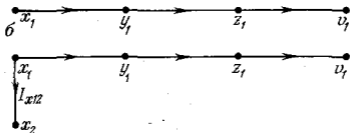
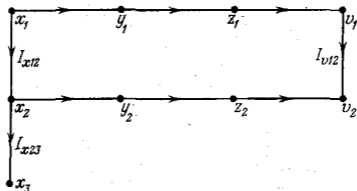
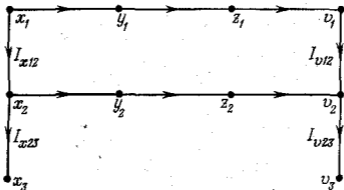
О п р е д е л е н и е 11. 3. Параобраз — парасообщение в цепи образов.

О п р е д е л е н и е 11. 4. Параинформация — информация, содержащаяся в ассоциации, в которой одно из сообщений — парасообщение.

О п р е д е л е н и е 11. 5. Параинформирование — информирование, в котором участвует параинформация.

Чтобы более подробно объяснить, в чем состоит параинформирование, рассмотрим следующие последовательные ситуации в цепи управления (фиг. 11.1).

В исходной ситуации (фиг. 11.1, а) имеются определенное состояние на выходе источника воздействия в виде оригинала x_1 , состояние в цепи управления в виде промежуточных сообщений y_1 , z_1 и состояние на входе приемника воздействия в виде образа v_1 . Вследствие изменений, происходящих в источнике воздействия, на его выходе возникает новое состояние в виде оригинала x_2 (фиг. 11.1, б). Ассоциация оригиналов x_1 , x_2 содержит информацию I_{x12} .

a**б****в**

Ф и г. 11.1. Паранформирование.

a — начальное состояние; *б* — появился оригинал x_2 ; *в* — появление оригинала x_2 приводит к появлению образа v_2 и параоригинала x_3 ; *г* — появление образа v_2 приводит к появлению параобраза v_3 .

Появление оригинала x_2 приводит к появлению промежуточных сообщений y_2 , z_2 и нового состояния на входе приемника в виде v_2 (фиг. 11.1 в). Ассоциация образов v_1 , v_2 содержит информацию I_{v12} , т. е. информирование в данном случае состоит в преобразовании информации I_{x12} в информацию I_{v12} .

В описании этих ситуаций не содержится ничего нового по сравнению с уже описанными в предыдущих разделах преобразованиями. Предположим теперь, что благодаря каким-то особенностям источника воздействий появление оригинала x_2 привело к появлению определенного оригинала x_3 (физический смысл такого рода явлений будет описан в конце этой главы), причем оригинал x_3 не преобразуется ни в одно из промежуточных сообщений и ни в один образ, т. е. x_3 — параоригинал. Ассоциация оригинала x_2 и параоригинала x_3 содержит информацию I_{x23} . Поэтому мы имеем также параинформацию I_{x13} , являющуюся результирующей информацией I_{x12} и I_{x23} .

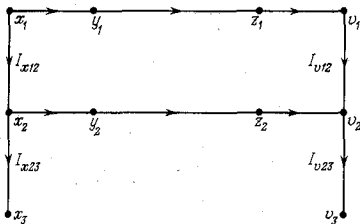
Кроме того, допустим, что благодаря каким-то особенностям приемника появление образа v_2 приводит к появлению определенного образа v_3 (фиг. 11.1, г). Образ v_3 — параобраз (он не получен в результате какого-либо преобразования оригинала или промежуточного сообщения). Ассоциация образа v_2 и параобраза v_3 содержит параинформацию I_{v23} , вследствие чего мы имеем также параинформацию I_{v13} в виде результирующей информации I_{v12} и параинформации I_{v23} .

Параинформации I_{v23} и I_{v13} не являются результатом преобразования параинформаций I_{x23} , I_{x13} , так как не существует преобразования параоригинала x_3 в параобраз v_3 и не существует промежуточных сообщений y_3 и z_3 . Поскольку факт наличия информации I_{x12} в цепи оригиналов и информации I_{v12} в цепи образов свидетельствует об информировании, то и наличие параинформации I_{x13} в цепи оригиналов и параинформации I_{v13} в цепи образов носит черты информирования (это же касается параинформаций I_{x23} и I_{v23}). Но так как в этом процессе участвует параинформация, то он является параинформированием.

Особенности источника и приемника воздействий, способствующие появлению парасообщений, независимы, сле-

довательно параинформации в цепи оригиналов и в цепи образов также независимы. Возможна ситуация, когда появление оригинала x_2 вызывает появление параоригинала x_3 , но появление образа v_2 не приводит к появлению параобраза v_3 , вследствие чего будет иметься информация $I_{x_{13}}$, но не будет информации $I_{v_{13}}$, или наоборот. Возможны также случаи, когда ни у источника воздействия, ни у приемника не будет парасообщений, а следовательно, и параинформации.

Легко заметить, что параинформирование не может существовать самостоятельно, а может лишь являться дополнением к информированию, состоящему в преобразовании информации цепи оригиналов в информацию цепи образов. Информация $I_{x_{12}}$ соответствует информации $I_{v_{12}}$ независимо от того, существуют или нет параинформации $I_{x_{13}}$ и $I_{v_{13}}$. В то же время параинформация $I_{x_{13}}$ соответствует параинформации $I_{v_{13}}$ только тогда, когда происходит преобразование информации $I_{x_{12}}$ в информацию $I_{v_{12}}$, так как только в этом случае в процессе преобразования участвуют сообщения x_2 , v_2 , без которых не могли бы существовать парасообщения x_3 и v_3 . В общем случае параинформирования параинформация, содержащаяся в цепи оригиналов, и информация, содержащаяся в цепи образов, могут быть одинаковыми (фиг. 11.2). К такому случаю относится теорема 11.1.



Ф и г. 11.2. Паратрансформирование.

Теорема II. 1. Если преобразование ассоциации оригиналов в ассоциацию образов является трансинформированием, причем параинформация, содержащаяся в ассоциации одного оригинала и параоригинала, одинакова с параинформацией, содержащейся в ассоциации одного образа и параобраза, то параинформация, содержащаяся в ассоциации другого оригинала и параоригинала, одинакова с параинформацией, содержащейся в ассоциации другого образа и параобраза.

Доказательство. Даны: оригиналы x_1, x_2 и параоригинал x_3 , образы v_1, v_2 и параобраз v_3 , причем наблюдается одинаковость информаций

$$I_{v12} = I_{x12} \quad (11.1)$$

и параинформаций

$$I_{v23} = I_{x23} \quad (11.2)$$

Требуется найти параинформацию I_{v13} .

Согласно теореме 6.1, имеем:

$$I_{x13} = I_{x23} I_{x12} \quad (11.3)$$

$$I_{v13} = I_{v23} I_{v12} \quad (11.4)$$

Следовательно, из (11.1), (11.2) и (11.4) получаем

$$I_{v13} = I_{x23} I_{x12} \quad (11.5)$$

Из (11.3) и (11.5) следует

$$I_{v13} = I_{x13} \quad (11.6)$$

Из теоремы II.1 вытекает, что параинформирование может играть роль трансинформирования.

О п р е д е л е н и е II. 6. Паратрансинформирование — параинформирование, при котором параинформация, содержащаяся в множестве образов, одинакова с параинформацией, содержащейся в множестве оригиналов.

О п р е д е л е н и е II. 7. Паратрансинформация — параинформация, содержащаяся в ассоциации образа и параобраза в результате паратрансинформирования.

В качестве технического примера паратрансинформирования можно указать на ситуацию, когда включение

напряжения на электростанции и передача его по линии электропередачи на подстанцию вызывает одновременное загорание электрических сигнальных ламп на электростанции и на подстанции.

Рассматривая электростанцию как источник воздействия, можно выделить в ней следующие состояния (оригиналы): начальное состояние (оригинал x_1), включение напряжения (оригинал x_2), загорание лампы (параоригинал x_3). В подстанции-потребителе будут следующие состояния (образы): начальное состояние (образ v_1), появление напряжения (образ v_2) и загорание лампы (параобраз v_3). Здесь наблюдается трансинформирование $I_{x_{12}} - I_{v_{12}}$, паратрансинформирование $I_{x_{23}} - I_{v_{23}}$ и паратрансинформирование $I_{x_{13}} - I_{v_{13}}$. Загорание лампы на подстанции вследствие появления напряжения информирует обслуживающий персонал о том, что загорелась и сигнальная лампа на самой электростанции, хотя загорание лампы на электростанции не преобразуется в загорание лампы на подстанции.

Паратрансинформированием будет также, если по показаниям одних часов судят о показаниях других независимых часов (хотя эта же ситуация становится трансинформированием, если одни часы управляются другими).

Паратрансинформирование играет большую роль при общении людей, особенно с помощью языковых средств, но в определенном смысле также и при помощи мимики и жестов. Осуществить такое общение людей позволяет способность памяти фиксировать аналогии (подобно тому, как в примере соединения электрической линии с сигнальными лампами).

Паратрансинформирование в отношениях между людьми широко распространено. Это привело к утвердившемуся мнению, что только оно по существу и образует информирование. Действительно, развитие средств автоматизации, особенно основанных на использовании ЭВМ, в значительной степени способствовало выяснению того, что процессы информирования могут происходить также и в технических системах. Однако вследствие того, что в этих процессах не обращалось внимания на паранформирование, они все еще считаются многими людьми полностью отличными от психических процессов и несравнимыми с ними.

Между тем сходство параинформирования, особенно паратрансинформирования, между людьми и между машинами можно доказать на самых простых примерах. Для этого приведем следующее сравнение.

Кто-то сказал: «Пробило девять» (это соответствует тому, что на электростанции включили напряжение).

Сказанное предложение ассоциируется говорящим со словом «часов» (на электростанции напряжение ассоциируется с загоранием сигнальной лампы).

Говорящий не сказал слово «часов» (загорание сигнальной лампы на электростанции не подвергается никакому преобразованию).

Слушающий услышал фразу «пробило девять» благодаря тому, что говорящий ее произнес (на подстанции появилось напряжение в результате его включения на электростанции).

С услышанной фразой слушающий ассоциирует слово «часов» (появление напряжения на подстанции ассоциируется с загоранием сигнальной лампы на подстанции).

В результате у слушающего появилась та же информация, которая была у говорящего (в результате на подстанции появилась та же информация, которая была на электростанции).

Таким образом, информирование может происходить между техническими устройствами по тому же принципу, как это имеет место между людьми, когда произносятся и слышатся только некоторые слова, а другие слова мысленно к ним добавляются. Точно так же благодаря одинаковости ассоциаций, когда мы слышим в чьем-то рассказе, что «это было в девятьсот восемнадцатом», мы знаем, что речь идет о 1918 годе, хотя слова «тысяча» и «году» не были произнесены.

Одинаковость ассоциаций обеспечивает также отсутствие разногласий между людьми по поводу того, что показанный кулак означает угрозу, приподнятые брови — удивление и т. п.

Другими примерами паратрансинформирования могут служить понимание намеков и переносного значения слов, угадывание подоплеки чужих поступков, проникновение в чужие намерения, улавливание «морали» в баснях и т. п.

Роль одинаковости параинформации существенна только тогда, когда эта одинаковость не очевидна. Тогда оказывается, что то, что для кого-то имеет один смысл, для другого содержит совершенно иной смысл, то, что для одного имеет значение, для другого ничего не значит и т. д.

Типичным примером такого рода ситуации может служить разговор между людьми, недостаточно владеющими общим языком. Подобного же рода трудности общения встречаются при разговоре взрослого с ребенком (которому еще не хватает многих параинформаций) или со стариком с ослабевшей памятью (которому уже не хватает многих параинформаций).

Вообще говоря, пользование языком и всякими другими знаками основано на параинформации, полученной в процессе обучения — прежде всего чтению, письму и счету, а также путем наблюдения ситуаций, где используются различные знаки, слова и выражения.

Учитывая это замечание, легко понять ошибочность введенного Флехтнером деления предложений на грамматически правильные, но лишённые смысла, логически правильные, но неверные, и истинные (гл. I). Такое деление ошибочно потому, что осмысленность предложения основана на параинформациях пишущего и читающего. Когда читающий говорит, что выражение осмысленно, это свидетельствует лишь о том, что параинформации пишущего и читающего одинаковы, благодаря чему возможно их взаимопонимание (параинформирование). Аналогично, когда читающий говорит, что выражение бессмысленно, это свидетельствует лишь о том, что параинформации пишущего отличаются от параинформаций читающего. Оценка смысла предложений относительна: одно и то же предложение может иметь смысл для пишущего, но не иметь его для читающего. В споре о смысле написанного пишущий и читающий могут обратиться к другим лицам. Но при этом каждый из них будет искать лиц с такой же, как и у спрашивающего, параинформацией, и дело сведется к простому голосованию — правильной будет считаться точка зрения, которой придерживается большинство.

Такое большинство обычно достигается в вопросах, когда к одинаковости параинформации привели, например, одинаковые школьные программы. При этом главным

аргументом в споре о смысле становится ссылка на то, чему учили в школе, причем спорящие не замечают того факта, что основанная на этом аргументе оценка смысла не является объективной. Предложения типа «Зеленая свобода преследует думающий дом», приведенного Флехтнером, во множестве встречаются в современных поэтических произведениях, при этом многие читатели, не говоря уже о самих авторах, не считают их бессмысленными. Такие выражения не отличаются от выражения «Гамбург лежит на Эльбе», которое Флехтнер считает истинным, хотя использование выражения, что город «лежит» на реке, также основывается на параинформациях, только гораздо более распространенных. Точно так же дело обстоит и с определением «истинности» и «неистинности» соответственных утверждений, так как только на параинформациях основано понимание того, что в данном предложении речь идет о ближайшем участке реки, а не об отдаленном ее участке или всей длине реки. Для кого-то, кто обладал бы другой параинформацией, оценка истинности была бы другой.

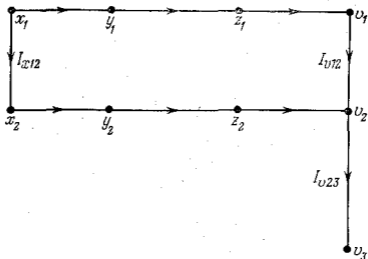
В логике и математике с таким разночтением борются при помощи формализации понятий, что в сущности сводится к ограничению используемых параинформаций такими видами, которые необходимы для оперирования символами и единообразны для всех, кто этими символами пользуется. Однако предложения, построенные при помощи таких символов, не подлежат оценке на истинность, так как они не относятся к действительности, а лишь оценивают правильность в смысле соответствия с выбранным набором допустимых операций.

Если параинформация, содержащаяся в множестве образов, отличается от параинформации, содержащейся в множестве оригиналов, параинформирование играет роль дезинформирования. В то же время параинформирование не может играть роль псевдоинформирования, так как нет кодовых цепей, к которым принадлежали бы парасообщения, и нет смысла говорить о парасообщениях, общих для нескольких кодовых цепей.

О п р е д е л е н и е 11. 8. Парадезинформирование — параинформирование, в котором параинформация, содержащаяся в множестве образов, отличается от параинформации, содержащейся в множестве оригиналов.

Определение 11.9. Парадезинформация — параинформация, содержащаяся в ассоциации образов, или нехватка параинформации в ней в результате парадезинформирования.

Соответственно делению информирования на симуляционное, диссимуляционное и конфузионное (гл. 7) можно различать и виды парадезинформирования.



Фиг. 11.3. Симуляционное парадезинформирование.

Определение 11.10. Симуляционное парадезинформирование — парадезинформирование, при котором параинформация, содержащаяся в множестве образов, не содержится в множестве оригиналов.

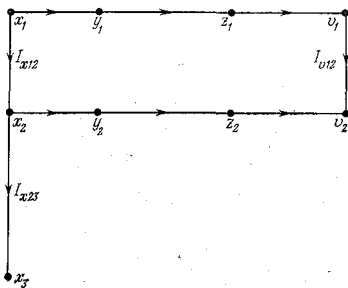
Определение 11.11. Симуляционная парадезинформация — параинформация, содержащаяся в ассоциации образов в результате симуляционного парадезинформирования.

