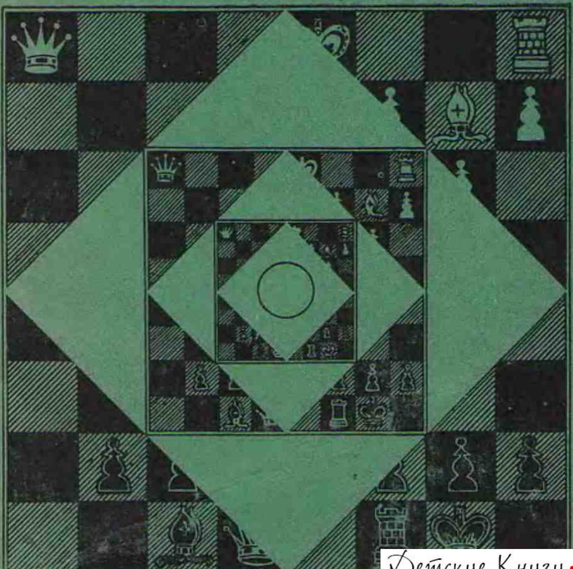
М. БОТВИННИК

АЛГОРИТМ ИГРЫ В ШАХМАТЫ



Процесс шахматной игры можно запрограммировать. Если такая программа будет задана современной вычислительной машине, то машина сможет стать «соперником» шахматиста. «Способность» вычислительной машины определяется при этом способом программирования, логическими особенностями программы, составленной человеком для машины.

Автор этой работы, экс-чемпион мира по шахматам, описывает алгоритм, которым, по его мнению, пользуются шахматные мастера. Алгоритм основан на составлении и анализе приближенного математического отображения шахматной позиции. Автор дает его теоретические обоснования, приводит примеры решений с его помощью известных шахматных позиций.

Работа рассчитана на научных работников, преподавателей, студентов, а также на читателей, интересующихся теорией шахматной игры.

М. М. БОТВИННИК

АЛГОРИТМ ИГРЫ В ШАХМАТЫ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

Москва · 1968

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР
Н. А КРИНИЦКИЙ

2-2-3
229—67 II полугодие

ОТ РЕДАКТОРА

Предлагаемая вниманию читателей книга безусловно будет встречена с большим интересом. Интересно уже то, что в ней рассматривается вопрос о машинной игре в шахматы. Еще более интересно, что написана она одним из крупнейших шахматистов нашего времени. И, наконец, наиболее интересно то, что правила для машинной игры автор книги сформулировал в результате анализа как своей собственной игры, так и игры других шахматных мастеров.

В своей книге М. М. Ботвинник полемизирует с математиками, разрабатывавшими и разрабатывающими программы машинной игры в шахматы, в ряде вопросов не соглашается с ними и подвергает их критике. Редактор книги, будучи математиком, не во всем согласен с автором и тем не менее с радостью принял участие в работе над книгой, считая ее интересной и для шахматистов и для математиков, не говоря уже о том, что она интересна и для психологов, и что вообще ее с интересом прочтет и поймет каждый человек, знающий шахматы хотя бы на уровне любителя и знакомый с математикой в объеме средней школы.

Как уже было сказано, в книге рассматривается вопрос о машинной игре в шахматы. Остановимся прежде всего на том, что это за машины и каким образом они могут играть в шахматы. Имеются в виду современные программно-управляемые машины дискретного действия, в частности электронные вычислительные машины. Такие машины представляют собой сложные автоматы, состоящие из ряда связанных между собой устройств: устройства управления, запоминающего устройства (называемого также памятью), операционного устройства, устройства ввода информации и устройства выдачи результатов. Информация может быть введена в программно-управляемую машину и фиксирована в ее памяти в алфавитно-цифровом виде (в виде слов и чисел). Информацию, вводимую в машину, можно, грубо говоря, разделить на управляющую и перерабатываемую. Управляющей информацией является программа работы машины, представляющая собой ряд так называемых команд. Устройство управления извлекает из программы, введенной в память, команды одну за другой и заставляет все устройства машины выполнять операции, предусмотренные в этих командах. Само устройство управления также выполняет некоторые из таких операций, например производит поиск очередной команды и т. п.

Гибкость работы программно-управляемых машин достигается тем, что порядок выбора команд машина может менять в зависимости от получаемых результатов, а также тем, что управляющая информация, как и перерабатываемая, представлена в алфавитно-цифровом виде и может подвергаться переработке. Современные программы составляют так, что, кроме выполнения операций над перерабатываемой информацией, в них предусмотрена также переработка входящих в их состав команд, после которой эти команды можно вновь выполнять.

Машинная игра в шахматы протекает следующим образом. Заранее разработанная программа вводится в машину через устройства ввода. Затем в память машины вводят (в качестве перерабатываемой информации) описание начальной позиции на доске. Далее определяют очередность ходов и эту информацию тоже вводят в память машины. Если первый ход принадлежит машине, то, выполняя программу, она вычисляет его и выдает через устройство для выдачи результатов. Одновременно машина вычисляет новую позицию и сохраняет ее в своей памяти вместо предыдущей. После этого машина останавливается (о чем в программе должна быть предусмотрена команда).

Шахматист, сражающийся с машиной, воспроизводит на доске выданный ею ход и делает ответный ход, запись которого вводят в машину через устройство ввода, нажимают кнопку пуска — и весь цикл повторяется. Если первый ход принадлежит человеку, то, получив об этом информацию, машина останавливается до тех пор, пока в нее не введут данных о ходе ее противника и не осуществят ее пуск. Дальнейшее течение игры одинаково как в случае первого хода машины, так и при первом ходе ее противника.

Как уже было сказано, программа представляет собой ряд команд, каждая из которых для каждого варианта исходных данных определяет однозначным образом операции, выполняемые устройствами машины, в том числе и выбор следующей команды. Таким образом, машина является исполнителем предписания, заданного в виде программы. Другими словами, программа — это предписание, определяющее действия машины и изложенное на машинном языке. Предписание, однозначно определяющее процесс переработки информации для каждого конкретного вида исходных данных, получило в науке название *алгоритма*.

Можно сказать, что, играя в шахматы, программно-управляемая машина выполняет алгоритм шахматной игры.

Алгоритм шахматной игры вначале составляется не на машинном, а на каком-либо другом точном (формальном) языке, например на математическом; после этого проблема сводится к переводу с одного языка на другой. Перевод алгоритма на машинный язык получил название программирования.

Однако нужно сразу подчеркнуть, что программирование является отнюдь не технической работой. При программировании приходится решать каждый раз заново много сложных вопросов, например таких, как определение общей организации программы, размещение исходных данных и результатов в памяти, контроль за правильностью получаемых результатов (ибо при эксплуатации машин на всех этапах этой работы могут возникать случайные ошибки) и т. п.

Итак, чтобы заставить машину играть в шахматы, нужно сперва создать алгоритм шахматной игры. А для этого нужно, во-первых, проанализировать шахматную игру и убедиться, что такой алгоритм возможен, и, во-вторых, его составить. Третьим этапом будет программирование.

Возможен и другой способ игры машины в шахматы: разрабатывается алгоритм самообучения машины игре в шахматы, т. е. алгоритм, по которому на основании ряда игр машина сама для себя вырабатывает алгоритм шахматной игры и при дальнейших играх его совершенствует. Проблема создания программ для самообучающихся машин весьма интересна.