Симуляционное парадезинформирование схематично представлено на фиг. 11.3. В множестве образов есть параобраз v_3 , несмотря на отсутствие параоригинала в множестве оригиналов. В связи с этим в ассоциации образов v_2, v_3 содержится параинформация I_{v23} , хотя она отсутствует в множестве оригиналов.

Симуляционным парадезинформированием будет, например, придание скрытого смысла высказываниям, в

которые говорящий вкладывал лишь дословное значение, улавливание намеков там, где их на самом деле нет, приписывание кому-либо намерений и замыслов, которых он не имеет, и т. д.

О п р е д е л е н и е 11. 12. Д и с с и м у л я ц и о н н о е п а р а д е з и н ф о р м и р о в а н и е — парадезинформирование, при кото-



Ф и г. 11.4. Д и с с и м у л я ц и о н н о е п а р а д е з и н ф о р м и р о в а н и е.

ром параинформация, содержащаяся в множестве оригиналов, не содержится в множестве образов.

О п р е д е л е н и е 11. 13. Д и с с и м у л я ц и о н н а я п а р а д е з и н ф о р м а ц и я — отсутствие параинформации в результате диссимуляционного парадезинформирования.

Диссимуляционное парадезинформирование схематично представлено на фиг. 11.4. В множестве образов нет параобраза, несмотря на то что в множестве оригиналов имеется параоригинал x_3 . В связи с этим в ассоциации оригиналов x_2, x_3 содержится параинформация I_{x23} , а в ассоциации образов ее нет.

Диссимуляционным парадезинформированием является, например, непонимание того, о чем идет речь, неулавливание намека, непроникновение в чужие замыслы, неугадывание чужих намерений, нераспознавание чужих мыслей и т. д.

Определение 11. 14. Конфузионное парадезинформирование — такое парадезинформирование, при котором параинформация, содержащаяся в множестве образов, отличается от параинформации, содержащейся в множестве оригиналов.

Определение 11. 15. Конфузионная парадезинформация — параинформация, содержащаяся в множестве образов, отличающаяся от параинформации, содержащейся в множестве оригиналов.

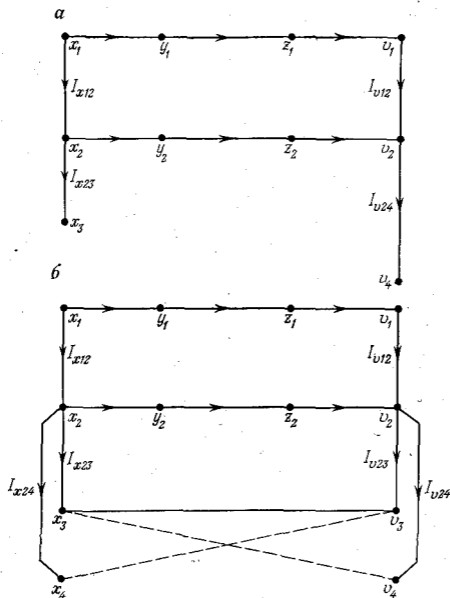
Определение 11. 16. Простое конфузионное парадезинформирование — такое конфузионное парадезинформирование, при котором одна параинформация, содержащаяся в множестве образов, отличается от одной параинформации в множестве оригиналов.

Простое конфузионное параинформирование представлено на фиг. 11.5, а. В множестве образов имеется параинформация I_{v24} , отличающаяся от параинформации I_{x23} , содержащейся в множестве оригиналов.

Простым конфузионным парадезинформированием будет вкладывание в произнесенные слова иного смысла, чем имел в виду говорящий, усмотрение не того намека, который на самом деле был сделан, приписывание кому-либо намерений, отличных от истинных, ошибочное принятие одних чувств за другие, преуменьшение или преувеличение значения чужих высказываний и т. п.

Определение 11. 17. Двойное конфузионное парадезинформирование — такое конфузионное парадезинформирование, при котором множество оригиналов и множество образов содержат соответственно по две одинаковые параинформации, причем первой из двух параинформаций в множестве оригиналов соответствует вторая параинформация в множестве образов, тогда как второй параинформации в множестве оригиналов соответствует первая параинформация в множестве образов.

Двойное конфузионное парадезинформирование представлено на фиг. 11.5, б. Параинформации I_{x23} , содержащейся в множестве оригиналов, соответствует параинформация I_{v24} , содержащаяся в множестве образов, тогда как параинформации I_{x24} , содержащейся в множестве оригиналов, соответствует параинформация I_{v23} из множества образов, причем $I_{v23} = I_{x23}$ и $I_{v24} = I_{x24}$.



Ф и г. 11.5. Конфузионное парадезинформирование.
а — простое; б — двойное.

Двойным конфузионным парадезинформированием является, например, превратное толкование чужого поведения, усмотрение враждебности там, где ее нет, и, наоборот, неусмотрение ее там, где она действительно есть, усмотрение одобрения в осуждающих высказываниях и наоборот и т. д.

Примером, где участвуют все виды параинформирования, могут служить карточные игры, в которых (например, при игре в бридж) условия игры ограничивают возможности трансинформирования для ее участников, из-за чего их взаимопонимание главным образом основано на параинформировании, причем, конечно, желательно, чтобы было паратрансинформирование. Например, на основе распределения взяток они стараются отгадать карты, имеющиеся на руках у партнера, вышедшую масть и т. д. При этом возникают недоразумения (парадезинформирование), например когда ход делается исходя из ошибочного допущения, что партнеру он будет выгоден (симуляционное парадезинформирование), и, наоборот, при отказе от хода из-за ошибочного предположения, что партнеру он будет невыгоден (диссимуляционное парадезинформирование), когда ход делается исходя из предположения, что партнер его ожидает, хотя он на самом деле ждал совсем другого хода (простое конфузионное парадезинформирование), при ходе с определенной масти, неблагоприятной для партнера, и последующем отказе от игры под ту же масть, хотя партнер это ожидает (двойное конфузионное парадезинформирование).

Параинформация облегчает процесс взаимопонимания между людьми благодаря тому, что для паратрансинформирования требуется меньше кодовых цепей, а значит, и меньше промежуточных сообщений, чем для трансинформирования (хотя и не меньше оригиналов и образов, из которых, однако, некоторые являются параоригиналами и параобразами). Но это может привести и к недоразумениям из-за различий в параинформациях говорящего и слушающего.¹⁰ На этой основе могут возникнуть ситуации, когда одно и то же параинформирование для одного лица является паратрансинформированием, а для другого — парадезинформированием.

В качестве выразительной иллюстрации такого положения можно привести знаменитую сцену из оперы «Тоска» Пуччини, когда Скарпия, заверив Тоску, что Каварадосси будет расстрелян только для вида, приказывает Сполетте, чтобы он совершил все «как было сделано с князем Пальмиери». И Скарпия, и Сполетта знали, что Пальмиери был действительно расстрелян, т. е. в данном случае они имели одинаковую параинформацию. Приказ Скарпии был для

Сполетты паратрансинформированием, для Тоски же он оказался конфузионным парадезинформированием.

Параинформация играет очень большую роль в искусстве. Старые произведения изобразительного искусства отличались детальностью изображения, в чем легко убедиться, рассматривая, например, выписанные со всеми подробностями старинные пейзажи и средневековые портреты. Идеалом авторов этих произведений было трансинформирование. Со временем художники стали отходить от трансинформирования, отказываясь от слишком подробного изображения объектов. Отсутствие подробностей вынуждало зрителя прибегать к собственному воображению, отгадывая мысли автора. Такое апеллирование к собственной параинформации зрителя придает произведениям искусства характер паратрансинформирования. В новейшем искусстве авторы не стараются даже сообщить зрителю определенное содержание, а при помощи абстрактных форм пытаются вызвать у него собственные мысли, делая, таким образом, зрителя или читателя соавтором произведения искусства. Восприятие художественного произведения становится, таким образом, симуляционным парадезинформированием.

На параинформации основано также и чувство юмора. Рассказывая анекдот, мы сообщаем такую информацию и в такой последовательности, чтобы у слушающего она связывалась с параинформациями, отличными от тех, которые неожиданно будут выданы в конце рассказа. Параинформирование, которое сначала слушателю кажется паратрансинформированием, при сопоставлении с выявляющимся в конце паратрансинформированием оказывается парадезинформированием.

Проиллюстрируем это следующей шуткой. Прохожий в парке спрашивает няню двух очень похожих друг на друга мальчиков: «Это двойняшки?», на что няня отвечает: «Нет, тройняшки. Третий остался дома». Услышав выражение «двух» и «очень похожих», слушатель находится под таким же впечатлением, как и наш прохожий, и лишь в конце понимает, что забыл еще об одной возможности, также достаточно правдоподобной.

Более отчетливо роль параинформации выступает в следующем анекдоте.

Один капитан торгового судна не выносил своего помощника и третировал его при каждой возможности. Во время стоянки корабля в каком-то заморском порту помощник капитана в свободный от службы день сошел на берег и, встретив там старого приятеля, отправился с ним в ближайшую таверну, где, вспоминая давние времена, оба изрядно выпили. Когда настало время возвращаться на корабль, помощник увидел, что он почти не в состоянии двигаться и со страхом подумал о том, что скажет капитан. Приятель посоветовал ему, чтобы он с одним из своих матросов, шатавшихся на пристани, послал капитану записку с просьбой разрешить ему возвратиться в таком состоянии. Ответ капитана был положительным, поэтому помощник, проспавшись в своей каюте, утром вышел на вахту, не чувствуя за собой никакой вины. К своему удивлению, в корабельном журнале он нашел следующую запись капитана: «Во время моего дежурства помощник капитана находился на корабле в нетрезвом состоянии». Помощник побежал к капитану с протестом, ссылаясь на полученное разрешение, к тому же письменное. «Знаю, знаю,— ответил капитан, — но не понимаю, в чем дело. Ведь то, что я написал в журнале — истинная правда, а к Вам я не имею никаких претензий».

На следующий день капитан нашел в журнале такую запись: «Во время моего дежурства капитан корабля был в трезвом состоянии».

Злость капитана и месть его помощника вылилась в форму апелляции к параинформации тех лиц, которые могут прочитать записи в журнале. Действительно, ведь запись помощника, рассмотренная без параинформации, имеет похвальный для капитана смысл.

Рассказанные анекдоты вызывают юмористический эффект при соответствующей параинформации слушателей. Однако эффект их может быть совсем иным, если слушатели имеют отличную от требуемой параинформацию. Таких слушателей рассказчики анекдотов склонны упрекать в недостаточном чувстве юмора.

Параинформация может неожиданно для рассказчика сыграть совсем особую роль, если ситуация в его рассказе лично касается слушателя. Поэтому часто вместо смеха появляется раздражение, например, если врач слышит

анекдот об ошибках в его профессии, иностранец — о чудачествах его земляков и т. д.

Следует также различать анекдоты, рассчитанные лишь на параинформацию малокультурных людей (плоские шутки), на параинформацию высоко интеллигентных людей («рафинированные анекдоты») и на параинформацию сравнительно узкого круга лиц, знакомых с определенными обстоятельствами («анекдоты для посвященных»).

Наконец, следует упомянуть и о неумело рассказанных анекдотах. Сообщение информации, выходящей за рамки необходимого минимума, или предъявление ее не в той последовательности может преждевременно вызвать из памяти слушателя его собственные параинформации, что сводит на нет ожидаемый эффект (так можно «убить» анекдот).

Один из часто применяемых юмористами приемов состоит в дословном толковании выражений, хотя благодаря параинформации для каждого очевидно, что они имеют другой смысл.

То, что лингвисты называют «содержанием», «значением», «смыслом» и т. д., просто является добавлением к информации, полученной извне, собственной параинформации получателя информации.

Чтобы пояснить это, рассмотрим процесс возникновения параинформации с физической точки зрения.

Преобразование сообщений как физический процесс должно быть основано на передаче энергии, в связи с чем должен иметься потенциал (V), вызывающий передачу определенного количества энергии в определенный промежуток времени, т. е. передачу мощности (P).

Введем понятие проводимости (G), определяемой как отношение мощности к потенциалу:

$$G = \frac{P}{V}, \quad (11.7)$$

откуда

$$P = VG. \quad (11.8)$$

Согласно (11.8), для ассоциации сообщений, состоящей из потенциалов V_a и V_b , мощность P_{ab} , передаваемая от места с потенциалом V_a по пути с проводимостью G_{ab} ,

выразится так:

$$P_{ab} = (V_a - V_b) G_{ab}, \quad (11.9)$$

откуда

$$V_b = V_a - \frac{P_{ab}}{G_{ab}}. \quad (11.10)$$

Выражение (11.10) показывает, что в преобразовании сообщения V_a в сообщение V_b отношение P_{ab}/G_{ab} является параметром операции вычитания, на которой это преобразование основано. Если первичное сообщение этой ассоциации исчезнет, т. е. $V_a = 0$, то мощность передаваться не будет, т. е. $P_{ab} = 0$, а из (11.10) в этом случае следует, что и вторичное сообщение исчезнет, т. е. $V_b = 0$.

Проводимость G_{ab} — единственная величина, которая не может быть равной нулю. Если она будет изменяться из-за передачи энергии, то это изменение будет единственным признаком передачи энергии. Проводимость как постоянный элемент параметра операции можно назвать «регистратором».

В то же время мощность P_{ab} — изменяющийся элемент параметра операции, согласованный (или «скоррелированный») с другими ассоциациями в цепи сообщений (передача мощности на определенном отрезке пути зависит от потенциала и проводимости других отрезков пути и его ответвлений), поэтому ее можно назвать «коррелятором».

Пользуясь этими понятиями, приведенный выше пример параинформирования (фиг. 11.1), в котором рассматривается электрическая линия с сигнальными лампами, соединяющая электростанцию с подстанцией, можно интерпретировать следующим образом.

В начале линии к ней с помощью проводов достаточно большой проводимости (проводимость G_{x23} как регистратор параинформации I_{x23}) подключена сигнальная лампа. В конце линии также с помощью проводов достаточно большой проводимости (проводимость G_{v23} как регистратор параинформации I_{v23}) подключена сигнальная лампа.

До тех пор, пока напряжение в начале линии равно нулю (оригинал x_1), напряжение в конце линии тоже равно нулю (образ v_1). Когда на электростанции на линию будет

подано напряжение (оригинал x_2), на конце линии также появится напряжение (образ v_2). Благодаря большой проводимости G_{x23} напряжение в начале линии (оригинал x_2) вызывает передачу мощности P_{x23} (коррелятор параинформации I_{x23}) из линии в сигнальную лампу, которая загорается (оригинал x_3). Точно так же благодаря большой проводимости G_{v23} напряжение на конце линии (образ v_2) вызывает передачу мощности P_{v23} (коррелятор параинформации I_{v23}) из линии в сигнальную лампу и ее загорание (образ v_3).

В этом примере загорание сигнальной лампы в начале линии — параоригинал x_3 , а загорание сигнальной лампы в конце линии — параобраз v_3 . Это — парасообщения, так как они существуют только при наличии других сообщений (оригинал x_2 , образ v_2). До этого момента имеется только возможность возникновения этих парасообщений, вытекающая из того обстоятельства, что существуют проводимости G_{x23} и G_{v23} (регистраторы параинформации I_{x23} и I_{v23}).

Если бы провода, присоединяющие, например, сигнальную лампу в конце линии, были разорваны, т. е. проводимость G_{v23} стала бы равной нулю (нет регистратора параинформации I_{v23}), то даже при появлении напряжения (образ v_2) не было бы передачи мощности P_{v23} (нет коррелятора параинформации I_{v23}) и загорания лампы (нет образа v_3). В этом случае имелось бы трансинформирование как преобразование информации I_{x12} в информацию I_{v12} , тогда как вместо паратрансинформирования как преобразования параинформации I_{x23} в параинформацию I_{v23} имелось бы диссимуляционное парадезинформирование (из-за нехватки параинформации I_{v23}).

Связывая это с различием активных и пассивных сообщений (гл. 3), можно утверждать, что регистратор представляет физическую связь двух пассивных сообщений, а коррелятор — физическую связь двух активных сообщений. Когда из-за преобразования пассивного сообщения в активное и существования регистратора появляется коррелятор, это приводит к преобразованию второго пассивного сообщения в активное сообщение.

В последнем примере пассивными сообщениями являются начальное состояние линии и незажженное состояние ламп,

регистратором — проводимость электрического соединения лампы с линией, активными сообщениями — напряжение на заданном конце линии и загорание лампы.

В мозге пассивными сообщениями являются невозбужденные нервные окончания, регистраторами — проводимости между нервными окончаниями, корреляторами — передачи мощности между ними, а активными сообщениями — возбужденные нервные окончания.

На способности системы к созданию регистраторов и корреляторов основывается память. Параинформацией здесь является информация о прошлых состояниях системы, а через них и о тех причинах, которые вызвали эти состояния. На этой основе система может управлять собой, используя свой прошлый опыт. Регистрация, или возникновение регистраторов (возрастание проводимости), означает запоминание; дерегистрация, или исчезновение регистраторов (уменьшение проводимости), означает забывание; новая регистрация или возвращение регистраторов (новое возрастание проводимости) соответствует «вспоминанию».

Различие основанного на параинформации управления в таких системах, как человек, животное и машина, можно объяснить с учетом структуры автономной системы [14], т. е. системы, помещенной в гомеостат, благодаря чему она обладает способностью не только к автоматическому управлению, но и к поддержанию своей способности к управлению. Для параинформирования существенны следующие три обстоятельства.

1. Приток управляющей энергии должен вызывать увеличение проводимости. Если бы проводимость оставалась без изменений, возбуждающая причина не оставила бы после себя никакого следа, т. е. не возник бы регистратор, и из-за отсутствия параинформации система не могла бы управлять собою на основе своего прошлого опыта. Если бы вследствие передачи управляющей энергии проводимость уменьшилась, следующие передачи энергии становились бы все меньше и меньше и система совершенно лишилась бы возможности к самоуправлению.

В цифровых вычислительных машинах проводимость возрастает очень резко и уже при однократном появлении возбуждающего сигнала принимает состояние граничной проводимости, которое затем сохраняется почти без изме-

нений в течение практически неограниченного времени. Иначе говоря, машина запоминает информацию сразу и уже никогда ее не забывает. Для того чтобы из машины исчезли регистраторы, необходимы какие-либо искусственные меры, например размагничивание магнитной ленты.

В мозге увеличение проводимости происходит менее интенсивно, поэтому для достижения граничной проводимости нужны многократно повторяющиеся или очень сильные сигналы. В промежутках между сигналами проводимость постепенно уменьшается. Иначе говоря, в живых организмах запоминание происходит намного медленнее, чем в машине, причем после каждого возбуждения начинается забывание, но повторные возбуждения вызывают вспоминание.

В перерывах между повторяющимися сигналами проводимость должна уменьшаться вследствие наличия процессов самовыравнивания — энергия, сконцентрированная при возрастании проводимости, с течением времени растекается, вызывая выравнивание потенциалов. Уменьшение проводимости ведет к исчезновению регистраторов — это процесс забывания.

2. В автономной системе к потенциалам соответствующих сигналов добавляются сигналы гомеостата или же вычитаются из них в зависимости от того, способствуют ли эти сигналы поддержанию функционального равновесия системы или нет.

Вследствие этого параинформация, возникающая в организме, будет зависеть не только от сигналов, но и от того, благоприятствуют ли эти сигналы выживанию организма или угрожают его дальнейшему существованию. Это обстоятельство объясняет, почему в дискуссиях, затрагивающих жизненно важные, но скрывающиеся интересы спорящих, даже самые логические аргументы не изменяют состояния ни одной из сторон. Примеры такого рода во множестве дают заседания международных организаций, в которых участвуют страны с противоположными интересами.

Этим же объясняется и то, что для целей пропаганды подбираются слова, учитывающие параинформацию, которая по предположению имеется у слушателей.

Специалисты по рекламе исследуют влияние цвета, формы упаковки, шрифта, подбора слов, иллюстраций и т. п., чтобы определить ту парайнформацию покупателей, которая могла бы склонить их к покупке рекламируемого товара.

Поведение, стремящееся использовать парайнформацию у других особей, часто встречается среди животных; например, лисица притворяется мертвой, чтобы приманить ворона, который, вместо того чтобы поживиться падалью, сам становится жертвой.

В вычислительных машинах и автоматах также встречаются явления подобного рода, поскольку ввиду отсутствия гомеостата эти системы не автономны. Они действуют не в собственных интересах, а в интересах своих потребителей, которые, запрограммировав работу вычислительной машины или установив параметры управления в автомате, вызывают в них полезную для себя парайнформацию.

3. На поведение системы оказывает влияние число парайнформаций, зависящее от числа элементов, изменение физического состояния которых может выполнять роль сообщений.

С этой точки зрения на первом месте стоит человек, у которого в мозге имеется приблизительно 15 миллиардов таких элементов, тогда как в современных цифровых вычислительных машинах число их лишь приближается к миллиону. Число таких элементов в мозге животных зависит от их биологического вида, у насекомых его оценивают в несколько тысяч.

Доктринерские возражения против трактования информационных процессов в человеческом мозге на той же основе, что и в машинах и в других организмах, все более ослабевают, но и сейчас еще иногда проявляется тенденция приписывать человеку какие-то исключительные особенности, не объяснимые на основе тех же положений, хотя в свете проведенного выше рассмотрения к этому нет никаких оснований.

Вообще говоря, поведение человека с точки зрения информирования можно описать следующим образом. Так как часто повторяющиеся сигналы обеспечивают большую проводимость, чем однократные сигналы, то в определенный

момент своей жизни человек имеет прежде всего регистраторы с параметрами операций для параинформаций о часто случающихся событиях. Это выгодно для человека, так как благодаря таким регистраторам он обладает большей способностью к управлению в часто случающихся ситуациях, чем в ситуациях, которые встречались лишь несколько раз или всего один раз и вообще в жизни больше могут не встретиться.

Точно так же то обстоятельство, что сильные импульсы вызывают большее увеличение проводимости, благоприятно для человека, так как он больше нуждается в параинформациях, связанных с сильными импульсами, повторение которых может оказать более значительное влияние на его существование, чем в параинформациях, касающихся слабых импульсов, не имеющих столь большого для него значения.

Наконец, то обстоятельство, что недавно поступившие сигналы обеспечивают большую проводимость, также полезно человеку, так как для него более важна параинформация о еще происходящей ситуации, чем о ситуации, давно минувшей.

Конечно, может случиться, что в какой-то момент повторится однократное, а не часто случающееся событие, или что особенно важное влияние окажет именно слабый, а не сильный сигнал, или же что существующая ситуация внезапно исчезнет и повторится давно прошедшая, но такое случается очень редко. Поэтому можно заключить, что все указанные выше обстоятельства обеспечивают человеку наиболее полезную для него параинформацию. Запоминание самих частых, сильных и «свежих» сигналов, забывание самых редких, слабых и давних — все это обеспечивает человеку способность к эффективному управлению, которое можно объяснить на основании простых физических принципов, не призывая на помощь какие-то таинственные особенности человеческого организма.

По существу на тех же самых принципах основывается и жизнедеятельность любого организма, а превосходство человека состоит лишь в том, что он обладает очень большим числом корреляционных элементов, приводящим к появлению большого числа возможных регистраторов, что в свою очередь позволяет ему также создавать иску-

ственные регистраторы, существующие вне человеческого мозга,— главным образом оптические (письмо, рисунок, фотография) и акустические (грампластинка, магнитофонная лента).

Следует также напомнить о наследственных регистраторах, таких, например, как чувство боли, благодаря которым молодые организмы имеют больше шансов избежать мгновенной гибели: опыт дальнейшей жизни вызовет у них затем появление дополнительных регистраторов, что позволит им использовать большее количество параинформации.

Ввиду столь большого значения параинформации легко понять то чувство разочарования, которое столь многие люди испытали, когда оказалось, что теория информации (количественная) оставила вне своего внимания все то, что здесь было определено как параинформирование.

!

МЕТАИНФОРМИРОВАНИЕ

В этой главе обсуждаются связи между процессами информирования в разных контурах управления.

Рассмотрим два простых контура управления (фиг. 12.1). В одном из них ассоциация оригиналов x_1, x_2 преобразуется в ассоциацию образов y_1, y_2 , в другом ассоциация оригиналов x_3, x_4 преобразуется в ассоциацию образов y_3, y_4 .

К таким контурам относятся следующие теоремы.

Теорема 12.1. В двух контурах управления связь между информацией, содержащимися в ассоциациях образов, отличается от связи между информацией, содержащимися в ассоциациях оригиналов, только используемыми в этих контурах кодами.

Доказательство. Даны: коды K_{1xy}, K_{2xy} в одном контуре и K_{3xy}, K_{4xy} в другом, преобразование $I_{x_{13}}$ оригинала x_1 в оригинал x_3 и преобразование $I_{x_{24}}$ оригинала x_2 в оригинал x_4 . Требуется определить информацию $I_{x_{34}}$ в зависимости от информации $I_{x_{12}}$ и информацию $I_{y_{34}}$ в зависимости от информации $I_{y_{12}}$.

На основании теоремы 4.1 можно написать

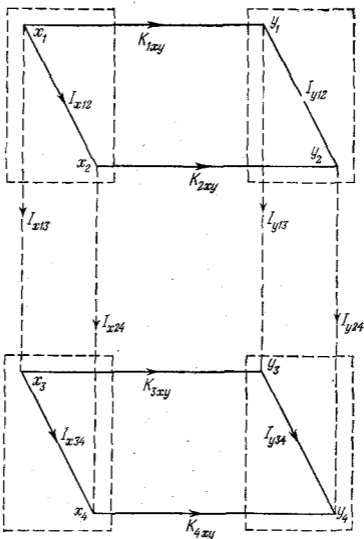
$$I_{x_{34}} = I_{x_{24}} I_{x_{12}} I_{x_{31}}, \quad (12.1)$$

$$I_{y_{34}} = K_{4xy} I_{x_{24}} K_{yx} I_{y_{12}} K_{Lxy} I_{x_{31}} K_{3yx}. \quad (12.2)$$

Очевидно, что (12.2) отличается от (12.1) наличием кодов.

По отношению к общей теореме 12.1 следующие теоремы носят характер частных случаев.

Теорема 12.2. Если в двух контурах управления все коды тривиальны, то информации, содержащиеся в ассоциациях образов, отличаются между собой точно так же, как и информации, содержащиеся в ассоциациях оригиналов.



Ф и г. 12.1. Связь между процессами информирования двух контуров управления.

Доказательство. Даны: тривиальные коды

$$K_{1,xy} = K^0, \quad (12.3)$$

$$K_{2,xy} = K^0, \quad (12.4)$$

$$K_{3,xy} = K^0, \quad (12.5)$$

$$K_{4,xy} = K^0, \quad (12.6)$$

преобразование I_{x13} оригинала x_1 в оригинал x_3 и преобразование I_{x24} оригинала x_2 в оригинал x_4 . Учитывая рав-

нства (12.3) — (12.6), из (12.2) получаем

$$I_{y34} = I_{x24} I_{y12} I_{x31}. \quad (12.7)$$

Сравнивая (12.1) и (12.7), мы видим, что связь между I_{y34} и I_{y12} такая же, как и между I_{x34} и I_{x12} .

В частном случае ассоциации оригиналов в обоих контурах могут быть одинаковыми:

$$I_{x13} = I^0, \quad (12.8)$$

$$I_{x24} = I^0. \quad (12.9)$$

Тогда из (12.8), (12.9) и (12.1) получим

$$I_{x34} = I_{x12}, \quad (12.10)$$

а из (12.7)

$$I_{y34} = I_{y12}. \quad (12.11)$$

Возвращаясь к изложенному в гл. 8, легко заметить, что в обоих контурах управления, речь о которых идет в теореме 12.2, информирование является трансинформированием, причем оно может быть как тривиальным, так и компенсационным, если в обоих видах трансинформирования оригиналы преобразуются в образы тривиальными кодами. Теорема 12.2 может относиться как к операционному, так и к ассоциационному информированию. Например, если при двукратном измерении определенной физической величины ее значение было точно показано двумя измерительными приборами, то информация, полученная в результате обоих этих измерений, будет одинаковой.

Аналогично, если какой-то документ подробно и точно копируется, все его копии содержат одинаковую информацию.

Теорема 12.3. Если в двух контурах управления информация и основной код в одном контуре и основной код в другом контуре являются однооперационными преобразованиями с одинаковым родом операции, то информации, содержащиеся в ассоциациях образов, отличаются друг от друга точно так же, как и информации, содержащиеся в ассоциациях оригиналов.

Доказательство. Даны: основной код в одном контуре управления

$$K_{1xy} = K_{2xy} \quad (12.12)$$

и основной код в другом контуре управления

$$K_{3xy} = K_{4xy}. \quad (12.13)$$

Требуется определить информацию I_{x34} в зависимости от информации I_{x12} и информацию I_{y34} в зависимости от информации I_{y12} .

При тождественности родов операций последовательность однооперационных преобразований несущественна, поэтому можно (12.2) записать в виде

$$I_{y34} = K_{1xy}K_{2yx}I_{x24}I_{y12}I_{x31}K_{3yx}K_{4xy}. \quad (12.14)$$

Согласно теореме 4.2, из (12.12) и (12.13) следует

$$K_{1xy}K_{2yx} = K^0, \quad (12.15)$$

$$K_{3yx}K_{4xy} = K^0. \quad (12.16)$$

Из (12.14) с учетом (12.15) и (12.16) получаем

$$I_{y34} = I_{x24}I_{y12}I_{x31}. \quad (12.17)$$

Приравнивая (12.1 и 12.17), мы убеждаемся, что связь между I_{y34} и I_{y12} такая же, как и между I_{x34} и I_{x12} .

В частном случае ассоциации оригиналов в обоих контурах могут быть и одинаковыми:

$$I_{x13} = I^0, \quad (12.18)$$

$$I_{x24} = I^0. \quad (12.19)$$

Тогда в соответствии с (12.18) и (12.19) получаем из (12.1)

$$I_{x34} = I_{x12}, \quad (12.20)$$

а из (12.17)

$$I_{y34} = I_{y12}. \quad (12.21)$$

В случае, к которому относится теорема 12.3, информирование будет аналоговым трансинформированием. Например, если при изменении электрического напряжения от 1 до

5 В стрелка одного вольтметра переместилась с 3-го до 15-го деления, а при изменении напряжения от 2 до 10 В стрелка другого вольтметра переместилась с 4-го до 20-го деления, то показания обоих вольтметров дают одинаковую информацию (пятикратное увеличение). Это обстоятельство используется на практике при проверке измерительного прибора с помощью другого, контрольного прибора, причем совсем не обязательно, чтобы стрелки у них отклонялись на одинаковую величину или чтобы измеряемая величина была в обоих случаях одинаковой. Существенно лишь требование пропорциональности.

Теорема 12.4. Если в двух контурах управления информации и коды являются однооперационными преобразованиями с одинаковым родом операции, причем коды в одном контуре управления и коды в другом контуре одинаковы, то информации, содержащиеся в ассоциациях образов, различаются между собой точно так же, как информации, содержащиеся в ассоциациях оригиналов.

Доказательство. Даны:

$$K_{1xy} = K_{3yx}, \quad (12.22)$$

$$K_{2xy} = K_{4xy}. \quad (12.23)$$

Требуется определить информацию I_{x34} в зависимости от информации I_{x12} и информацию I_{y34} в зависимости от информации I_{y12} .

При одном и том же роде операции последовательность однооперационных преобразований не существенна, поэтому можно записать (12.2) в виде

$$I_{y34} = K_{4xy}K_{2yx}I_{x24}I_{y12}I_{x31}K_{1xy}K_{3yx}. \quad (12.24)$$

Согласно теореме 4.2, из (12.22) и (12.23) следует

$$K_{1xy}K_{3yx} = K^0, \quad (12.25)$$

$$K_{4xy}K_{2yx} = K^0. \quad (12.26)$$

Из (12.24) с учетом (12.25) и (12.26) вытекает

$$I_{y34} = I_{x24}I_{y12}I_{x31}. \quad (12.27)$$

Из сравнения (12.1) и (12.27) видно, что связь между I_{y34} и I_{y12} такая же, как и между I_{x34} и I_{x12} .