В этой книге говорится об игре машины по заранее составленной программе, являющейся алгоритмом игры. Действительно, люди уже в течение тысячелетий играют в шахматы и многому успели научиться. По-видимому, машина очень нескоро накопит такой же по своему объему опыт. Поэтому целесообразно составить алгоритм шахматной игры, используя накопленный человечеством опыт.

На одном и том же формальном языке можно составить различные алгоритмы шахматной игры. Эти алгоритмы могут быть эквивалентными, т. е. приводящими к получению тождественных результатов, хотя и различными путями, и неэквивалентными. Если под алгоритмом *точной* игры в шахматы понимать алгоритм игры, ведущей за наименьшее число ходов к достижению цели, то неэквивалентные между собой алгоритмы точной игры могут существовать только при условии, что в некоторых позициях имеются одинаково хорошие пути достижения цели (например, выигрыша). Кроме алгоритмов точной игры в шахматы можно составить различные алгоритмы, которые могут быть названы алгоритмами более или менее удовлетворительной игры.

Займемся теперь рассмотрением шахмат с точки зрения возможности составления алгоритма точной игры.

Покажем, что в ходе шахматной игры могут встречаться ситуации только трех видов: 1) ситуация обеспеченного (при правильной игре) выигрыша, 2) ситуация бесспорного (при правильной игре противника) проигрыша, 3) ничейная (при правильной игре) ситуация. Одновременно покажем, что существует алгоритм наилучшей игры в шахматы, пользуясь которым можно при ситуации обеспеченного выигрыша — победить за наименьшее число ходов, при ничейной ситуации — не проиграть, при ситуации бесспорного проигрыша — проиграть за наибольшее число ходов. Если противник будет допускать ошибки, то с помощью этого алгоритма можно перейти к лучшей ситуации.

Сразу подчеркнем, что упомянутый алгоритм существует лишь потенциально, т. е. до сих пор не составлен, и что он практически невыполним из-за того, что требует осуществления астрономического числа вычислительных операций. Тем не менее факт существования такого алгоритма обнадеживает, позволяет предполагать, что когданибудь будет реально построен эффективный алгоритм игры в шахматы. К вопросу о том, какие существуют основания для подобных надежд, мы вернемся ниже.

Прежде всего убедимся в том, что и для белой и для черной сторон вопрос о том, как следует играть, решается одинаково. Для этого покажем, что реальная игра в шахматы эквивалентна игре, которую мы назовем белой игрой.

Белую игру можно осуществить, если каждому из двух сражающихся шахматистов дать отдельную доску, на которой он играет белыми, и привлечь помощника, который после каждого хода, совершаемого на одной из досок белыми, перемещает на второй доске черную фигуру, одноименную с переместившейся белой и симметрично расположенную с этой белой фигурой относительно «вертикальной» оси (т. е. оси, делящей доску на правую и левую половины).

Итак, для простоты, мы свели задачу исследования шахматной игры к задаче исследования белой игры. Сразу же подчеркнем, что шахматная партия при белой игре представляет собой последовательность позиций. Если эти позиции пронумеровать в порядке их возникновения с помощью целых чисел 1 (начальная позиция), 2, 3..., то позиции 1, 3, 5 и т. д. возникают перед первым из шахматистов (т. е. начинающим игру), а позиции 2, 4, 6 и т. д.— перед вторым. В каждой из таких позиций ход принадлежит белым.

Ход можно рассматривать как совершаемое по правилам игры преобразование позиции в следующую за ней. Игра, завершающаяся выигрышем одной из сторон, кончается позицией, в которой белым сделан мат. Позиции, в которых сделан мат черным, в белой игре вовсе отсутствуют. Итак, мы убедились в том, что, изучая ситуации на доске, мы можем ограничиться ситуациями, возникающими для белых.

На втором этапе анализа шахматной игры мы покажем, что количество различных между собой позиций на шахматной доске конечно. Здесь нам нужно уточнить понятие позиции. Под позицией мы будем понимать расположение фигур на доске, снабженное в некоторых случаях дополнительной информацией о том, что каждая шахматная позиция обеспечивает возможность выбора хода, который является наилучшим. Смысл термина «наилучший ход» будет уточнен несколько позже. Пока что скажем, что это — ход, способствующий наиболее быстрому достижению цели.

На доске должны присутствовать два короля и кроме них могут присутствовать другие фигуры в количестве от 0 до 30. Количество различных между собой комплектов фигур, каждый из которых состоит из двух королей и k других фигур, равно числу сочетаний из 30 по k (придется читателю вспомнить школьный курс алгебры). Это число обозначают символом C_{30}^{k} и вычисляют по формуле:

$$C_{30}^{k} = \frac{30 \cdot 29\,[30 - (k - 1)]}{1 \cdot 2 \ldots k}.$$

Каждый из таких комплектов можно расположить на доске очень большим числом способов, а именно числом, равным количеству размещений из 64 по $k + 2$. Это число принято обозначать символом A_{64}^{k+2} и его можно вычислить по формуле:

$$A_{64}^{k+2} = 64 \cdot 63 \ldots [64 - (k + 1)].$$

Таким образом, общее количество всевозможных расположений шахматных фигур на доске равно числу

$$T = \sum_{k=0}^{30} C_{30}^{k} \cdot A_{64}^{k+2}.$$

Однако среди этих расположений присутствуют некоторые, не встречающиеся при игре в шахматы (например, расположения, в которых короли обеих сторон находятся под шахом или под матом). Кроме того, среди расположений, попавших в наш расчет, имеются одинаковые, в связи с тем, что мы считали все фигуры в комплектах различными между собой, тогда как среди этих фигур имеются одинаковые.

Отбрасывая бессмысленные расположения (в том числе и расположения, содержащие мат черных) и удерживая только различные между собой, мы получим некоторое количество расположений, меньшее, чем T. Обозначим его через U.

Среди последних расположений присутствуют такие, в которых король и одна из ладей или король и обе ладьи белых расположены на своих исходных полях. Такие расположения (обозначим их количество буквой V) еще не являются позициями. Для того чтобы такое расположение стало позицией, его необходимо снабдить дополнительной информацией о том, перемещался ли уже король, а если он не перемещался, то перемещалась ли уже каждая из ладей.

Очевидно, для каждого из таких расположений может иметь место один из четырех случаев: 1) король ранее уже перемещался или обе ладьи уже перемещались; 2) король еще не перемещался и первая из ладей еще не перемещалась; 3) король еще не перемещался и вторая из ладей еще не перемещалась; 4) король и обе ладьи еще не перемещались. Таким образом, каждому из таких расположений соответствуют четыре возможные позиции. Следовательно, число всех шахматных позиций, с учетом информации о возможности рокировки белых, можно подсчитать по формуле

$$P' = U - V + 4V$$

или

$$P' = U + 3V.$$

Учитывая также возможность рокировки черных, получим:

$$P = P' + 3W$$

или

$$P = U + 3V + 3W$$

где

$$W < P'.$$

При этом, как уже говорилось, $V < l$; $W < U + 3V$; $U < T$. Поэтому заведомо имеет место неравенство $P < 16\,T$, т. е.

$$P < 16 \sum_{k=0}^{30} C_{30}^{k} \cdot A_{64}^{k}.$$

Итак, количество P всевозможных шахматных позиций конечно, так как не превосходит хотя и большого, но вполне определенного числа.