В частном случае ассоциации оригиналов могут быть в обоих контурах одинаковыми:

$$I_{x13} = I^0, \quad (12.28)$$

$$I_{x24} = I^0. \quad (12.29)$$

Тогда в соответствии с (12.28) и (12.29) получаем из (12.1)

$$I_{x34} = I_{x12}, \quad (12.30)$$

а из (12.27)

$$I_{y34} = I_{y12}. \quad (12.31)$$

Информирование, о котором говорится в теореме 12.4, может быть и дезинформированием. Из этой теоремы следует, что если одинаковую информацию подвергнуть одинаковому дезинформированию, получается одинаковая дезинформация.

Например, двое часов, отстающих на одно и то же время, дают согласующуюся между собой, хотя и ложную информацию.

Если показания двух свидетелей об одном и том же событии одинаковы, то либо оба они говорят правду, либо оба показания одинаково ложны. Ложь нельзя обнаружить сравнением с другой такой же ложью. Об этом знают преступники и потому стараются из заключения сообщить своим сообщникам на свободе, что те должны говорить в случае, если их задержат. Об этом знают и следственные органы и поэтому стараются помешать передаче такой информации.

Стоит заметить, что если показания двух правдивых свидетелей одинаковы, то эти показания касаются либо одного события, либо двух одинаковых событий.

Различие это, соответствующее различию между тождественным и равнозначным трансинформированием (гл. 8), имеет практическое значение, ибо не раз случалось, что свидетели, сообщая в действительности об очень сходных между собой лицах или событиях, ошибочно полагали, что речь идет об одних и тех же лицах или событиях.

Полезность информации, содержащихся в ассоциациях образов определенных контуров управления, состоит в том, что они описывают связи между оригиналами в этих контурах

управления. Если для управления необходимо знать связи между этими информацией, последние приобретают характер ассоциации оригиналов для внешнего контура управления, в котором эти оригиналы должны быть преобразованы в соответствующие образы, чтобы информация, содержащаяся в ассоциации этих образов, описывала связь между информацией, полученными из отдельных контуров управления.

Если связи между оригиналами x_1 и x_2 и между оригиналами x_3 и x_4 в определенных контурах управления были преобразованиями сообщений, то связь между информацией $I_{y_{12}}$ и $I_{y_{32}}$, считающимися оригиналами во внешнем контуре управления, будет множеством преобразований $I_{y_{13}}$ и $I_{y_{24}}$ (если бы вместо ассоциации образов y_1, y_2 и ассоциации образов y_3, y_4 было бы большее число образов, то число таких преобразований было бы равно числу таких образов), т. е. множеством преобразований всех образов одного контура управления в множество всех образов другого контура управления. Поэтому описание связей между информацией $I_{y_{12}}$ и $I_{y_{34}}$ ведет к описанию связей между множествами образов одного и другого контуров управления. Для внешнего контура управления множество образов контура управления становится одним составным оригиналом, а множество образов другого контура управления — другим составным оригиналом. Поэтому в свою очередь возникает необходимость и в составном преобразовании этих двух составных оригиналов в два составных образа. Чтобы отличить определения, относящиеся к внешнему контуру управления, будем писать их с приставкой «мета».

О п р е д е л е н и е 12. 1. Контур метауправления — множество контуров управления, в котором для управления используются связи между информацией отдельных контуров управления.

О п р е д е л е н и е 12. 2. Метасообщение — поперечное множество сообщений одного контура управления, содержащего информации, связи которых с информацией поперечных множеств сообщений другого контура управления используются в контуре метауправления.

О п р е д е л е н и е 12. 3. Метаоригинал — метасообщение, полученное из множества образов одного контура управления, содержащего информации, связь которых с

информациями другого контура управления используется в контуре метауправления.

О п р е д е л е н и е 12. 4. Метаобраз — метасообщение, полученное в результате преобразования составного метаоригинала и образующее с ним продольную ассоциацию в контуре метауправления.

О п р е д е л е н и е 12. 5. Метакод — составное преобразование метаоригинала в метаобраз.

О п р е д е л е н и е 12. 6. Тривиальный метакод — метакод, являющийся составным преобразованием, в результате применения которого метаобраз становится множеством сообщений, содержащих те же информации, что и множество сообщений, образующих метаоригинал.

О п р е д е л е н и е 12. 7. Нетривиальный метакод — метакод, являющийся составным преобразованием, в результате применения которого к множеству сообщений, образующих метаоригинал, метаобраз становится множеством сообщений, содержащим информацию, отличную от информации метаоригинала.

О п р е д е л е н и е 12. 8. Метаинформация — составная информация, являющаяся составным преобразованием метаоригинала в другой метаоригинал или метаобраза в другой метаобраз.

О п р е д е л е н и е 12. 9. Тривиальная метаинформация — метаинформация, представляющая собой составное преобразование множества сообщений — метаоригинала (или метаобраза) — в другое множество сообщений — метаоригинал (или метаобраз), — содержащее ту же самую информацию.

О п р е д е л е н и е 12. 10. Нетривиальная метаинформация — метаинформация, представляющая собой составное преобразование множества сообщений — метаоригинала (или метаобраза) — в другое множество сообщений — метаоригинал (или метаобраз), — содержащее иную информацию.

О п р е д е л е н и е 12. 11. Метаинформирование — преобразование метаинформаций, содержащихся в множестве метаоригиналов, в информации, содержащиеся в множестве метаобразов.

Можно было бы точно так же ввести понятие промежуточного метасообщения, придав ему несколько более общий смысл, но в дальнейшем нам это понятие не потребуется.

Очевидно, что метасообщение должно состоять по меньшей мере из двух сообщений (хотя бы одинаковых), метакод — из двух кодов (хотя бы одинаковых), а метайнформация — из двух информаций (хотя бы одинаковых).

В определении понятия тривиальной метайнформации существенна одинаковость информаций, содержащихся в метасообщениях, но не одинаковость самих метасообщений. Это свойство имеет существенное значение для операционных информаций, в которых — как об этом говорилось в гл. 8 и в теореме 12.3 — они могут быть одинаковыми даже в неодинаковых ассоциациях сообщений. В то же время это требование не существенно для ассоциационных информаций, так как они могут быть одинаковыми только в одинаковых ассоциациях сообщений. Все это относится и к тривиальному метакоду.

В свою очередь для внешнего контура управления может существовать внешний по отношению к нему контур управления — контур мета-метауправления и т. д. В этом случае необходимы были бы термины: мета-метаоригинал, мета-метаобраз, мета-метакод, мета-метайнформация, мета-метайнформирование и т. д.

Примем для приставки «мета» обозначение M , для «мета-мета» обозначение MM и т. д. Тогда мы получим следующие обозначения: Mx , Mu — метасообщения, MK — метакод, MI — метайнформация, MMx , MMu — мета-метасообщения, MMK — мета-метакод, MMI — мета-метайнформация и т. д.

Последовательность перехода от информации к метайнформированию, от метайнформирования к мета-метайнформированию и т. д. представлена на фиг. 12.2.

Преобразование оригинала x_1 в оригинал x_2 является информацией $I_{x_1,2}$, содержащейся в ассоциации оригиналов.

Преобразование оригинала x_1 в образ y_1 является кодом $K_{1x_1y_1}$, а преобразование оригинала x_2 в образ y_2 — кодом $K_{2x_2y_2}$.

Преобразование образа y_1 в образ y_2 является информацией $I_{y_1,2}$, содержащейся в ассоциации образов.

Преобразование информации $I_{x_1,2}$ в информацию $I_{y_1,2}$ является информированием.

Ассоциация образов y_1 , y_2 , содержащая информацию $I_{y_1,2}$, становится метаоригиналом Mx_1 .

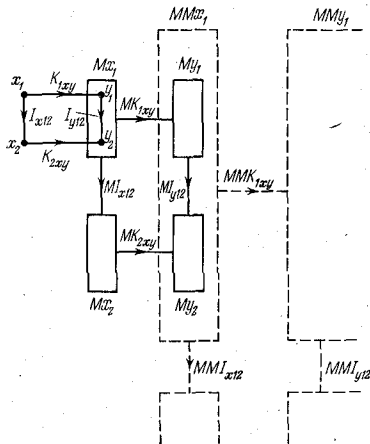
Преобразование метаоригинала Mx_1 в метаоригинал Mx_2 (другого контура управления) является метаинформацией MI_{x12} .

Преобразование метаоригинала Mx_1 в метаобраз Mu_1 является метакодом MK_{1xy} , а преобразование метаоригинала Mx_2 в метаобраз Mu_2 является метакодом MK_{2xy} .

Преобразование метаобраза Mu_1 в метаобраз Mu_2 является метаинформацией MI_{y12} , содержащейся в ассоциации метаобразов.

Преобразование метаинформации MI_{x12} в метаинформацию MI_{y12} является метаинформированием.

Ассоциация метаобразов Mu_1 , Mu_2 , содержащая метаинформацию MI_{y12} , становится мета-метаоригиналом MMx_1 .



Ф и г. 12.2. Информирование, метаинформирование, мета-метаинформирование.

Преобразование мета-метаоригинала MMx_1 в мета-метаоригинал MMx_2 (другого контура управления) является мета-метаинформацией $MMI_{x_1x_2}$ и т. д.

На фиг. 12.2 показан переход от четырех сообщений (x_1, x_2, y_1, y_2) — минимального их числа при информировании к четырем метасообщениям (Mx_1, Mx_2, My_1, My_2) — минимальному их числу при метаинформировании и далее к четырем мета-метасообщениям $(MMx_1, MMx_2, MMy_1, MMy_2)$ — минимальному их числу при мета-метаинформировании и т. д.

В процессе управления благодаря различию образов получается информирование об оригиналах.

В процессе метауправления благодаря различию метаобразов получается метаинформирование, или информирование о метаоригиналах, а поскольку метаоригиналы являются множествами образов, обеспечивающих возможность метаинформирования, то, следовательно, метаинформирование является информированием об информировании.

Точно так же мета-метаинформирование является информированием о метаинформировании.

Эти положения можно проиллюстрировать на следующем примере из техники. Допустим, что для измерения значения определенной физической величины (оригинал x_2), т. е. для сравнения его с единицей измерения (оригинал x_1), применяется стандартный измерительный прибор. Показания измерительного прибора (образ y_2) сравниваются с единицей измерения (образ y_1), в результате чего получается информация $(I_{y_1y_2})$, указывающая, во сколько раз результаты измерения величины больше единицы измерения. Из этого, однако, не следует, что полученная информация та же, что и информация $(I_{x_1x_2})$, указывающая, во сколько раз измеряемая величина больше единицы измерения, поскольку не известно, действительно ли измерительный прибор дает правильные показания.

Чтобы удостовериться в правильности показаний прибора, производят дополнительное измерение с помощью контрольного прибора. Если выполнены условия теорем 12.2 или 12.3 (теорема 12.4 не играет здесь роли, так как измерение контрольным прибором не является дезинформированием), то измерения с помощью контрольного при-

бора дадут тот же результат, что и измерения с помощью стандартного прибора.

Однако об одинаковости результатов измерения можно судить лишь на основании сравнения их показаний, причем такое сравнение не может быть лишь сравнением показаний обоих приборов при измерении данного значения величины. Как следует из сказанного выше, необходимо еще сравнить показания приборов для единицы измерения. В результате, таким образом, сравнивается информация, полученная с помощью стандартного измерительного прибора (во сколько раз показания стандартного прибора для измеряемого значения больше его показаний для единицы измерения), с информацией, полученной с помощью контрольного прибора (во сколько раз показания контрольного прибора для измеряемого значения больше его показаний для единицы измерения). Такое сравнение равносильно сравнению ассоциации образов y_1, y_2 , полученных при измерениях стандартным прибором, с ассоциацией образов (y_3, y_4 на фиг. 12.1), полученных при измерениях контрольным прибором.

Для сравнения с помощью технических средств можно было бы использовать компаратор, для которого ассоциация образов, полученных в результате измерения стандартным прибором, была бы метаоригиналом Mx_1 , а ассоциацией образов, полученных при измерении контрольным прибором, — метаоригиналом Mx_2 (фиг. 12.2). Обе ассоциации образов, т. е. метаоригиналы Mx_1 и Mx_2 , должны были бы наблюдаться компаратором в виде метаобразов My_1 и My_2 и сравниваться между собой. Если бы оказались выполненными условия теорем 12.2 или 12.3, компаратор указал бы на согласованность измерений стандартным и контрольным измерительными приборами. Это было бы метаинформированием, в котором из того обстоятельства, что метаинформация $MI_{r,12}$, содержащаяся в ассоциации метаобразов My_1, My_2 , тривиальна, следует, что метаинформация $MI_{r,12}$, содержащаяся в ассоциации метаоригиналов Mx_1, Mx_2 , также тривиальна.

В свою очередь может появиться сомнение и в правильности показаний компаратора; тогда необходимо сравнить его показания с показаниями другого компаратора, которые считаются достоверными, т. е. перейти от метаинформирования к мета-метаинформированию и т. д.

Подобную роль в практике измерений (информировании) играет помещенное на измерительном приборе клеймо, которым метрологическое учреждение удостоверяет, что работа прибора соответствует установленным требованиям (метаинформирование).

В автоматических устройствах непрерывные измерения, осуществляемые с помощью приборов (информирование), в определенные моменты времени проверяются путем сличения с эталонами с помощью автоматических корректирующих устройств (метаинформирование).

Вычисление выходных величин технологического процесса на основании входных величин является информированием. Подтверждение правильности вычисленных значений выходных величин путем сравнения их с экспериментальными значениями есть метаинформирование.

Иллюстрацией многоступенчатого метаинформирования может служить следующий пример. В кандидатской диссертации проведено исследование определенного явления с помощью измерений (информирование). Измерения были подтверждены путем сравнения с определенными эталонами, а о результатах сравнения соискатель написал в своей работе (метаинформирование). Рецензент сравнил кандидатскую работу с другими, считающимися безупречными (вернее говоря, со своими представлениями об образцовой кандидатской работе), и на этой основе написал рецензию, которую затем ученый совет университета принял как исчерпывающую (мета-метаинформирование).

К часто встречающимся случаям многоступенчатого метаинформирования может быть отнесен и следующий пример.

Финансовые операции предприятия были зарегистрированы в бухгалтерских книгах (информирование). В подтверждение правильности этих книг ревизирующая инстанция составила акт (метаинформирование) и выслала в вышестоящую инстанцию письмо: «Дополнительно прилагается акт ревизии» (мета-метаинформирование), а через некоторое время еще одно письмо такого содержания: «Сообщаем, что выслали вам письмо с приложением акта ревизии». Здесь можно обнаружить следующие процессы информирования: бухгалтерские книги информируют о финансовых операциях, акт ревизии информирует о бухгалтерских кни-

гах, первое письмо информирует об акте ревизии, а второе письмо — о первом письме.

На основе метаинформирования происходят, например, такие процессы, как метапринятие решения, т. е. принятие решения о способах принятия решения; метадискуссия, т. е. дискуссия о способах проведения дискуссии: метаприговор, т. е. приговор по вынесенному приговору (например, обсуждение судом высшей инстанции недостатков при ведении процесса в суде низшей инстанции); метаисследование — исследование методов исследования; метаобучение — обучение методам обучения; метанаука — наука о науке и т. д.

В представлении многих людей уверенность в правильности высказываний получается очень просто: если кто-то о белом говорит, что оно «белое», то он говорит правду. Кажется бы, что здесь участвуют только два сообщения — белый цвет (оригинал) и слово «белый» (образ). Однако на самом деле здесь имеется четыре сообщения и четыре метасообщения, а именно: два оригинала (x_1, x_2), два образа (y_1, y_2), два метаоригинала (Mx_1, Mx_2) и два метаобраза (My_1, My_2). Чтобы показать это, обозначим через A говорящего, а через B — оценивающего истинность сказанного говорящим.

Если что-то является белым (оригинал x_2), то, очевидно, оно является им в отличие от не белого (оригинал x_1). Субъект A выражает это словом «белый» (образ y_2), в отличие от слов «не белый» (образ y_1).

Для субъекта B высказывания A (метаоригинала Mx_1) недостаточно для оценки истинности самого высказывания. Ему, кроме того, требуется высказывание (метаоригинал Mx_2) эксперта. Субъект B на основе сравнения того, что он услышал от A (метаобраз My_1), с тем, что он услышал от эксперта (метаобраз My_2), может утверждать о наличии соответствия (тривиальная метаинформация $MI_{y_{12}}$) между тем, что он услышал от того и другого, и только после этого (если он не ослышался) вынести суждение о согласованности их ответов (тривиальная метаинформация $MI_{x_{12}}$), а следовательно, и о согласованности (трансформирование) высказывания субъекта A (информация $I_{y_{12}}$) с истинным состоянием (информация $I_{x_{12}}$). Если утверждение A согласуется с утверждениями эксперта, то A сказал прав-

ду. Если то, что субъект B услышал от субъекта A , согласуется с тем, что он услышал от эксперта, то субъект B может утверждать, что A говорил правду.

В приведенном примере подразумевается, что B говорит правду независимо от того, говорит ли A правду. В случае когда есть сомнения в истинности высказываний, следует привлечь третье лицо C . Оно должно было бы при оценке истинности высказывания B воспользоваться услугами другого эксперта, задачей которого является правильная передача высказываний субъекта A и первого эксперта лицу C . Сравнив утверждение субъекта B с утверждением второго эксперта, C мог бы высказать мнение об истинности высказывания B . Это было бы мета-метаинформированием.

Точно так же лицо D могло бы с помощью третьего эксперта оценить правильность утверждений C (мета-метаинформирование) и т. д.

В рассмотренном примере привлечение экспертов кажется искусственным лишь потому, что обычно на практике подтверждение достоверности высказывания производится лицом, оценивающим высказанное, так что это лицо само и выполняет функции эксперта. Так или иначе эксперт (эталон или другое средство оценки) необходим. В этом легко убедиться на примерах, когда оценивающее лицо не в состоянии выполнять функции эксперта. Например, чтобы понять высказывание на незнакомом языке, необходим переводчик. Сомнения в истинности рассказываемого о далеких странах можно рассеять, если сказанное подтвердят пользующиеся доверием лица, которые там побывали, и т. д.

С помощью введенных выше понятий можно объяснить такие антиномии, как «Данное утверждение ложно». В этом утверждении присутствует антиномия, так как если это утверждение ложно, то оно одновременно и истинно, поскольку называет ложным то, что на самом деле ложно, а если оно истинно, то оно одновременно и ложно, так как называет ложным то, что является истинным.

Допустим для упрощения, что утверждение есть ассоциация образов y_1, y_2 (в общем случае утверждение может представлять собой цепочку из многих образов), содержащих информацию $I_{y_1 y_2}$. Это утверждение должно определять, чем отличаются друг от друга оригиналы x_1 и x_2 , т. е. должно

указывать, какая информация $I_{x_{12}}$ содержится в ассоциации этих оригиналов (фиг. 12.2 и 12.3).

Для определения истинности утверждения надо сравнить его с истинным утверждением в виде другой ассоциации образов y_3, y_4 , содержащих информацию $I_{y_{34}}$.

Подобно тому как мы ранее различали оригиналы x_1 и x_2 , здесь речь будет идти о различении ассоциации образов y_1, y_2 (метаоригинал Mx_1) и ассоциации образов y_3, y_4 (метаоригинал Mx_2).

Ассоциация метаоригиналов Mx_1, Mx_2 содержит метаинформацию $MI_{x_{12}}$, которая может выразить утверждение в виде некоторой ассоциации метаобразов My_1, My_2 , содержащей метаинформацию $MI_{y_{12}}$.

В утверждении «Данное утверждение ложно» антиномия появляется вследствие того, что с помощью слова «данное» утверждение, содержащее информацию $I_{y_{12}}$, отождествляется с утверждением об этом утверждении («метаутверждение»), т. е. с утверждением, содержащим метаинформацию MI_{y_2} ; таким образом, происходит смешение информирования с метаинформированием.

Понятия метаинформирования, мета-метаинформирования и т. д. могут быть применены ко всем видам информирования.

Определение 12. 12. Симуляционное метаинформирование — метаинформирование, характеризующееся тем, что множество метаобразов содержит метаинформации, отсутствующие в множестве метаоригиналов.

Определение 12. 13. Диссимуляционное метаинформирование — метаинформирование, при котором множество метаоригиналов содержит метаинформации, не содержащиеся в множестве метаобразов.

Определение 12. 14. Конфузионное метаинформирование — метаинформирование, при котором метаинформации, содержащиеся в множестве метаобразов, отличаются от метаинформаций, содержащихся в множестве метаоригиналов.

Определение 12. 15. Метатрансформирование — метаинформирование, при котором метаинформации, содержащиеся в множестве метаобразов, совпадают с метаинформациями, содержащимися в множестве метаоригиналов.

Определение 12. 16. Метатрансформация — метainформация, содержащаяся в ассоциации метаобразов в результате метатрансформирования.

Определение 12. 17. Метасевдоинформирование — метainформирование, при котором некоторые мета-сообщения являются общими для нескольких метакодовых цепей.

Определение 12. 18. Метасевдоинформация — метainформация, содержащаяся в ассоциации метаобразов в результате метасевдоинформирования.

Определение 12. 19. Метадезинформирование — метainформирование, при котором некоторые метакодовые цепи неполны.

Определение 12. 20. Метадезинформация — метainформация, содержащаяся в множестве метаобразов, или отсутствие метainформации в множестве метаобразов в результате метадезинформирования.

Определение 12. 21. Метопарасообщение — метасообщение, принадлежащее метainформационной цепи, но не принадлежащее никакой метакодовой цепи.

Определение 12. 22. Метопараинформация — метainформация, содержащаяся в ассоциации, одно из мета-сообщений которой является метопарасообщением.

Определение 12. 23. Метопараинформирование метainформирование, в котором имеются метопараинформации.

Очевидно, что все теоремы об информировании применимы и к метainформированию, мета-метainформированию и т. д.

Так как виды информирования определяются кодами, то и виды метainформирования определяются метакодами, виды мета-метainформирования — мета-метакодами и т. д.

Коды, метакоды, мета-метакоды и т. д. могут быть подобраны независимо, поэтому из утверждения, что метainформирование является метатрансформированием, не следует, что информирование является трансформированием.

Например, если два человека дали одинаковые показания, то утверждение об одинаковости их показаний является истинным (метатрансформирование), но сами эти показания могут быть как одинаково истинными (транс-

информирование), так и одинаково ложными (дезинформирование).

Точно так же из утверждения, что информирование является трансинформированием, не следует, что метаинформирование является метатрансинформированием.

Например, если *A* сказал правду (трансинформирование), то *B* может сказать и что *A* сказал правду (метатрансинформирование), и что *A* солгал (метадезинформирование).

Если *A* солгал (дезинформирование), то *B* может сказать и что *A* солгал (метатрансинформирование), и что *A* сказал правду (метадезинформирование).

Эти обстоятельства иногда используют с целью обмана, например когда преступник, говоря неправду, при этом ссылается на столь же лживые показания своего соучастника. Согласованность их показаний имеет целью внушить, что оба говорят правду.

Замена информирования метаинформированием с целью сокрытия истины используется и в рекламе, когда вместо сообщения реальных данных о рекламируемом изделии (информирование) говорится о том, что оно очень хорошее, наилучшее и т. д., т. е. даются оценки изделия по сравнению с другими изделиями подобного рода (метаинформирование).

Аналогично в области пропаганды обвинения, выдвигаемые политическими противниками, часто клеймятся как ложь, фальшивки и т. д. (метаинформирование), без указания, однако, о чем в этих обвинениях, собственно, идет речь (отсутствие информирования). Так поступают в тех случаях, когда обвинения на самом деле справедливы (трансинформирование) и читатель мог бы обнаружить лживость пропаганды (метадезинформирование).

Примеры, которые мы сейчас рассмотрим, иллюстрируют отдельные виды метаинформирования.

Правильная ссылка на чужое высказывание является метатрансинформированием.

Измышление чужого высказывания является симуляционным метадезинформированием.

Замалчивание чужого высказывания является диссимуляционным метадезинформированием. Этот способ часто используется в газетной полемике при цитировании

высказываний противника, когда пропускаются места, противоречащие утверждениям цитирующего. Например, когда для того, чтобы опорочить автора статьи, из нее приводится цитата: «воровство — дело похвальное», совершается диссимуляционное метадезинформирование, если вся фраза имела вид: «воровство — дело похвальное, по мнению преступников».

Искажение чужого высказывания является простым конфузионным метадезинформированием, извращение же его в противоположном смысле — двойным конфузионным метадезинформированием.

Многократное приведение чужого утверждения с использованием меняющихся равнозначных формулировок является метапсевдоинформированием.

Выражение чужого высказывания в обобщающем виде является диссимуляционным метапсевдоинформированием.

Выражение чужого высказывания в виде, допускающем противоречивые интерпретации, является конфузионным метапсевдоинформированием.

Приведение чужого высказывания в надежде, что читатель поймет его в соответствии с невысказанными взглядами цитирующего, является металаратрансформированием.

Если читатель не понял замысла цитирующего, мы имеем дело с диссимуляционным металарадезинформированием.

Если читатель «обнаружил» несуществующий замысел цитирующего, мы имеем дело с симуляционным металарадезинформированием.

Если читатель «обнаружил» намерение, отличающееся от истинного замысла цитирующего, перед нами конфузионное металарадезинформирование. Оно имеет место, например, когда газета цитирует высказывания политического противника в расчете на то, что читатели осудят автора этих высказываний, а на самом деле вызывает у читателей сочувствие к автору.

Если в уголовном кодексе вместо наказуемости таких-то и таких-то определенных действий говорится о наказуемости «вредоносных действий», оставляя простор для произвольных толкований, что является, а что не является «вредоносным», имеет место замена информирования мета-

информированием. Развитие правосудия приводит ко все большему исключению метаинформирования. В противном случае весь уголовный кодекс можно было бы свести к двум статьям: «1. Преступления наказуемы. 2. Что есть преступление, определяет прокурор».

Различение информирования и метаинформирования помогает также лучше понять разницу между ложью и обманом.

Ложь — это дезинформирование, обман — метадезинформирование, представляющее это дезинформирование как трансинформирование. Короче, обман — это представление лжи как правды.

От обвинения в обмане охраняет метатрансформирование, представляющее дезинформирование как дезинформирование, т. е. ложь как ложь.

Например, представление исследуемой зависимости в виде кривой на основе дискретного числа измерений является ложью, так как отрезки кривой между точками измерения являются плодом воображения исследователя, особенно когда некоторые точки не укладываются на кривую. Обвинения в обмане (подгонка или «натягивание» результатов), однако, нельзя выдвинуть, если исследователь обозначил на графике и все точки измерения, показав, таким образом, расхождения между их положением и ходом кривой.

Аналогично ложью являются вымышленные автором исторического романа разговоры между историческими персонажами, но от обвинения в обмане его охраняет слово «роман», помещенное под названием книги (иногда и без этого бывает ясно, что речь идет о романе, а не об историческом трактате).

С этой точки зрения весьма неудачной следует признать судебную формулу «наказание за дачу ложных показаний»; правильнее было бы говорить о наказании за обманные показания, так как источником ложных показаний могут быть также произвольные ошибки, «обманы зрения» и другие сходные обстоятельства, субъективности которых свидетель и не отрицает.

ЧИСЛО ИНФОРМАЦИЙ

С помощью принятого в данной работе способа определения информации удалось выделить различные виды информации. Теперь встает вопрос, что мог бы дать подсчет этих информационных и, в частности, как будут связаны результаты такого подсчета с широко используемым в современной теории информации понятием количества информации.

Для того чтобы ответить на эти вопросы, введем следующие понятия.

Определение 13.1. Полезная информация — минимальная возможная информация, содержащаяся в данной информационной цепи и необходимая для данного процесса управления.

Определение 13.2. Избыточная информация — информация, полученная из других информационных данной информационной цепи.

Определение 13.3. Паразитная информация — информация, возникающая вне данного процесса управления.

К избыточной информации относятся повторная информация, обратная информация, случайная информация, дополнительные операционные информации, помимо той операционной информации, которая необходима для данного процесса управления, а также симуляционная псевдоинформация.

К паразитной информации относятся симуляционная дезинформация и симуляционная парадезинформация.

Избыточная и паразитная информации не будут использоваться в рассуждениях, связанных с подсчетом информации. Учитываться будет только полезная информация.

Среди полезных видов информации мы будем различать описательную информацию и идентифицирующую информацию.

О п р е д е л е н и е 13. 4. Описательная информация — информация, относящаяся к наименьшему возможному числу информаций, необходимых для описания определенного сообщения в информационной цепи.

О п р е д е л е н и е 13.5. Исходная (реперная) информация — описательная информация, необходимая для определения первого сообщения в информационной цепи.

О п р е д е л е н и е 13. 6. Исходное сообщение — сообщение, к которому следует применить преобразование, соответствующее исходной информации, с целью получения первого сообщения в информационной цепи.

Для описания последнего сообщения информационной цепи требуется описательная информация в виде преобразований, которым необходимо с этой целью подвергнуть предпоследнее сообщение, но для описания предпоследнего сообщения необходима информация в виде преобразования, которому следует подвергнуть предыдущее сообщение, и т. д. Подобным образом третье сообщение описывается на основе второго сообщения, которое в свою очередь описывается на основе первого сообщения.

Для определения первого сообщения информационной цепи необходима исходная информация в виде преобразования, которому должно быть подвергнуто некоторое сообщение, не принадлежащее к данной информационной цепи.

Например, изменение температуры в процессе нагревания можно определить, если известны последовательные приращения температуры, но первое значение температуры необходимо задать по отношению к некоторой исходной (реперной) температуре, например температуре окружающей среды, температуре таяния льда, температуре абсолютного нуля и т. п. При определении высоты за исходную высоту (начало отсчета) принимается уровень моря. При определении потенциала за исходный потенциал (потенциал отсчета) берется потенциал земли и т. п.

Поскольку исходное сообщение не играет роли в процессе управления, его можно выбрать произвольным образом. Но в соответствии с ним должна быть выбрана и исходная информация.

Наиболее выгоден такой выбор, когда исходное сообщение совпадает с первым сообщением информационной цепи; тогда исходной информацией будет тривиальная инфор-

мация. К такому случаю относятся формулировки: «дана точка, относительно которой...», «дано начальное состояние...» и т. п.

Возникает вопрос: от чего зависит число описательных информаций?

Число описательных информаций, требуемых для определения одного сообщения, будем обозначать через D .

Теорема 13.1. Число информаций, описывающих одно сообщение в информационной цепи, состоящей из n различных сообщений, равно числу n этих сообщений.

Доказательство. В информационной цепи, состоящей из n сообщений $x_1, x_2, x_3, \dots, x_{n-1}, x_n$, для определения первого сообщения x_1 необходима исходная информация

$$I_{01}x_0 = x_1, \quad (13.1)$$

где x_0 — исходное сообщение.