Читатель может сказать, что учтенная нами предыстория данного расположения фигур не исчерпывает всю дополнительную информацию, необходимую для того, чтобы иметь возможность выбрать ход, т. е. для того, чтобы данное расположение (вместе с этой информацией) рассматривалось как шахматная позиция. Дескать, нужно еще знать, не входит ли это расположение в серию расположений, которая уже повторялась один или два раза. Ответим на это, что при правильной игре, ведущей по кратчайшему пути к выигрышу, повторение серий расположений не может встречаться, и потому для наших целей подобная информация излишня.

Итак, мы убедились, что количество возможных шахматных позиций конечно. Это значит, что шахматные позиции потенциально перечислимы (хотя реально их перечислить и невозможно: их так много, что для этого не хватит времени нескольких поколений).

Предположим теперь, что каждая позиция описана на отдельном листке бумаги. Выполним следующий процесс. Отберем все позиции, содержащие мат белым, и отнесем их к классу 0. На каждом листке, содержащем такую позицию, сделаем надпись «класс 0». Далее отберем все позиции, позволяющие при ходе белых сделать мат черным, и отнесем их к классу 1. При белой игре для каждой позиции класса 1 существует хотя бы один ход, превращающий ее в позицию класса 0. Потом отберем все позиции, которые при любом ходе белых превращаются в позиции класса 1, и отнесем их к классу 2. Этот процесс будем продолжать до тех пор, пока он не прекратится из-за того, что просмотрены уже все запасенные нами позиции. При этом каждый раз, отбирая позиции в класс с нечетным номером, будем включать в него такие позиции, каждая из которой допускает хотя бы один ход, ведущий к какой-либо позиции четного класса с номером, меньшим на единицу, чем номер формируемого класса. Отбирая позиции в класс с четным номером, будем включать в него позиции, каждая из которых допускает только ходы, ведущие к нечетным позициям с меньшими номерами, и среди них хотя бы один ход, ведущий к позиции нечетного класса с номером, на единицу меньшим номера формируемого класса. После окончания описанного процесса (обозначим наибольший номер полученного при этом класса через M) останется некоторое количество позиций, не вошедших ни в один из классов (например, позиции, содержащие пат белым, и некоторые другие). Эти оставшиеся позиции отнесем к классу $M + 1$.

Из самого способа классификации видно, что если перед шахматистом возникла позиция, принадлежащая к классу с нечетным номером n ($n \leqslant M$), то при правильной игре он может выиграть за n полуходов (если противник тоже будет играть наилучшим образом) или даже быстрее. Наилучшим ходом при этом будет любой ход, в результате которого для противника возникнет ситуация, входящая в класс номер $n - 1$ (четный). Если перед шахматистом возникла позиция с нечетным номером n ($n \leqslant \leqslant M$), то при правильной игре противника выигрыш невозможен. Наилучший ход позволяет проиграть за наибольшее число ходов. Если же возникла позиция из класса с номером $M + 1$, то наилучшим будет ход, который ведет к позиции из того же класса, т. е. сохраняет ничейную ситуацию. Заметим, что в каждой позиции наилучших ходов может быть и несколько (они при этом «одинаково хороши»).

Итак, общее исследование шахматной партии мы окончили. Любая позиция шахматной игры гарантирует нам (при правильной игре) либо выигрыш, либо (опять же при правильной игре) ничью, либо не сулит (при правильной игре противника) ничего кроме проигрыша.

Теперь легко представить себе, как пользоваться правилом наилучшей игры (алгоритмом точной игры в шахматы).

1. Свою позицию нужно найти среди позиций, зафиксированных в нашем перечне (на листках). По номеру класса, к которому она относится, мы заранее узнаем возможный исход партии.

2. Перебираем различные ходы, пока не найдем наилучший (т. е. при позиции класса $M + 1$ ведущий к позиции этого же класса, а при позиции класса n, $n \leqslant M$ — к позиции класса $n - 1$).

Пользуясь указанным правилом, вы будете играть наилучшим образом.

Если бы число позиций шахматной игры не было сверхастрономическим гигантом, то, как легко понять, игра в шахматы не представляла бы никакого интереса! Действительно, вряд ли кого-нибудь увлечет занятие, заключающееся в поиске описания позиции в справочнике для определения класса позиций и поиске с помощью того же справочника правильного хода. Не намного интереснее будет шахматная игра и в том случае, если правильный ход будет определяться не по справочнику, а с помощью ряда вычислений. Если описанное нами неэффективное правило точной игры когда-либо удастся заменить эффективным, то судьба шахмат будет решена — они умрут!

М. М. Ботвинник, однако, в своей книге делает другой прогноз. Он считает, что машинная игра в шахматы (а значит и разработка алгоритма шахматной игры) не ослабит интереса к шахматам: это связано с тем, что в настоящее время об алгоритме точной шахматной игры еще не думают, нахождение такого алгоритма считают практически не осуществимым.

Задачу шахматной игры Ботвинник относит к числу задач, называемых им «сложными», т. е. таких задач, для точного решения которых необходимо выполнить такую большую переработку информации, какая при нынешнем уровне развития науки и техники невозможна. Здесь автор по существу затрагивает проблематику новой научной дисциплины, известной под названием теории сложных систем. При изучении многих реальных систем некоторые из них удается описать с помощью алгоритма. Осуществляется это так: внешние воздействия на систему и ее ответы на эти воздействия изображают в виде наборов чисел, а действие системы описывают в виде алгоритма (точного правила), позволяющего по заданным внешним воздействиям определить отвечающую им реакцию системы. Если это удалось сделать, то алгоритм, описывающий действия системы, является математическим описанием самой системы.

Систему, описанную в виде алгоритма, можно автоматизировать: заменить ее комплексом машин, управляемых программно-управляемой машиной. Однако это возможно лишь при том условии, что полученный алгоритм достаточно прост, не требует при современном уровне слишком большого расхода времени или слишком много места в запоминающих устройствах. Когда речь идет о системах (а не просто о решении задач), то выполнение алгоритма может быть связано с расходованием также каких-нибудь ресурсов, отличных от времени и объема запоминающих устройств, например, с расходованием энергии (машинами, управляемыми на основе нашего алгоритма), материальных средств и др. Поэтому можно сказать, что сложной системой называется алгоритм, выполнение которого требует большего расхода ресурсов, чем предназначено их для этой цели. Основной задачей теории сложных систем является задача построения системы, которая, не являясь сложной, по результатам своего действия близка к рассматриваемой сложной системе.

М. М. Ботвинник рассматривает шахматную задачу как сложную систему и для ее решения предлагает некоторый метод, названный им методом горизонта, который интересен не только сам по себе и не только для теории шахматной игры, но и для теории сложных систем. Можно быть уверенным в том, что найдется немало задач, далеких от игры в шахматы, приближенное решение которых можно осуществить этим методом.

Остановимся подробнее на методе горизонта. Прежде всего отметим, что алгоритм шахматной игры, основанный на этом методе, не является алгоритмом точной игры. Понятие горизонта у автора является условным и служит для того, чтобы выбрать те фигуры, свои и противника, положения и возможности которых в данной позиции необходимо проанализировать. В область, ограниченную горизонтом, отвечающим заданному числу n полуходов, попадают те свои фигуры, для которых существуют траектории нападения на фигуры противника, укладывающиеся в n полуходов, и те фигуры противника, которыми заканчиваются эти траектории, а также фигуры противника, могущие мешать рассматриваемому нападению, и свои фигуры, помогающие ему.

Таким образом, вместо рассмотрения всех фигур, имеющихся на доске, рассматриваются только фигуры, попавшие в рамки принятого горизонта, и вместо анализа всевозможных ходов, допустимых для своих фигур, анализируются только ходы на траекториях нападения или его поддержки.

Метод горизонта позволяет из всех возможностей выбрать сравнительно небольшое число и ограничиться исследованием только их. В процессе анализа вариантов просматриваются ходы, причем горизонт может «перемещаться» от хода к ходу. В этом коренное отличие метода горизонта от методов анализа шахматных позиций, которые применялись в машинной игре до сих пор.

Как известно, еще в 1950 г. американским математиком Клодом Шенноном были высказаны основные соображения о возможности машинной игры в шахматы. Идея игры в общем сводилась к тому, чтобы на глубину, равную некоторому выбранному числу полуходов, проделать и просмотреть все возможные свои ходы, на каждый из них — все возможные ответы противника и т. д.

После того как построены позиции, отвечающие заданной глубине перебора ходов (эти позиции возникают вследствие своего хода), для каждой из них вычисляется значение некоторой оценочной функции. Не вдаваясь в детали, скажем лишь, что после этого производится выбор того хода, который позволяет в конце перебора ходов достигнуть максимального значения оценочной функции из ее значений, возможных при том условии, что противник при каждом своем ответе стремится добиться получения минимального значения этой функции.

Именно такой способ машинной игры был положен в основу программы, по которой играла советская машина в матче СССР — США (описание которого читатель найдет во вводном разделе предлагаемой книги).

Здесь легко увидеть, что при таком алгоритме охватываются все фигуры, стоящие на доске, и анализу подвергаются все возможные ходы, как представляющие собой интерес, так и заведомо бесполезные. Траектории фигур как нечто единое при этом не выделяются и не анализируются. Необходимо еще остановиться на оценочной функции, достижение наибольшего значения которой считается желаемым. Эта функция выбрана так, что выигрыш фигур противника, развитие своих фигур, стеснение фигур противника, появление своих проходных пешек и т. п. ведет к ее увеличению, достижения же аналогичных результатов противником — к ее уменьшению. Таким образом, оценочная функция учитывает ряд факторов, каждый из которых в большинстве случаев (как это следует из учебников шахматной игры) способствует успеху, но — далеко не всегда! Кроме того, такая оценочная функция предполагает, что «вес» совокупности этих факторов равен сумме «весов» каждого из них. Такая оценочная функция «не работает» в эндшпиле и, как утверждают шахматисты, не подтверждается анализом партий мастеров шахматной игры.

Сама по себе идея оценочной функции, без сомнения, правомерна. Если читатель согласен, что среди возможных ходов есть худшие и лучшие, то он тем самым признает существование оценочной функции, значение которой становится тем больше, чем лучше совершаемый ход. Речь идет только о том, чтобы улучшить предложенную Шенноном оценочную функцию. Заметим, что сам Шеннон предложил ее всего лишь в качестве примера возможной оценочной функции.

Шеннон отмечал, что полный перебор всех возможных ходов и ответов на них требует огромного расхода машинного времени, и рекомендовал исследовать не все ходы и ответы на них. Неудачная попытка осуществления этой рекомендации, предпринятая Маккарти, освещена во введении к данной книге.

Собственно обе основные идеи Шеннона видим мы и в методе горизонта, предлагаемом М. М. Ботвинником. С помощью горизонта мы ограничиваем рассматриваемые варианты игры, а с помощью оценочных функций при анализе вариантов определяем наилучший ход. В отличие от оценочной функции Шеннона оценочные функции Ботвинника непосредственно учитывают только один фактор: выигрыш материала (в виде средних и невидимых стоимостей фигур). Все прочие факторы, такие, как подвижность своих фигур, стеснение фигур противника, появление проходных пешек и т. п., обеспечиваются автоматически в той мере, в какой они способствуют выигрышу материала. При методе горизонта просмотр «перспективных» вариантов осуществляется не на фиксированное число полуходов, а либо до установления их бесполезности (этот вывод может быть изменен при переходе к большей дальности горизонта), либо до исчерпания возможностей играющей машины, либо до установления полезности варианта. Существенно, что в отличие от Шеннона, имеющего дело со всей доской и со всеми фигурами, расположенными на ней (как при переборе ходов, так и при вычислении оценочной функции), Ботвинник оперирует лишь фигурами, попадающими в горизонт.

При достаточно большой дальности горизонта (т. е. при достаточно большой мощности играющей машины) метод горизонта сводится к анализу всех траекторий нападения всех своих фигур и превращается в разновидность алгоритма точной игры в шахматы, чего нельзя сказать о методах, использованных при игре в шахматы советской и американской машинами.

Метод Ботвинника нельзя считать разработанным до конца. Существуют позиции, в которых его алгоритм, видимо, не дает ответа на вопрос о выборе хода. Целый ряд вопросов может быть решен только после экспериментальной проверки идей Ботвинника путем создания программ и их испытания на практике. В частности, к таким вопросам относится вопрос о полезности кодовых таблиц, описанных в конце книги.

Применение кодовых таблиц при определении траектории фигур оправдается или не оправдается в зависимости от того, будет ли оно экономным в смысле расхода машинного времени и места в запоминающих устройствах — будет ли оно экономнее, чем другие приемы получения траекторий.

Несмотря на некоторую незаконченность в деталях, в своей основе метод Ботвинника глубоко продуман. Экспериментальная проверка и доработка этого метода — вот что стоит сейчас на очереди.

Н. А. Криницкий

О МАТЧЕ МАШИН СССР — США

(Вместо введения)

Когда данная работа была уже в Издательстве, состоялось событие, которое автору никак нельзя игнорировать, а именно — шахматный матч между электронно-вычислительными машинами Института теоретической и экспериментальной физики в Москве и Университета в Станфорде (США, Калифорния), закончившийся со счетом 3 : 1 в пользу Москвы. Однако, прежде чем перейти к обсуждению этого соревнования, необходимо сделать несколько предварительных замечаний о системах управления.

Всякая система управления выполняет (по мнению автора) три принципиально различные функции: 1) получение информации, 2) переработку информации, или принятие решения и 3) исполнение решения.

Представляемая на суд читателя работа, несмотря на ее специфичность, возможно будет содействовать решению проблемы, представляющей универсальный интерес,— улучшению работы систем управления, и именно той их части, где происходит переработка информации.

Задачи, которые призвана решать всякая система управления, можно разделить на две группы. К первой группе отнесем задачи с таким объемом информации, который может быть переработан данной системой *полностью*. Подобные задачи решаются *точно* и будем называть их *точными*.

Ко второй группе отнесем задачи с объемом информации, который может быть переработан данной системой лишь *частично*. Подобные задачи могут быть решены лишь *неточно* и будем называть их *неточными*.

Одна и та же задача может быть одновременно точной и неточной — все зависит от качества системы управления, вернее, от качества той ее части, где происходит переработка информации.

В данной работе будет рассмотрена одна из неточных задач — игра в шахматы. Когда в 1950 г. К. Шеннон предложил «обучить» электронную машину игре в шахматы, он, по сути дела, и хотел «обучить» ее решению неточной задачи.

Что же делать, если объем поступающей информации чересчур велик, если он «не по зубам» данной системе управления? Тогда нет никакой иной возможности кроме как уменьшить его, чтобы этот уменьшенный объем мог бы быть переработан полностью.

Шеннон тогда же предложил и два возможных принципа составления подобного алгоритма игры в шахматы.