В случае когда $x_0 = x_1$, исходная информация тривиальна:

$$I_{01} = I^0. \quad (13.2)$$

Кроме того, для описания сообщения x_1 требуется $n - 1$ последующих описательных информаций

$$\begin{aligned} I_{21}x_2 &= x_1, \\ I_{31}x_3 &= x_1, \\ &\dots \\ I_{n1}x_n &= x_1. \end{aligned} \quad (13.3)$$

Вследствие этого число информаций, описывающих сообщение x_1 , равно

$$D_1 = 1 + n - 1$$

или

$$D_1 = n.$$

Применив тот же способ к остальным сообщениям, получим

$$\begin{aligned} D_2 &= n, \\ D_3 &= n, \\ &\dots \\ D_n &= n. \end{aligned} \quad (13.4)$$

Например, если на основе измерений утверждается, что допустимая температура в камере сгорания промышленной печи $x_1 = 900^\circ \text{C}$, температура обкладки печи $x_2 = 150^\circ \text{C}$, а температура окружающей среды $x_3 = 30^\circ \text{C}$, то в этой информационной цепи сообщение x_1 может быть задано тремя описательными информциями:

$$\begin{aligned}x_1 &= x_1, \\x_2 + 750 &= x_1, \\x_3 + 870 &= x_1;\end{aligned}$$

сообщение x_2 определяется тремя описательными информциями:

$$\begin{aligned}x_1 + 120 &= x_2, \\x_2 &= x_2, \\x_3 - 750 &= x_2;\end{aligned}$$

сообщение x_3 определяется также тремя описательными информциями:

$$\begin{aligned}x_1 - 870 &= x_3, \\x_2 - 120 &= x_3, \\x_3 &= x_3.\end{aligned}$$

Теорема 13. 2. Для описания одного сообщения информационной цепи, содержащей основную информацию и состоящей из произвольного числа n сообщений, достаточно двух описательных информций.

Доказательство. В информационной цепи, состоящей из n сообщений: $x_1, x_2, x_3, \dots, x_{n-1}, x_n$ и содержащей основную информацию I , для описания первого сообщения x_1 необходима в соответствии с (13.1) исходная информация

$$I_0, x_0 = x_1.$$

Для определения остальных сообщений необходимо $n - 1$ следующих описательных информций:

$$\begin{aligned}I_{12}x_1 &= x_2, \\I_{23}x_2 &= x_3,\end{aligned}\tag{13.5}$$

$$I_{n-1, n}x_{n-1} = x_n.$$

Каждая из описательных информаций (13.5) равна основной информации:

$$I_{12} = I_{23} = \dots = I_{n-1, n} = I, \quad (13.6)$$

вследствие чего число информаций, описывающих сообщение x_1 ,

$$D_1 = 2.$$

Применив тот же способ к остальным сообщениям, получим:

$$\begin{aligned} D_2 &= 2, \\ D_3 &= 2, \end{aligned} \quad (13.7)$$

...

$$D_n = 2.$$

Одна из двух описательных информаций каждого сообщения является исходной, вторая — основной.

Например, если информационная цепь представляет собой последовательность арифметических действий, то для описания произвольного сообщения необходимы две описательные информации: 1) какое сообщение подвергается первому арифметическому преобразованию (исходная информация) и 2) какое арифметическое действие нужно произвести (основная информация).

Теорема 13.3. Если в информационной цепи, состоящей из n сообщений, имеется m классов, состоящих соответственно из n_a, n_b, \dots, n_m одинаковых сообщений, то среднее число информаций можно выразить следующим образом:

$$D = \left(\frac{n}{n_a}\right)^{n_a/n} \left(\frac{n}{n_b}\right)^{n_b/n} \dots \left(\frac{n}{n_m}\right)^{n_m/n}.$$

Доказательство. Дано число n сообщений информационной цепи, в которой имеется m классов одинаковых сообщений, т. е.

$$n_a \text{ сообщений } a_1 = a_2 = a_3 = \dots,$$

$$n_b \text{ сообщений } b_1 = b_2 = b_3 = \dots,$$

...

$$n_m \text{ сообщений } m_1 = m_2 = m_3 = \dots,$$

где

$$n = n_a + n_b + \dots + n_m. \quad (13.8)$$

В соответствии с теоремой 13.1 число информации, описывающих сообщение a_1 ,

$$D_{a1} = n.$$

Точно так же для числа информации, описывающих остальные сообщения этого же класса, имеем

$$D_{a2} = n,$$

$$D_{a3} = n,$$

...

Вследствие одинаковости сообщений $a_1 = a_2 = a_3 = \dots$ полные информации, описывающие каждое из этих сообщений, одинаковы, поэтому для полной информации, описывающей одно из этих сообщений, информации, описывающие остальные сообщения этого класса, являются избыточными информацией, вследствие чего должны быть исключены. Поскольку рассматриваемый класс состоит из n_a сообщений, среднее число описательных информации, приходящихся на каждое из этих сообщений, равно

$$D_a = \frac{n}{n_a}.$$

Точно так же для среднего числа описательных информации, приходящихся на каждый из остальных классов, имеем

$$D_b = \frac{n}{n_b},$$

...

$$D_m = \frac{n}{n_m}.$$

(13.9)

Среднее число описательных информации одного сообщения информационной цепи можно определить как среднее геометрическое средних чисел информации, описывающих сообщения для всех классов:

$$D = \sqrt[n]{D_a^{n_a} D_b^{n_b} \dots D_m^{n_m}}, \quad (13.10)$$

откуда с учетом (13.9)

$$D = \left(\frac{n}{n_a}\right)^{n_a/n} \left(\frac{n}{n_b}\right)^{n_b/n} \dots \left(\frac{n}{n_m}\right)^{n_m/n}. \quad (13.11)$$

В частном случае, когда информационная цепь не содержит одинаковых сообщений, т. е. когда

$$n_a = n_b = \dots = n_m = 1,$$

$$m = n,$$

выражение (13.11) сводится к выражению (13.4):

$$D_n = n.$$

О п р е д е л е н и е 13. 7. Идентифицирующая информация — информация, относящаяся к наименьшему возможному числу информаций, необходимых для описания отдельного сообщения информационной цепи.

Для выделения одного сообщения из заданной информационной цепи необходимо иметь некоторый критерий выделения и должна существовать возможность проверки выполнения требуемых этим критерием условий.

Роль такого критерия может играть время (определение момента появления выделяемого сообщения), пространство (определение места появления выделяемого сообщения), порядок (определение номера сообщения) и т. п.

При выделении сообщений делается различие только между тривиальной и нетривиальной информацией, независимо от того, с помощью каких преобразований получена нетривиальная информация.

Более подробно этот факт объясняется на следующем примере. Предположим, что информационная цепь состоит из четырех сообщений: x_1, x_2, x_3, x_4 , среди которых под определенным углом зрения оказалось выделенным, например, сообщение x_2 .

В соответствии с теоремой 13.1 для описания произвольного сообщения этой информационной цепи необходимы четыре описательные информации:

$$I_{01}x_0 = x_1,$$

$$I_{02}x_0 = x_2,$$

$$I_{03}x_0 = x_3,$$

$$I_{04}x_0 = x_4.$$

Если за исходное сообщение принимается выделяемое сообщение, одна из этих информаций будет тривиальной. Три остальные информации будут нетривиальными информациями. Идентификация выделенного сообщения основана на утверждении, что среди описательных информаций есть тривиальная информация. Это сводится к поиску ответа на следующие вопросы:

$$I_{01} = I^0?$$

$$I_{02} = I^0?$$

$$I_{03} = I^0?$$

$$I_{04} = I^0?$$

Ответ имеет вид «да» или «нет». В описанном примере ответ на первый, третий и четвертый вопросы будет «нет», а на второй «да». Далее получаются следующие четыре описательные информации:

$$I_{21} \neq I^0,$$

$$I_{22} = I^0,$$

$$I_{23} \neq I^0,$$

$$I_{24} \neq I^0$$

или

$$x_2 \neq x_1,$$

$$x_2 = x_2,$$

$$x_2 \neq x_3,$$

$$x_2 \neq x_4.$$

Поскольку только одно сообщение оказалось выделенным, отыскание тривиальной информации приводит к одновременному отысканию всех остальных информаций как нетривиальных.

Легко заметить, что число возможных описательных информаций выделенного сообщения зависит от порядка их отыскания, т. е. от порядка задания вопроса и получения ответов.

Если начать с вопроса « $I_{02} = I^0?$ », то после получения ответа «да» для идентификации сообщения x_2 достаточно было бы одной информации.

При другом порядке задания вопросов потребовалось бы более одного вопроса. В наихудшем случае потребовалось бы три информации независимо от характера ответа на третий вопрос. Если ответ на него был «да», выделенное сообщение становится идентифицированным. Если ответ гласит «нет», тривиальная информация должна соответствовать последнему, четвертому, вопросу, вследствие чего задание его оказывается излишним.

Например, если на вопрос: «сейчас зима?» (выделение в соответствии с критерием времени) получается ответ «да», то одна эта информация сразу дает все четыре описательные информации, а именно: три нетривиальные информации «сейчас не весна», «сейчас не лето», «сейчас не осень» и одну тривиальную информацию «сейчас зима». Точно такие же четыре описательные информации получатся и с помощью трех информаций в виде ответов «нет» на вопросы «сейчас весна?», «сейчас лето?», «сейчас осень?». Вопрос «сейчас зима?» оказывается тогда излишним, поскольку на него может быть только ответ «да».

Кажущееся противоречие с теоремой 13.1, в соответствии с которой для описания одного из четырех возможных сообщений необходимо иметь четыре описательные информации, а не три, объясняется тем, что при идентификации выделяемого сообщения при условии что задано, из скольких сообщений он должен быть выбран, четвертая информация оказывается заранее заданной.

Таким образом, в наилучшем случае первая искомая описательная информация может оказаться тривиальной, и на этом процесс идентификации заканчивается. В наихудшем же случае процесс идентификации заканчивается после определения всех нетривиальных информаций, когда единственной оставшейся информацией является искомая тривиальная информация.

Число информаций, необходимых для идентификации, не возрастает при повторении одного и того же вопроса, поскольку повторные ответы являются избыточными информациями. Это кажется очевидным, но все же заслуживает более внимательного рассмотрения, поскольку ситуации та-

кого рода часто встречаются на практике, например когда люди, заблудившиеся в лесу или в подземных ходах, вследствие потери ориентировки возвращаются по несколько раз на одно и то же место (выделяемым сообщением здесь является правильное направление выхода, критерием же является испытание различных направлений).

Возникает вопрос, при каких условиях число описательных информаций, необходимых для идентификации, не зависит от порядка следования вопросов. Это и будут идентифицирующие информации.

Число информаций, идентифицирующих одно сообщение, мы будем обозначать через H .

Теорема 13. 4. Число описательных информаций, необходимых для идентификации выделенного сообщения, однозначно определено только в информационной цепи из двух сообщений.

Доказательство. Дана информационная цепь, состоящая из n различных сообщений. Поскольку наименьшее число описательных информаций, необходимых для идентификации выделенного сообщения,

$$H_{\min} = 1, \quad (13.12)$$

а наибольшее число описательных информаций, необходимых для идентификации выделенного сообщения,

$$H_{\max} = n - 1, \quad (13.13)$$

то число описательных информаций, необходимых для идентификации выделенного сообщения, однозначно определено, если

$$H_{\min} = H_{\max} \quad (13.14)$$

или, с учетом (13.12) и (13.13), если

$$1 = n - 1, \quad (13.15)$$

откуда вытекает, что результат (13.14) получается в случае, когда число сообщений

$$n = 2. \quad (13.16)$$

Как следует из формул (13.12) — (13.14), число идентифицирующих информаций

$$H_2 = 1. \quad (13.17)$$

В этом случае в соответствии с (13.14) число описательных информаций равно

$$D_2 = 2.$$

Одна из них — тривиальная информация, утверждающая, что описанное сообщение является выделенным сообщением, другая же — нетривиальная информация, утверждающая, что остальные сообщения не являются выделенными.

Здесь мы избавились от случайности в порядке выбора сообщения. Если из двух сообщений x_1 и x_2 требуется выделить сообщение x_1 , то для его идентификации можно воспользоваться как информацией $x = x_1$, так и информацией $x \neq x_2$.

Например, как информация «этот год невисокосный», так и информация «этот год не является високосным», указывает, что речь идет о невисокосном годе, вследствие чего несущественно, получается ли идентификация при ответе на вопрос «этот год високосный?» или на вопрос «этот год невисокосный?»

Этим объясняется известный способ идентификации, основанный на разделении множества сообщений на два подмножества по возможности с равным числом сообщений и на последующем рассмотрении идентифицированного подмножества как множества, которое дальше делится на два подмножества и т. д., до идентификации пары сообщений и выделения в ней одного сообщения.

Теорема 13.5. Число информаций, идентифицирующих одно сообщение в информационной цепи, содержащей n различных сообщений, может быть определено как двоичный логарифм этого числа сообщений.

Д о к а з а т е л ь с т в о. Дана информационная цепь из n сообщений, являющаяся частью информационной цепи из $2n$ сообщений.

В соответствии с теоремой 13.1, число информаций, описывающих одно сообщение в информационной цепи из n сообщений, равно $D_n = n$, а число информаций, описывающих то же сообщение в цепи из $2n$ сообщений, равно $D_{2n} = 2n$, вследствие чего

$$D_{2n} = 2D_n. \quad (13.18)$$

Если число информации, идентифицирующих одно сообщение в информационной цепи из n сообщений, равно H_n , то, поскольку в соответствии с теоремой 13.4 для идентификации этой информационной цепи как одной из двух составляющих информационную цепь из $2n$ сообщений, необходима одна идентифицирующая информация — число информации, идентифицирующих это сообщение в информационной цепи из $2n$ сообщений, равно

$$H_{2n} = H_n + 1. \quad (13.19)$$

Зависимость $H = f(D)$ можно найти, прологарифмировав (13.18) по основанию 2,

$$\log_2 D_{2n} = \log_2 D_n + \log_2 2,$$

или

$$\log_2 D_{2n} = \log_2 D_n + 1. \quad (13.20)$$

Из сравнения зависимостей (13.19) и (13.20) следует, что на основании одной из них можно определить другую, если зависимость

$$H = f(D)$$

имеет вид

$$H = \log_2 D. \quad (13.21)$$

Для $D_n = n$ уравнение (13.21) в соответствии с теоремой 13.1 приобретает вид

$$H_n = \log_2 n. \quad (13.22)$$

Следовательно, мы убеждаемся в том, что формула (13.22) идентична формуле Хартли (1.3).

До сего времени в теории информации пользовались формулой Хартли безотносительно к числу описательных информации, однако методологически это неправильно, поскольку уравнение $H = \log_2 D$ носит всеобщий характер (см. теорему 13.7), в то время как формула $H = \log_2 n$ справедлива только для частного случая, когда $D = n$.

Поскольку для идентификации одного из подмножеств множества сообщений требуется одна идентифицирующая информация, число информации, идентифицирующих H_n , равно числу последовательных разбиений множества сооб-

щений на два подмножества, необходимых для идентификации выделенного сообщения из целой информационной цепи.

Теорема 13. 6. Если в информационной цепи из n сообщений имеется m классов, каждый из которых состоит соответственно из n_a, n_b, \dots, n_m одинаковых сообщений, то среднее число идентифицирующих информаций можно выразить соотношением

$$H = \frac{n_a}{n} \log_2 \frac{n}{n_a} + \frac{n_b}{n} \log_2 \frac{n}{n_b} + \dots + \frac{n_m}{n} \log_2 \frac{n}{n_m}.$$

Доказательство. Дано число n сообщений информационной цепи, в которой имеется m классов одинаковых сообщений, т. е.

$$n_a \text{ сообщений } a_1 = a_2 = a_3 = \dots,$$

$$n_b \text{ сообщений } b_1 = b_2 = b_3 = \dots,$$

...

$$n_m \text{ сообщений } m_1 = m_2 = m_3 = \dots,$$

где

$$n = n_a + n_b + \dots + n_m. \quad (13.23)$$

В соответствии с теоремой 13.5 число информаций, идентифицирующих сообщение a_1 в информационной цепи, состоящей из n сообщений, равно

$$\log_2 n,$$

а число информаций, идентифицирующих сообщение a_1 внутри одного только класса, состоящего из n_a сообщений, равно

$$\log_2 n_a.$$

Поскольку, однако, сообщения a_1, a_2, a_3, \dots одинаковы и вследствие этого неразличимы, возможна только идентификация сообщения a как принадлежащего классу сообщений a_1, a_2, a_3, \dots без возможности утверждать, какое именно из этих сообщений идентифицируется. Вследствие этого число идентифицирующих информаций будет на $\log_2 n_a$ меньше, т. е.

$$H_a = \log_2 n - \log_2 n_a.$$

Подобным же способом получается число информации, приходящихся на каждое сообщение остальных классов:

$$H_b = \log_2 n - \log_2 n_b,$$

...

$$H_m = \log_2 n - \log_2 n_m,$$

или

$$H_a = \log_2 \frac{n}{n_a},$$

$$H_b = \log_2 \frac{n}{n_b},$$

...

$$H_m = \log_2 \frac{n}{n_m}.$$

(13.24)

Среднее количество информации, идентифицирующих одно сообщение, можно описать среднеарифметическим числом информации для всех классов:

$$H = \frac{1}{n} (n_a H_a + n_b H_b + \dots + n_m H_m), \quad (13.25)$$

откуда с учетом (13.24) получаем

$$H = \frac{n_a}{n} \log_2 \frac{n}{n_a} + \frac{n_b}{n} \log_2 \frac{n}{n_b} + \dots + \frac{n_m}{n} \log_2 \frac{n}{n_m}. \quad (13.26)$$

В частном случае, когда в информационной цепи нет одинаковых сообщений, т. е. когда

$$n_a = n_b = \dots = n_m = 1, \\ m = n,$$

уравнение (13.26) преобразуется к виду

$$H = \log_2 n.$$

Теорема 13. 7. Среднее число идентифицирующих информации равно двоичному логарифму среднего числа описательных информации.