1. Перебираются все возможности (ходы) и составляется так называемое дерево с ветвями равной длины, иначе говоря, все варианты перебираемых ходов имеют заданную дальность расчета. Когда заданная дальность расчета достигается, перебор заканчивается. Тогда в конце каждого варианта (окончания ветви дерева) подсчитывается особая оценочная «весовая» функция, выражаемая числом. Сопоставляя эти числа, можно выбрать в данной позиции наилучший ход.

2. Перебираются не все возможности — часть их исключается из рассмотрения. Это исключение производится по особому правилу. Остальное остается без изменений. При этом методе, естественно, дальность расчета может быть увеличена.

Первый принцип основан на использовании полной информации в пределах заданной дальности расчета. При этом на равных перерабатывается информация, имеющая первостепенное значение, и информация, представляющая второстепенный интерес.

Таким образом, существенная часть работы оказывается напрасной, а данный принцип — неэкономным, и «качество» решения — ниже возможностей данного устройства.

Второй принцип является более совершенным. Если правило, исключающее слабые ходы, удачно составлено, то переработка информации окажется более полезной, а перебор вариантов — более далеким. Второй принцип основан уже на использовании неполной информации. Ветви дерева будут более длинными, хотя и здесь длина их будет одинаковой.

Прежде всего воздадим должное проницательности Шеннона. Кажется, все программы игры в шахматы электронных вычислительных машин, опубликованные математиками впоследствии, в основе своей не отличались от принципиальных установок Шеннона.

Одновременно следует указать, что практические рекомендации Шеннона представляются более чем сомнительными. Например, по Шеннону все варианты (ветви дерева) оказываются одной длины. Очевидно, если бы действовало правило разумного окончания вариантов, то некоторые из вариантов можно было бы оборвать ранее, а другие — продолжить. Равная длина всех ветвей, несомненно, приводит к определенному объему непроизводительного труда.

Сомнительным представляется и оценка позиции, основанная на данной весовой функции: Шеннон предложил в этой функции учитывать численные «веса» материального соотношения сил, открытых линий, подвижности фигур, проходных и сдвоенных пешек, владения центром доски и т. д. и т. п., что изложено во всех шахматных учебниках для начинающих. При этом, справедливости ради, следует отметить, что авторы учебников обычно указывают, что учет всех этих факторов далеко не всегда необходим и обеспечивает лишь шаблонную оценку позиции. Таким образом, математическая цель шахматной игры по Шеннону — число (значение весовой функции).

Матч из четырех партий, проводившийся в 1966—1967 гг. между машинными программами Института теоретической и экспериментальной физики в Москве и Университета в Станфорде, подвел как бы итог работам математиков, начатым Шенноном в 1950 г. Московская программа в основном соответствовала первому принципу Шеннона, к тому же использовалась маломощная машина. Американская программа соответствовала второму принципу Шеннона — более совершенному, а машина была весьма мощной. И что же? Американцы потерпели фиаско. Суть дела в том, что реализация первого принципа достаточно проста, а как реализовать второй — было неведомо! Конкретное решение, примененное американским математиком Маккарти, оказалось неудачным. Правило отбрасывания ходов было составлено так, что вместе с водой машина выплескивала и ребенка.

Рассмотрим одну из партий матча.

Дебют трех коней

Москва — Станфорд

1. e2 — e4 e7 — e5 2. Кg1 — f3 Кb8 — c6 3. Кb1 — c3 Cf8 — c5 (Дебютные справочники обычно отдают предпочтение ходу 3... Кf6. Теперь известной комбинацией белые захватывают инициативу) 4. Кf3 : e5 Кc6 : e5 (Слабее 4... С : f2 + 5. Кр : f2 К : e5 6. d4) 5. d2 — d4 Cc5—d6 6. d4 : e5 Cd6 : e5 7. f2 — f4 Ce5 : c3 + 8. b2 : c3 Кg8 — f6 (Опытный шахматист, конечно, не играл бы здесь с огнем, а сыграл бы сначала 8...d6) 9. e4 — e5 Кf6 — e4.

Здесь белые могли с выгодой продолжать 10. Фd5 f5 (единственный ход) и далее возможно, например, 11. Ca3 d6 12. Cc4 Фe7 13. 0—0. Тактическая тонкость состоит в том, что продолжение 10... Фh4 + 11. g3 К : g3 12. hg безопасно для белых, ибо ладья h1 оказывается защищенной ферзем d5. В случае же 10... К : c3 11. Фc4 у черного коня были бы отрезаны пути отступления.

В Центральном шахматном клубе в Москве мне довелось слышать объяснения одного математика, почему машина сыграла не 10. Фd5, а 10. Фd3. Оказывается, после 10. Фd5 К : c3 11. Фc4 Фh4 + 12. g3 машина высчитала значение весовой функции, которое оказалось недостаточным для положительной оценки хода 10. Фd5. Дело в том, что дальность расчета вариантов была ограничена пятью полуходами и после 12. g3 вариант был оборван и наступила очередь подсчета весовой функции. В этот момент машина оказалась слепа, как крот. Поскольку конь c3 и ферзь h4 вели себя тихо, не шумели и не двигались, то машина уже не могла по слепоте заметить ни коня, ни ферзя...

Тогда математики произвели удачный эксперимент: они увеличили дальность расчета до семи полуходов. Теперь после хода 12. g3 машина «увидела», что одновременно под ударом конь и ферзь, и подсчитанные после семи полуходов весовые функции отдали предпочтение ходу 10. Фd5.

Увы! — по согласованным правилам матча программу менять было нельзя, поэтому ход 10. Фd5 так и не был сделан.

10. Фd1 — d3 Кe4 — c5 (Напрашивалось 10 . . . d5) 11. Фd3 — d5 Кc5 — e6 (Создается впечатление, что аме-

риканская программа признавала лишь один способ защиты — отступление. Обязательно было 11 . . . d6) 12. f4 — f5 Ke6 — g5 (Просмотр фигуры в достаточно плохом положении) 13. h2 — h4 f7 — f6 14. h4 : g5 f6 : g5 15. Лh1 : h7 Лh8 — f8 16. Лh7 : g7 c7 — c6 17. Фd5 — d6 Лf8 : f5 18. Лg7 — g8 + Лf5 — f8 (Или 18 . . . Крf7 19. Cc4×) 19. Фd6 : f8×.

Общее впечатление: Маккарти не удалось успешно реализовать второй метод Шеннона, в то время как москвичи удачно действовали по первому методу. Если варианты были связаны с уничтожением фигур, то весовые функции довольно правильно определяли разумный первый ход варианта — в тех случаях, когда вариант имел логическое окончание до границы в пять полуходов.

У читателя, несомненно, сложилось впечатление, что московская программа не столь уж плоха — может быть, машина играла в силу шахматиста второго разряда. Правда, были недоразумения с ходом 10. Фd5, но это бывает и с мастерами!

При оценке московской программы следует учесть, что, во-первых, все познается в сравнении — а американская машина играла исключительно плохо, и, во-вторых, и московская, и калифорнийская программы беспомощны в эндшпиле, поэтому математики согласились еще до матча, что партии продолжаются лишь до 40-го хода. Любопытно, что именно в эндшпиле превосходство мастера над рядовым шахматистом становится особенно заметно.

Но нельзя ли более удачно реализовать второй принцип Шеннона, нежели это сделал Маккарти? Если читатель запасется терпением и прочтет данную работу, то он и ознакомится с тем, что предлагает автор этих строк.

I. АЛГОРИТМ ШАХМАТИСТА

Почему машина слабо играет в шахматы

Нужно ли, чтобы машина хорошо играла в шахматы? На этот счет нет единого мнения. Гроссмейстеры, например, сердятся, когда об этом заходит речь, и считают, что это никчемная затея, а если даже это и нужно, то решение будет найдено не скоро — лет через 50... Некоторые ученые высказывают мнение, что не к чему тратить силы на «обучение» машины подлинному мастерству в шахматной игре — достаточно, чтобы машина играла в силу шахматиста второго разряда. В дальнейшем будет показана важность и необходимость получения машиной «высшего образования» в шахматной игре, а пока пусть читатель примет это на веру.

Процесс обучения человека шахматной игре распадается на две части. Первый этап состоит в усвоении правил игры, ходов, ценности фигур и т. п. Второй заключается в обучении шахматному мастерству. Человек успешно проходит оба этапа обучения. А машина? Распространено мнение, что первый этап освоен машиной уже давно, а вот что касается второго этапа «обучения»— машина не может продвинуться вперед ни на шаг...

В чем же дело? Почему машина не может хорошо играть в шахматы? Может быть, это принципиально неразрешимая задача, может быть в этом заключается различие между человеком и машиной?

Нет, эта задача в принципе, по-видимому, разрешима и не в этом, вероятно, состоит различие между человеком и машиной. В том, что машина плохо играет в шахматы, что она способна играть лишь с начинающими любителями, она не виновата. Виноваты люди — они не сумели еще «научить» машину, не сумели передать ей свой опыт.

В чем же особенность процесса «обучения» машины игре в шахматы? Возможны две разновидности этого процесса;

первая заключается в составлении и вводе в машину законченной программы игры, вторая — в составлении и вводе в машину программы игры с самообучением. В обоих случаях эта работа выполняется человеком. Очевидно, для того чтобы составить законченную программу хорошей игры, нужно овладеть шахматным мастерством, не говоря уже о мастерстве программиста. Что же требуется для составления хорошей программы игры с самообучением, пока что сказать трудно. Вероятно, кроме знания правил игры, ходов, требуется знание науки о самообучении машин, которая пока что лишь едва-едва намечается. В дальнейшем будем иметь в виду только игру машины по законченной программе (без самообучения).

Итак, машина нуждается в точно составленной программе — тогда она может оказаться способнее человека. В этом люди уже убедились на опыте решения точных задач. Точные задачи полностью описываются средствами математики, например уравнениями. Алгоритмы решения точных задач переводят на машинный язык — и дело сделано: у человека оказывается неутомимый и сильный помощник.

Иное положение с задачами, которые условно названы неточными, с задачами, которые пока что не описываются математическими средствами, так что здесь собственно нечего переводить на язык машины. Неточные задачи включают большое количество возможностей. Человек более или менее удовлетворительно в таких задачах разбирается, но делает это неосознанно, сам не зная, каким методом он пользуется при их решении. А раз человек не осознает своего метода, не знает и никакого другого метода, то машина остается без программы.

Чтобы в решении неточных задач сделать машину хорошим помощником человека (помощником столь же сильным, как при решении точных задач), есть только один путь — составить математически точную программу решения неточных задач, или, говоря языком математиков, формализовать решение. В этом и заключается проблема.

Проблема, кстати сказать, первостепенная. Под понятие неточной задачи с большим количеством возможностей попадают задачи, решаемые в различных областях деятельности людей, относящихся прежде всего к сфере управления. Быть может, наиболее важные и трудные задачи управления являются задачами неточными.

И шахматы являются задачей неточной, с большим количеством возможностей. Количество этих возможностей хотя и велико, но теоретически ограничено. Это, однако, несущественно, ибо человек играет в шахматы так, как будто шахматная игра имеет неограниченное количество возможностей. Поэтому практически задача игры в шахматы подобна тем важным неточным задачам, о которых была речь.

Итак, машина не способна пока решать эти задачи, а человек за свою многовековую историю накопил определенный опыт в решении неточных задач. Но, если говорить откровенно, человек тоже не очень преуспевает в этой области, он медленно и порой без особого успеха решает неточные задачи с большим количеством возможностей. Действительно, если бы люди хорошо их решали, зачем, например, было необходимо прибегать нередко к коллективным решениям? Кто стал бы коллективно составлять или решать систему уравнений? Как правило, это делается единолично. Для расчета траектории движения космического корабля также не требуется коллективного решения.

Коллективные решения неточных задач были бы лишены смысла, если бы человек и здесь был столь же силен, как в точных задачах. Если все участвующие в решении в отдельности не могут справиться с задачей, то все же есть известные шансы на их совместный успех. Однако, если десять шахматистов второго разряда будут играть партию по консультации, то они, быть может, избавятся от грубых просмотров, но по творческому уровню сыграют партию, соответствующую квалификации консультантов... Но в наше время коллективные решения, безусловно, необходимы. Они могут способствовать и способствуют принятию одного из верных решений.

Итак, при решении точных задач человек нашел себе хорошего помощника — машину, которую он обеспечил точной программой. Это, конечно, очень хорошо. Но не менее (а быть может и более) важно было бы найти людям помощника для решения неточных задач. Такой помощник может быть найден, если будет составлена точная программа. Это надо сделать, это будет сделано и, конечно, не через 50 лет, а много раньше.

Человек решает неточные задачи, основываясь на накопленном опыте и интуиции. Поэтому напрашивается следующий путь создания точной программы для решения неточных задач: программа должна моделировать метод мышления человека. В области шахмат данный путь был указан автором этих строк еще в лекции, прочитанной в Берлине, в Университете им. Гумбольдта в 1960 г. По-видимому, это единственно реальный путь.

Здесь уместно вернуться к ранее поставленному вопросу: необходимо ли машине «высшее образование» в шахматной игре? Да, необходимо. Тонкости шахматной программы можно будет осознать лишь тогда, когда машина будет играть в силу гроссмейстера, а быть может, и сильнее человека. Это необходимо, чтобы смоделировать неосознанный гроссмейстерами собственный их «алгоритм» Попытка смоделировать «алгоритм» шахматиста второго разряда, чтобы затем перенести принципы этого «алгоритма» на программирование других неточных задач, вероятно, приведет к тому, что и эти другие задачи будут решаться по второму разряду. Если мы хотим, чтобы электронная машина превзошла человека в решении неточных задач, и попытаемся это сделать, используя опыт разработки шахматной программы, несомненно успех скорее может быть достигнут тогда, когда шахматная программа поможет машине превзойти гроссмейстера.

Конечно, создание шахматной программы поможет созданию других, более существенных программ. Но можно ли быть уверенным, что принципы построения этих программ одинаковы? Вероятно — да, но здесь нужна известная осторожность: мыслят ли все люди одинаково? Возможно, между основами этих программ будут некоторые различия — ведь не все люди могут быть гроссмейстерами, так же как не все могут быть математиками или композиторами. Да и люди одной специальности, теоретически рассуждая, могут мыслить по-разному.

Нужно ли, чтобы машина играла в шахматы?

Все же прежде чем начать работу над шахматной программой, уточним еще раз вопрос о целесообразности этой задачи. То, что вообще нужна программа для решения неточной задачи с большим количеством возможностей, уже не подлежит сомнению. Но почему нужна именно шахматная программа как первая попытка в этом направлении? Достаточно ли сложны шахматы, чтобы быть объектом такого важного исследования и эксперимента?