Доказательство. Из сравнения (13.11) и (13.26) следует, что

$$H = \log_2 D. \quad (13.27)$$

Из уравнения (13.27) видно, что число идентифицирующих информаций H меньше числа описательных информаций D . Это и понятно, поскольку описание одного сообщения из множества сообщений является и описанием всех сообщений этого множества, в то время как идентификация одного сообщения лишь означает утверждение, что ни одно из остальных сообщений не является искомым сообщением, пока не указано, что из себя представляют эти остальные сообщения. Этим утверждается только то, что, кроме одного тривиального преобразования, все остальные преобразования являются нетривиальными, без указания на то, каким именно является каждое из нетривиальных преобразований.

Указанное утверждение может привести к противопоставлению понятий «число информаций» и «количество информации».

Вероятность выражается отношением благоприятных с определенной точки зрения событий к общему числу возможных событий¹⁾, вследствие чего, если n — общее число событий, а событие a может появиться n_a раз, событие b n_b раз, ..., событие m n_m раз, то вероятность произвольного события можно выразить следующим образом:

$$\begin{aligned} p_a &= \frac{n_a}{n}, \\ p_b &= \frac{n_b}{n}, \\ &\dots \\ p_m &= \frac{n_m}{n}. \end{aligned} \quad (13.28)$$

После подстановки (13.28) уравнение (13.11), выражающее среднее количество описательной информации, принимает вид

¹⁾ Такое описание вероятности в сущности не отличается от определения: «вероятность случайного события выражается отношением числа случаев, благоприятствующих этому событию, к числу всех равновозможных случаев (так называемых элементарных событий)» (Малый математический словарь, Варшава, 1967). Различие носит лишь терминологический характер и возникло из способа обозначения сообщений, принятого в данной работе. См. суждения в тексте после формулы (13.30).

$$D_{\text{ср}} = \frac{1}{p_a^{p_a} p_b^{p_b} \dots p_n^{p_n}}, \quad (13.29)$$

а уравнение (13.26), выражающее среднее количество идентифицирующей информации, преобразуется к виду

$$H = -p_a \log_2 p_a - p_b \log_2 p_b - \dots - p_m \log_2 p_m. \quad (13.30)$$

Легко видеть, что уравнение (13.30) идентично уравнению Шеннона (1.1).

Чтобы избежать возможных недоразумений при интерпретации приведенных уравнений, следует иметь в виду различие между сообщениями и классами сообщений. Это важно, поскольку в теории информации события обычно определяются в смысле классов событий.

Например, в формулировке, что пять событий a, b, c, d, e могут наступить с вероятностями $p_a = 1/8, p_b = 1/8, p_c = 1/8, p_d = 1/8, p_e = 1/2$, речь идет в действительности о том, что на восемь событий приходится пять разных классов событий, причем числа событий в разных классах распределены следующим образом:

$n_a = 1, n_b = 1, n_c = 1, n_d = 1, n_e = 4$. Если бы мы заменили в этом примере термин «событие» термином «сообщение», мы имели бы дело с числом сообщений $n = 8$ и числом классов сообщений $m = 5$. Это следует иметь в виду при использовании приведенных здесь формул.

В данном случае из уравнения (13.11) получается среднее число описательных информаций

$$\begin{aligned} D &= \left(\frac{8}{1}\right)^{1/8} \cdot \left(\frac{8}{1}\right)^{1/8} \cdot \left(\frac{8}{1}\right)^{1/8} \cdot \left(\frac{8}{1}\right)^{1/8} \cdot \left(\frac{8}{4}\right)^{4/8} = \\ &= \sqrt[8]{8^4 \cdot 2^4} = \sqrt{16} = 4, \end{aligned}$$

а из уравнения (13.27) — среднее число идентифицирующих информаций

$$H = \log_2 4 = 2.$$

Очевидно, что, используя вероятности из уравнения (13.30), мы получим тот же результат:

$$\begin{aligned}
 H &= -\frac{1}{8} \log_2 \frac{1}{8} - \frac{1}{8} \log_2 \frac{1}{8} - \frac{1}{8} \log_2 \frac{1}{8} - \\
 &\quad - \frac{1}{8} \log_2 \frac{1}{8} - \frac{1}{2} \log_2 \frac{1}{2} = -\frac{1}{2} \log_2 \frac{1}{8} - \\
 &\quad - \frac{1}{2} \log_2 \frac{1}{2} = -\frac{1}{2} (-3 - 1) = 2.
 \end{aligned}$$

Отличие сообщения от класса сообщений имеет столь же существенное значение и для определения единицы количества информации 1 бит.

В теории информации за 1 бит принимается количество информации, получаемое при различении одного из двух равновероятных событий.

Согласно теореме 13.4, этому соответствует «единица идентифицирующей информации» при различении одного из двух сообщений. В этом определении нет требования равновероятности событий, поскольку в развиваемой в данной работе теории рассматриваются только однократные сообщения. Если же какое-либо сообщение повторяется, оно уже не является тем же самым сообщением, а считается, что существует класс сообщений, к которому принадлежит определенное число сообщений, рассматриваемых с определенных позиций как одинаковые.

При бросании монеты n раз получается n различных результатов, а разбиение результатов на «орел» и «решку» является лишь способом выражения того факта, что определенный результат относится к классу «орел», а другой — к классу «решка».

Из сравнения уравнений (13.30), (13.26), (13.27) вытекает, что «количество информации», выраженное в битах, «число идентифицирующих информаций» и «двоичный логарифм числа описательных информаций» являются по сути дела одним и тем же.

Это означает, что, зная число описательных информаций, можно определить число идентифицирующих информаций (количество информации), и наоборот.

В связи с этим возникает вопрос, почему в определенных ситуациях, требующих количественного определения информации, понятие количества информации оказалось непригодным.

Например, какое количество информации содержит зависимость диаметра окружности от ее радиуса?

Чтобы ответить на этот вопрос, пользуясь понятием количества информации, следовало бы вначале определить вероятности появления радиуса и диаметра окружности, а затем воспользоваться уравнением (1.1). Это оказывается невозможным, поскольку радиус и диаметр являются абстрактными понятиями, которые не могут «появляться» с большими или меньшими вероятностями.

В то же время количественное определение информации, содержащейся в указанной зависимости, возможно, если воспользоваться понятием описательной информации.

Здесь имеются две описательные информации: 1) дан радиус окружности; 2) диаметр вдвое больше радиуса. Следовательно, зная число описательных информаций $D_2 = 2$, можно на основании уравнения (13.27) определить число идентифицирующих информаций $H_2 = 1$, что вследствие идентичности уравнений (13.30) и (1.1) равнозначно количеству информации в 1 бит.

Какое значение может иметь то обстоятельство, что таким путем удается устранить трудности, возникающие при попытке обоснования понятия количества информации с помощью вероятности событий?

Дело в том, что в действительности в каждом процессе управления имеются сообщения и определяющие их описательные информации, но не всегда требуется идентифицировать сообщение. А лишь при идентификации сообщений может идти речь о числе идентифицирующих сообщений, т. е. о количестве информации.

В приведенном примере, кроме числа описательных информаций, можно было бы также определить число идентифицирующих информаций (количество информации), но это не имело бы смысла, поскольку в зависимости между геометрическими элементами как таковыми речь не идет об идентификации одного из них. Иначе говоря, в этом случае не ставятся такие вопросы, как, например: «среди двух элементов, какими являются радиус и диаметр, имеется ли радиус или диаметр?» Если бы где-либо по каким-либо причинам мог быть поставлен такой вопрос, сразу бы возникла необходимость в рассмотрении вероятностей, т. е. числа сообщений в классе «радиус» и в классе «диаметр», а тогда и

вычисление количества информации, т. е. числа идентифицирующих информаций, приобретает определенный смысл.

Приведенный пример поучителен, поскольку в геометрии хотя и не требуется определять число идентифицирующих информаций, однако всегда требуется знать число описательных информаций. Это находит свое выражение, между прочим, в таких формулировках, как «даны две стороны треугольника ...», «дан радиус окружности, вписанной в трапецию ...» и т. п. От числа имеющихся данных зависит, например, возможность определения местоположения точки или только геометрического места точек и т. п.

В качестве примера, не имеющего ничего общего с вероятностями, а следовательно, и с понятием количества информации и, несмотря на это, позволяющего найти число описательных информаций, можно привести математическое правило, по которому число независимых уравнений должно быть равно числу неизвестных. Это правило соответствует теореме 13.1, в соответствии с которой для числа n различных сообщений число описательных информаций должно быть равно $D_n = n$. Если же число уравнений меньше n , то неизвестные определить невозможно (информационная цепь является неопределенной вследствие неполного числа описательных информаций). Если число уравнений больше n , то либо лишние уравнения являются следствиями остальных, и тогда они не нужны (избыточная информация), либо они независимы, и тогда система противоречива (паразитная информация).

Такую же роль число описательных информаций играет в задачах по определению числа степеней свободы различных систем.

Примером, в котором, кроме описательных информаций, существенную роль играют и идентифицирующие информации, могут служить школьные учебники. Количественная оценка информации, содержащейся в учебниках, имеет существенное значение для разработки учебных программ. Однако попытка воспользоваться здесь понятием количества информации ни к чему не приводит, поскольку нельзя говорить о вероятностях сообщений, из которых состоит учебник. В свете приведенных выше понятий и определений становится ясно, что такая попытка оказалась бы беспредметной, поскольку при обучении не ставится цель иден-

Классификация кодовых цепей и видов информирования

№	Кодовые цепи	Информирование	
		терминология	интерпретация
1	Кодовые цепи	Информирование	Принимается информация:
1.1	полные и раздельные	Трансформирование	правильная, посредством сообщений
1.1.1	тривиальные коды	тривиальное	недеформированных
1.1.1.1	образы являются оригиналами	тождественное	оригинальных
1.1.1.2	образы одинаковы с оригиналами	равнозначное	скопированных
1.1.2	основные коды	аналоговое	деформированных без ущерба
1.1.3	обратные коды	компенсационное	деформированных, но скорректированных
1.1.4	одинаковые коды	сравнительное	одинаковых
1.1.5	несходящиеся коды	исключающее	дихотомических
1.2	полные, но не раздельные	Псевдоинформирование	кажущаяся
1.2.1	расходящиеся	симуляционное	избыточная
1.2.2	сходящиеся	диссимуляционное	обобщенная
1.2.3	сокращенные	конфузионное	неясная
1.3	раздельные, но не полные	Дезинформирование	ложная
1.3.1	не начинающиеся с оригиналов	симуляционное	вымышленная
1.3.2	не заканчивающиеся образами	диссимуляционное	утаенная
1.3.3	одни не начинаются с оригиналов, другие не заканчиваются образами	конфузионное	извращенная
1.4	дополненные парасообщениями	Параинформирование	предполагаемая
1.4.1	параобразы не отличаются от параоригиналов	Паратрансформирование	верно
1.4.2	параобразы отличаются от параоригиналов	Парадезинформирование	неверно
1.4.2.1	существуют только параобразы	симуляционное	необоснованно
1.4.2.2	существуют только параоригиналы	диссимуляционное	неудачно
1.4.2.3	информация в параобразе отличается от информации в параоригиналах	конфузионное	превратно
2	Метакодовые цепи	Метанформирование	Принимается информация о информации
2.1	полные и раздельные	Метатрансформирование	правильная
2.2	полные, но не раздельные	Метапсевдоинформирование	кажущаяся
2.3	раздельные, но не полные	Метадезинформирование	ложная
2.4	дополненные парасообщениями	Метاپараинформирование	предполагаемая
2.4.1	параобразы не отличаются от параоригиналов	Метاپаратрансформирование	верно
2.4.2	параобразы отличаются от параоригиналов	Метاپарадезинформирование	неверно
3	Мета-метакодовые цепи	Мета-метанформирование	Принимается информация о метаинформации

тификации. В то же время имеет смысл рассматривать учебники с точки зрения числа содержащихся в них описательных информаций. До сих пор для количественной оценки информации, содержащейся в школьных учебниках, пользуются подсчетом числа страниц в учебнике, но развитие программ для обучающих машин подводит вплотную к тому, что в данной работе названо числом описательных информаций.

Ситуация, однако, радикальным образом изменяется, когда мы от обучения переходим к экзаменам. Каждый ученик, даже не отдавая себе в том отчет, стремится оценить вероятность получения того или иного вопроса на экзамене (пытаясь, например, разузнать кое-что у товарищей, которые уже сдали экзамен), а это и есть не что иное, как попытка определить число идентифицирующих информаций (количество информации).

Вообще говоря, можно сформулировать следующее утверждение: на основе числа описательных информаций всегда можно определить число идентифицирующих информаций (количество информации), однако это имеет смысл только в тех случаях, когда действительно требуется провести идентификацию.

В заключение еще раз подчеркнем, что источником недоразумений при применении сложившейся теории информации является то обстоятельство, что основы теории информации разработаны главным образом для нужд связи, и лишь в той области, в которой количество информации связано с идентификацией сообщений. На это обстоятельство вполне определенно указывает замечание Шеннона, приведенное в гл. 1. Последовавшие обобщения создали представление, что понятие количества информации применимо к информации любого рода. Быть может, этого бы не случилось, если бы до введения понятия «количество информации» было введено столь же четкое определение самого понятия «информация».

ЛИТЕРАТУРА

1. Shannon C. E., "A Mathematical Theory of Communication", *Bell System Techn. J.*, 27, № 3—4 (1948); русский перевод см. Шеннон К., Собрание сочинений, ИЛ, 1964.
2. Hartley R. V. L., "Transmission of Information", *Bell System Techn. J.*, 7, № 3 (1928).
3. Abramson N., *Teoria informacji i kodowania*, Warszawa, 1969.
4. Cherry C., *On Human Communication. A Review, a Survey, and a Criticism*, M. I. T. Press, 1966; русский перевод см. Черри К., Человек и информация, изд-во «Связь», 1972.
5. Wiener N., *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*, New York, Wiley, 1948; русский перевод см. Винер Н., Кибернетика, изд-во «Сов. радио», 1958.
6. Wiener N., *The Human Use of Human Beings*, Boston, Mass., 1950; русский перевод см. Винер Н., Кибернетика и общество, ИЛ, 1958.
7. Couffignal L., *La Cybernetique*, Paris, 1963.
8. Couffignal L., *Les Machines à Penser*, Paris, 1964.
9. Flechtner H. J., *Grundbegriffe der Kybernetik*, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 1966.
10. Fey P., *Informationstheorie — Einführung in die statistische Theorie der elektrischen Nachrichtenübertragung*, Berlin, Akademie Verlag, 1966.
11. Weaver W., "Recent Contributions to the Mathematical Theory of Communication", см. в кн. Shannon C. E., Weaver W., *A Mathematical Theory of Communication*, Urbana, Univ. of Illinois Press, 1949.
12. Mazur M., "Kybernetische Probleme des Denkens", *Wiss. Z. der Hochschule für Elektrotechnik Ilmenau*, № 4 (1963).
13. Masur M., "Matematyczna definicja informacji", *Pomiary — Automatyka — Kontrola*, № 4, (1965).
14. Masur M., *Cybernetyczna teoria układów samodzielnych*, Warszawa, PWN, 1966.
15. Beuken C. L., *Wärmeverluste bei periodisch-betriebenen elektrischen Öfen; eine neue Methode zur Vorausbestimmung nichtstationärer Wärmeströmungen*, Dissertation, Freiberg, 1936.
16. Malecki I., "Poprawiony układ analogii elektrotechnicznych i jego interpretacja fizyczna", *Przegląd Elektrotechniczny*, № 1 (1952).