Да, по-видимому, шахматы—достойный объект. Здесь мы имеем большое разнообразие сил (фигур), участвующих в борьбе,— есть и сильные фигуры, и слабые. Они обладают различной дальнобойностью и по-разному перемещаются. Одна из фигур (пешка) двигается лишь вперед, но, что весьма интересно, ее перемещение не совпадает с направлением удара — поэтому пешку легко застопорить. Кроме того, пешка способна превратиться в другую фигуру... Есть еще одна особая фигура — конь. Конь, когда делает ход, перемещается не в плоскости, а в пространстве — этого не должны забывать изобретатели всевозможных трехмерных шахмат, когда они критикуют шахматы за «плоскостность». Ну, а король — поистине примечательная фигура. Ценность его бесконечно велика, поэтому его и нельзя подставлять под удар. Все другие фигуры имеют ценность только при наличии короля! Цель шахмат — выигрыш фигуры бесконечно большой стоимости, партия заканчивается, когда король выигрывается. Заметим, кстати, что шахматы — игра, происходящая по точным правилам. Иногда партия и кончается ничем, т. е. вничью, например, если можно только подставить короля под удар (что не разрешается правилами) или нет вообще никакого хода; тогда — пат! Но хотя король — вернемся к этой фигуре — бесконечно ценен, ударная сила его не столь уж велика, вероятно, король чуть сильнее легкой фигуры. Один раз в партии можно сделать двойной ход (рокировку)— еще одно усложнение... Может быть, достаточно агитировать читателя? Вероятно, он и так знает, что шахматы — сложная игра. Можно определенно утверждать, что современные шахматы достаточно сложны для современного человека...

В шахматах ходы делаются поочередно. В других неточных задачах не всегда так бывает. Но нередко так все же бывает, а иногда бывает только так. Поэтому данное свойство шахмат не может быть причиной (или поводом) для отказа от составления шахматной программы.

А вот цель шахмат — выигрыш бесконечно ценной фигуры (а не всех фигур) — говорит в пользу шахматного программирования, ибо в некоторых важных неточных задачах также встречаются понятия бесконечно ценные.

Иногда мышление шахматиста окружают мистическим ореолом: работу мозга шахматиста представляют как какое-то чудо, волшебное и совершенно необъяснимое явление. Более того, утверждают, что не только мышление шахматных «гениев» является загадкой, но и достижение шахматных выгод на доске происходит по каким-то волшебным законам шахматного искусства. Все это вместе и объявляется «творчеством».

Логики здесь, конечно, ни на грош. Каким образом человек (даже если он гений) может постичь необъяснимые шахматные законы — в особенности эти законы становятся необъяснимыми, ежели они относятся к так называемой комбинационной борьбе,— поистине непонятно. Почему мышление шахматного гения является загадочным и чудесным, когда гений (что обнаруживается впоследствии) ошибается в сложной борьбе в девяти случаях из десяти и при этом, обдумывая ход, «пыхтит» как паровоз — также поистине необъяснимо...

Если мы хотим составить шахматную программу для машины, то должны решительно отказаться от всего этого мусора с чудесами, гениями, непонятными законами и прочим «творчеством». Мы должны принять, что непознанные пока закономерности шахматной борьбы объективно существуют и что они могут и должны быть познаны так же, как и непознанный метод мышления гроссмейстера. Более того, можно предположить, что и закономерности эти, и методика мышления сравнительно элементарны— играют же в шахматы дети, и неплохо! Роберт Фишер стал чемпионом США в 14 лет: перед ним спасовали опытные и хорошо подготовленные мастера — взрослые люди. А Сэмюэль Решевский ребенком давал взрослым сеансы одновременной игры, и весьма успешно (между прочим, среди участников подобного сеанса был однажды будущий чемпион мира 19-летний М. Эйве).

Лишь теперь, когда мы с вами, уважаемый читатель, твердо решили отказаться от мистического вздора, можно поставить вопрос: а что же, собственно, происходит в шахматной игре?

По моему мнению, процесс шахматной игры (и, вероятно, любой игры) состоит в *обобщенном размене*. Назовем обобщенным разменом такой размен, где меняются (в общем случае) ценности как материальные, так и позиционные («невидимые», конъюнктурные). Цель обобщенного размена — относительный выигрыш этих материальных либо позиционных (конъюнктурных) ценностей. Других целей нет и не может быть. В конечном итоге в шахматах этот обобщенный размен должен привести к выигрышу бесконечно большой материальной ценности (к мату).

Доказательство, что нечто аналогичное происходит в других играх, не входит в нашу задачу. Но можно напомнить, что в такой далекой от шахмат игре, как футбол, также меняются и материальные ценности (усталость может изменять практическую силу футболиста), и позиционные (конъюнктурные). Независимо от того, с мячом футболист или без мяча, он перемещается относительно мяча, других игроков и ворот так, что позиция команды изменяется на более удачную. Гол, кончающий футбольную партию,— выигрыш бесконечно большой материальной ценности.

Материальная цена фигур в шахматах хорошо известна всем начинающим шахматистам. А какова невидимая, конъюнктурная (позиционная) цена фигур? Это зависит от позиции фигуры, от того, какое участие данная фигура принимает в общей борьбе на шахматной доске. Конъюнктурная стоимость фигуры может резко меняться: невидимая цена пешки может быть весьма велика — в тех случаях, например, когда она матует неприятельского короля.

Условимся, что говоря об алгоритме шахматной игры, который надлежит составить, мы не будем касаться той его части, в которой заложено «знание» правил игры, ходов и материальной ценности фигур, а также цель игры. Будем, кроме того, предполагать, что этот алгоритм имитирует игру человека, т. е. определяет некоторый перебор и оценку возможных ходов, но перебор — направленный, так как полный перебор из-за очень большого числа возможностей практически неосуществим.

Что же должен предусматривать алгоритм?

Алгоритм, как минимум, должен предусматривать решение следующих трех вопросов.

1. *Как ограничить число возможностей?*

Вряд ли есть резон подробно доказывать необходимость ответа на этот вопрос. Ясно, что когда количество возможных ходов велико, задача становится для человека (да и для машины) непосильной. Поэтому алгоритм должен приводить к исключению из рассмотрения бессмысленных ходов. В расчете вариантов должны учитываться лишь ходы, имеющие смысл. Количество возможностей в этом случае сокращается, и задача становится реальной.

2. *Когда надо закончить расчет варианта?*

Это также достаточно очевидное требование. Человек пользуется известными правилами для определения момента, когда расчет варианта можно и нужно прекратить, т. е. человек располагает критерием оценки варианта. Такой же точный критерий должен быть известен машине. Тогда машина (как и человек) сможет оценивать вариант и отбрасывать варианты, лишенные смысла. Это также облегчает «работу», как и отбрасывание ходов, лишенных смысла.

3. *Какой из ходов следует избрать, если расчет вариантов не дает ясного результата?*

Это важный вопрос. Действительно, когда шахматист считает варианты и эти варианты не приводят к определенному решению, то гроссмейстер избирает ход на основании особых соображений. Машине на этот случай должен быть дан четкий рецепт.

Вероятно, впоследствии выяснится, что решения этих трех вопросов будет недостаточно, что машине нужна будет более широкая программа. Но можно определенно утверждать, что решение этих вопросов будет для машины обязательным.

II. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ ШАХМАТ

Примат нападения. Утверждение и отрицание

В основу предлагаемого алгоритма легли два принципиальных положения. Первое состоит в том, что обе стороны должны в итоге стремиться к выигрышу материала (это в правилах игры не записано, но подтверждается практикой).