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА¹

1. Анисимова Л. Е., «Информация как отражение», *Вестн. ЛГУ*, сер. экон., филос. и права, вып. 2, № 11, 92 (1968).
2. Бонгард М. М., *Проблемы узнавания*, М., 1967.
3. Бонгард М. М., «О понятии «полезная информация»», *Проблемы кибернетики*, вып. 9 (1963).

¹ Составитель О. И. Лочмель.

4. Бриллюэн Л., Научная неопределенность и информация, М., 1966.
5. Бриллюэн Л., Наука и теория информации, М., 1960.
6. Войшвилло Е. К., «Попытка семантической интерпретации статистических понятий информации и энтропии», сб. «Кибернетику — на службу коммунизму», т. 3, М.—Л., 1966, стр. 277.
7. Гавурийн М. К., «О ценности информации», *Вестн. ЛГУ*, сер. матем., мех. и астрон., вып. 4, № 19 (1963).
8. Гиндин С. И., «Семантика текста и различные теории информации», *Научно-технич. информация*, сер. 2, № 10 (1971).
9. Горский Д. П., «Проблема значения (смысла) знаковых выражений как проблема их понимания», сб. «Логическая семантика и модальная логика», М., 1967.
10. Гришкин И. И., «О философском значении понятия информации», *Вестн. ЛГУ*, сер. экон., филос. и права, вып. 4, № 23 (1962).
11. Гришанин Б. А., «Учет стоимости информации в теории информации», *Изв. АН СССР*, Технич. кибернетика, № 2 (1967).
12. Джордж Ф., Мозг как вычислительная машина, М., 1963.
13. Жуков Н. И., Информация. Философский анализ информации — центрального понятия кибернетики, Минск, 1966.
14. Зальцберг Б., «Что такое теория информации», сб. «Концепция информации и биологические системы», М., 1966.
15. Земан И., Познание и информация, М., 1955.
16. Кобринский Н. Е., Трахтенброт Б. А., «О построении общей теории логических сетей», сб. «Логические исследования», М., 1956.
17. Колмогоров А. Н., «Три подхода к определению понятия "количество информации"», *Проблемы передачи информации*, № 1 (1965).
18. Колмогоров А. Н., «К логическим основам теории информации и теории вероятностей», *Проблемы передачи информации*, 5, № 3 (1969).
19. Колмогоров А. Н., «Проблемы теории вероятностей и математической статистики», *Вестн. АН СССР*, № 5 (1965).
20. Конторов Д. С., Голубев-Новожилов Ю. С., Введение в радиолокационную системотехнику, М., 1971.
21. Корюкин В. И., «Вероятность и информация», *Вопр. философии*, № 8 (1965).
22. «Методологические проблемы теории информации (обзор литературы)», *Вопр. философии*, № 10 (1968).
23. Михайлов А. И., Черный А. И., Гиляровский Р. С., Основы информатики, М., 1968.
24. Морозов К. Е., «Философские проблемы теории информации», «Философия естествознания», вып. 1, М., 1966, гл. 10.
25. Новик Н. Б., «Негэнтропия и количество информации», *Вопр. философии*, № 1 (1962).
26. Петров Ю. А., Логические проблемы абстракций бесконечности и осуществимости, М., 1967.
27. Петров Б. Н., Перов В. В., Уланов Г. М., «Начала информационной теории управления», *Итоги науки и техники*, сер.

- «Автоматика и радиоэлектроника», вып. «Техническая кибернетика», 1968; ВИНТИ, М., 1970.
28. Полетаев И. А., «К определению понятия «информация». Прагматический аспект. О ценности информации», сб. «Исследования по кибернетике», М., 1970.
 29. Полетаев И. А., «К исследованию понятия «информация». Семантический аспект», сб. «Исследования по кибернетике», М., 1970.
 30. Резников Л. О., Гносеологические вопросы семиотики, Л., 1964.
 31. Рузавин Г. И., «Семантическая концепция индуктивной логики», сб. «Логическая семантика и модальная логика», М., 1967.
 32. Рузавин Г. И., «Вероятностная логика и ее роль в научном исследовании», сб. «Проблемы логики научного познания», М., 1964.
 33. Седов Е. А., «К вопросу о соотношении энтропии информационных процессов и физической энтропии», *Вопр. философии*, № 1 (1965.)
 34. Смирнова Е. Д., Таванец П. В., «Семантика в логике», сб. «Логическая семантика и модальная логика», М., 1967.
 35. Стратанович Р. Л., «О ценности информации», *Изв. АН СССР, Технич. информация*, № 5 (1965).
 36. Тарасенко Ф. Б., «К определению понятия «информация» в кибернетике», *Вопр. философии*, № 4 (1963).
 37. Уемов А. И., Молоков С. А., «Проблема информационной значимости тавтологии», *Философские науки*, № 3, (1966).
 38. Украинцев Б. С., «Информация и отражение», *Вопр. философии*, № 2 (1963).
 39. Урсул А. Д., «Информация и мышление», М., 1970.
 40. Урсул А. Д., «Методы теории информации в гносеологии и логике», *Вопр. философии*, № 6 (1968).
 41. Урсул А. Д., «Прагматический аспект научной информации (методологические проблемы)», *Научно-технич. информация*, сер. 2, № 8 (1968).
 42. Урсул А. Д., *Информация. Методологические аспекты*, М., 1971.
 43. Урсул А. Д., «О природе информации», *Вопр. философии*, № 5 (1965).
 44. Урсул А. Д., «Нестатистические подходы в теории информации», *Вопр. философии*, № (1967).
 45. Урсул А. Д., *Природа информации. Философский очерк*, М., 1968.
 46. Урсул А. Д., *Отражение и информация*, М., 1973.
 47. Харкевич А. А., «О ценности информации», *Проблемы кибернетики*, вып. 4 (1960).
 48. Хартли Р. «Передача информации», сб. «Теория информации и ее приложения», М., 1959.
 49. Черри К., «О связи до появления радио», *ТИРИ*, № 5, ч. 2, 192 (1962).
 50. Шамбадал, *Развитие и приложение понятия энтропии*, М., 1967.

51. Шрейдер Ю. А., «О количественных характеристиках семантической информации», *Научно-техн. информация*, № 10 (1963).
52. Шрейдер Ю. А., «Об одной модели семантической теории информации», *Проблемы кибернетики*, вып. 13 (1965).
53. Шрейдер Ю. А., «Тезаурусы в информатике и теоретической семантике», *Научно-техн. информация*, сер. 2, № 3, 22 (1971).
54. Шрейдер Ю. А., «О семантических аспектах теории информации», сб. «Информация и кибернетика», М., 1967.
55. Ackoff R. L., «Towards a Behavioral Theory of Communication», *Management Sci.*, 4, № 3, 218—234 (1958).
56. Bar-Hillel Y., Carnap R., «Semantic Information», *Brit J. Philosophie of Sci.*, 4, № 14 (1953).
57. Bar-Hillel Y., *Language and Information*, Palo Alto, Mass. a. London, 1964, p. 175—297.
58. Bar-Hillel Y., «Information and Content. Semantic Analysis», *Synthese*, Iss. 3, 9, № 3—5, 299—305 (1953).
59. Bar-Hillel Y., «An Examination of Information Theory», *Philosophie of Sci.*, 22 (1955).
60. Bar-Hillel Y., «Semantic Information and its Measures», Trans. 10th Conf. on Cybernetics, New York, 1952.
61. Carnap R., Bar-Hillel Y., «An Outline of Theory of Semantic Information», Tech. Rep. № 247, M. I. T., 1952.
62. Cherry C., «The Communication of Information», *Amer. Scientist*, 40, № 4, 640—664 (1952).
63. Fishburn P. C., «On the Prospekt of a Unified Theory of Value», Proc. Systems Sci. Conf., Case Inst. Techn., Cleveland, Ohio, 1965.
64. Gabor D., «Theory of Communication», *J. IEE*, 93, P. 111, 429 (1946).
65. Good Y. I., «Weight of Evidence, Causality and False-Alarm Probabilities», *Information Theory*, London, 1961, p. 125.
66. Good Y. I., *Probability and the Weight of Evidence*, London, 1950.
67. Harrah D., *Communication: A Logical Model*, 2d Print, Cambridge, Mass., 1967.
68. Howard P. A., «Information Value Theory», Proc. Systems Sci. Conf., Case Inst. Techn., Cleveland, Ohio, 1965.
69. MacKay D. M., «The Nomenclature of Information Theory», *Cybernetics*, New York, 1952.
70. MacKay D. M., «In Search of Basic Symbols», *Cybernetics*, New York, 1952.
71. MacKay D. M., «Quantal Aspects of Scientific Information», *Phil. Mag.*, № 314, 289—311 (1950).
72. Miles W., «The Measurement of Value of Scientific Information», *Operation Research in Research and Development*, New York—London, 1963, p. 97—123.
73. Sneed I. D., «Entropy, Information and Decision», *Synthese*, 17, № 4 (1967).
74. Szaniawski K., «The Value of Perfect Information», *Synthese*, 17, № 4, (1967).
75. Wells R., «A Measure of Subjective Information», Proc. Symp. in Appl. Math., Vol. 12, New York, 1961, p. 237—244.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Анализ 127
Аналогия 108
Ассоциация информационная 70
— кодовая 60
— сообщений 41

Воздействие 33

Дезинформация 152
— диссимуляционная 154
— симуляционная 152
Дезинформирование 152
— диссимуляционное 154
— конфузионное 156
— — двойное 159
— — простое (одиночное) 156
— симуляционное 152
Декодирование 116
Дерегистрация 186
Дешифрирование 69
Диагноз 37

Закон физический 65

Измерение 35
— контрольное 201
Интерполяция 111
Информатика теоретическая 14
Информация 11
— ассоциационная 81
— избыточная 211
— исходная (реперная) 212
— нетривиальная 71
— — обратная 71
— операционная 75
— — обратная 75
— описательная 212
— основная 76
— — обратная 76
— паразитная 211
— полезная 211
— равнозначная 71
— результирующая 73
— реперная (исходная) 212
— тождественная 71
— тривиальная 71
Информирование 74
— диссимуляционное 87
— конфузионное 87

Информирование симуляционное 86
Искажение 158
Искусство 161
Истинность 177
Источник воздействия 32

Классификация 127

Код 60
— ассоциационный 63
— нетривиальный 61
— обратный 61, 62
— операционный 61
— основной 62
— равнозначный 60
— результирующий 67
— тождественный 60
— тривиальный 60
Кодирование 61
Количество информации 10
Контур метауправления 197
— управления 27
Коррелятор 184

Ложь 210

Метадезинформация 206
Метадезинформирование 207
Метаинформация 198
Метаинформирование 198
— диссимуляционное 206
— конфузионное 206
— симуляционное 206
Метакод 198
Мета-метаинформация 199
Мета-метаинформирование 199
Мета-метакод 199
Мета-метаобраз 199
Мета-метаоригинал 198
Метаоригинал 197
Метапараинформация 207
Метапараинформирование 207
Метапарасообщение 207
Метапсевдонимирование 207
Метасообщение 197
Метатрансформирование 206
Множество сообщений поперечное 34
— — продольное 34
Модель 109

- Обман 210
 Образ 34
 Общение 174
 Операция 44
 — обратная 46
 Определение 11
 Оригинал 34
 Отношение 41
 Осмысленность 174
 Ошибка 158
 — измерений 61
- Память 186
 Парадезинформация 176
 — диссимуляционная 177
 — конфузионная 178
 — симуляционная 176
 Парадезинформирование 175
 — диссимуляционное 177
 — конфузионное 178
 — — двойное 178
 — — простое (одиночное) 178
 — симуляционное 176
 Параинформация 167
 Параинформирование 167
 Параметр операции 44
 — — обратный 47
 Параобраз 167
 Параоригинал 167
 Паратрансформация 171
 Паратрансформирование 171
 Переносный смысл 24
 Понятие общее 132
 Поперечное множество сообщений 34
 Право 210
 Преобразование 41
 — ассоциативное 49
 — — обратное 49
 — нетривиальное 44
 — операционное 44
 — — обратное 45
 — основное 46
 — — обратное 47
 — равнозначное 43
 — тождественное 43
 — тривиальное 43
 Приемник воздействия 32
 Прогноз 37
 Продольное множество сообщений 34
 Процесс рабочий 33
 — управления 33
 Псевдоинформация 125
 — диссимуляционная 129
 — симуляционная 125
 Псевдоинформирование 118
 — диссимуляционное 128
 — конфузионное 134
 — — двойное 136
 — — простое (одиночное) 134
- Псевдоинформирование симуляционное 125
- Регистратор 184
 Регистрация 186
 Реклама 188
 Род операции 44
 — — обратный 47
- Сигнализация 172
 Синтез 130
 Система автоматическая 186
 — управляемая 27
 — управляющая 27
 Соглашение терминологическое 12
 Сообщение 33
 — активное 38
 — вторичное 42
 — исходное 212
 — контрольное 97
 — отдельное 217
 — пассивное 38
 — первичное 42
 — промежуточное 34
 Статистика 131
 Структура 33
- Теория информации 9
 Трансформирование 89
 — исключающее 122
 — компенсационное 114
 — равнозначное 95
 — сравнительное 120
 — тождественное 95
 — тривиальное 95
- Управление 26
 Уравнение преобразования 42
- Формализация 175
- Цепь информационная 72
 — кодовая 67
 — — отдельная 86
 — — полная 84
 — — преобразования 86
 Цитирование 208
- Число информаций 211
 — — идентифицирующих 220
 — — описательных 213
- Шифрование 69

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие к русскому изданию	5
Предисловие редактора польского издания	7
Предисловие автора	9
Глава 1. Введение	11
Глава 2. Управление	26
Глава 3. Сообщение	32
Глава 4. Преобразование	41
Глава 5. Код	60
Глава 6. Информация	70
Глава 7. Информирование	83
Глава 8. Трансформирование	89
Глава 9. Псевдоинформирование	125
Глава 10. Дезинформирование	152
Глава 11. Параинформирование	167
Глава 12. Метаинформирование	191
Глава 13. Число информации	211
Литература	233
Предметный указатель	237

УВАЖАЕМЫЙ ЧИТАТЕЛЬ!

Ваши замечания о содержании книги, ее оформлении, качестве перевода и другие просим присылать по адресу: 129820, Москва, И-110, ГСП, 1-й Рижский пер., д. 2, издательство «Мир».

М. Мааур

КАЧЕСТВЕННАЯ ТЕОРИЯ ИНФОРМАЦИИ

Редактор В. Я. Фридман
Художник Е. И. Волков
Художественный редактор И. А. Шаврова
Технический редактор Н. И. Манолына
Корректор Е. Г. Лигвак

Сдано в набор 21/1 1974 г. Подписано к печати 12/v 1 1974 г. Бумага - ит. № 2 84×108¹/₃₂ = 3,75 бум. л. 12,60 усл. печ. л. Уч.-изд. л. 11,14. Изд. № 2 / 285. Цена 88 коп. Зак. 43.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «МИР»

Москва, 1-й Рижский пер., 2.

Ярославский полиграфкомбинат Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
Ярославль, ул. Свободы, 97.