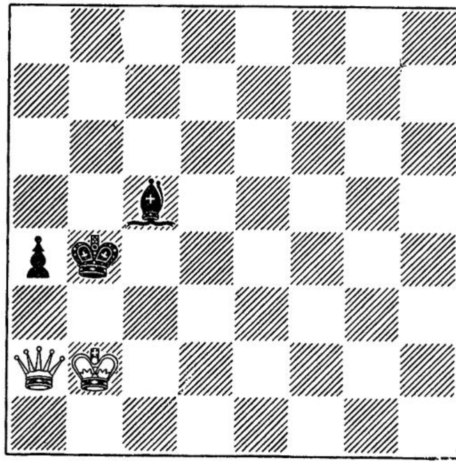
Поскольку стороны стремятся к выигрышу материала, то все начинается с нападения. Нападение определяет траекторию (путь) нападающей фигуры. Шахматную игру можно рассматривать как спор двух сторон. При этом нападение можно квалифицировать как утверждение, защиту — как отрицание. Утверждение может вызвать отрицание, тем самым определяя траекторию защиты (отрицания).

Действительно, что можно защищать (отрицать), если нет нападения (утверждения)? Видимо, без наличия нападения нечего и защищать. Правда, принято говорить, что фигура «защищает» другую, даже когда и нет нападения. Например, в позиции на диаграмме (рис. 1) Крb2 «защищает» Фа2. В соответствии с правилами игры на ферзя белых и напасть нельзя, так что это всего лишь оборот речи. В действительности Крb2 не защищает Фа2, ибо нет и не может быть на этого ферзя нападения.

Отметим, что отрицать можно не только утверждение, отрицать можно и отрицание, т. е. можно не только защищать (если есть нападение), но и препятствовать защите.

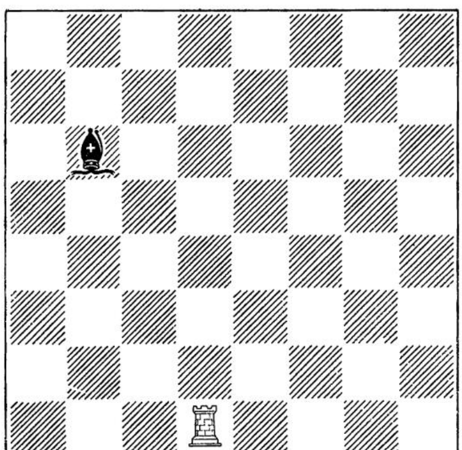
Ограничение задачи

Второй принцип заключается в необходимости приближенного решения задачи путем ее ограничения. Если учитывать все возможные нападения, задача становится



1.
Можно ли напасть на белого ферзя?

2.
Чей ход?



непосильно трудной. Поскольку задача должна быть ограничена, будут рассматриваться лишь некоторые нападения и связанные с ними отрицания. Иными словами, будет установлен «горизонт» и учитываться будут лишь те нападения, которые в этот горизонт попадают. В пределах устанавливаемого горизонта задача будет (или должна быть) решена точно.

Шахматное время и материал. Простейшие математические функции

В основе математического отображения шахмат лежат весьма простые функции, простые, ибо эти функции определяются лишь двумя факторами. Прежде всего, поскольку речь идет о выигрыше материала, они зависят от средней стоимости фигур, равной средней силе фигур (это не распространяется на короля — его стоимость бесконечна, а сила невелика, и с некоторыми оговорками применимо к пешке, ибо пешка может превратиться в ферзя). И затем — от времени передвижения взаимодействующих фигур, т. е. от того количества полуходов, которое необходимо затратить, чтобы переместить фигуру с одного поля на другое.

Полезно условиться о способе измерения времени в шахматах. Обычно оно измеряется (в шахматных учебниках) ходами. Это вряд ли удобно. Действительно, представим, что белая ладья d1 и черный слон b6 атакуют поле d4 (см. диаграмму рис. 2).

Обе фигуры могут попасть на поле d4 в один ход — весьма неопределенное условие, ведь все зависит от очереди хода. При измерении времени в шахматах полуходами эта неопределенность исчезает. Так, если в рассматриваемом случае известно, что белая ладья d1 может попасть на поле d4 в два полухода (или что черный слон b6 — в один полуход), то все ясно — очередь хода за черными. Да это и правильно: требуется измерять время передвижения фигуры с одного поля на другое. Но когда фигура стоит (передвигается неприятельская фигура), то время идет? Стало быть, время остановок также должно учитываться, и, в итоге, время передвижения суммируется из количества полуходов передвижения и полуходов остановок полу ходов передвижения неприятельских фигур). Итак, будем измерять время в шахматах количеством *полуходов*.

Таким образом, в начальной позиции, чтобы сыграть 1.e4, белым надо затратить один полуход, а черным для хода 1. . . e5 — два полухода.

Примем (в дальнейших расчетах) прейскурант на средние стоимости отдельных фигур по Шеннону: Кр=200, Ф = 9, Л = 5, С и К = 3, П = 1. В дальнейшем, в некоторых случаях, средние стоимости будут обозначаться значками, являющимися обозначениями фигур, а иногда значками, снабженными координатами на доске, например Кр g5.

Скорость, а тем самым и время передвижения фигур определены правилами игры.

Невидимые стоимости нападения

Примем, что кроме своей средней стоимости атакующая фигура имеет еще невидимую стоимость и что полная стоимость фигуры определяется совокупностью средней и невидимой (невидимых) стоимостей. Невидимая стоимость нападения отображает способность этой фигуры уничтожить неприятельскую. *Условие взятия фигуры* состоит в том, что в момент взятия невидимая стоимость атакующей фигуры становится равной, но противоположной по знаку средней стоимости поражаемой фигуры; алгебраическая сумма этих стоимостей будет равна нулю, и на поле, где произошло взятие, остается лишь средняя стоимость атакующей фигуры (если не учитывать прочие невидимые стоимости этой фигуры). Это и есть математическое отображение взятия.

До момента взятия невидимая стоимость всегда равна нулю (хотя этот «нуль» и имеет множество оттенков). В момент взятия она мгновенно (скачкообразно) становится отличной от нуля и до конца партии застывает в своем новом состоянии.

Отметим, что одна и та же фигура может участвовать в различных действиях — она может одновременно нападать (утверждать), защищать (отрицать нападение) как фигуру своего лагеря, так и неприятельскую, содействовать нападению (отрицать отрицание) и т. п.

Траектория движения фигуры

Нападение должно иметь реальные очертания: должен быть объект нападения, а также траектория, составленная из конкретных полей.

Эти поля могут быть двух типов: 1) поля, где происходит остановка фигуры; будем поля этого типа обозначать буквой α — они непременно должны быть и 2) поля, которые фигура проходит без остановки; будем обозначать их буквой β — они могут отсутствовать. Когда атакуют король, конь и пешка (за исключением случаев рокировки и передвижения пешки на два поля), β-полей нет, так же как в случаях перемещения ферзя, ладьи и слона на соседние поля.

Итак, траекторией данной фигуры при ее перемещении на выбранное поле называется последовательность полей, начинающаяся с поля, занятого фигурой, состоящая из полей, через которые она должна пройти, и кончающаяся полем, на которое фигура должна попасть.

Три способа защиты

Защита (отрицание) прежде всего может быть связана со взятием атакующей фигуры; контроль α-поля траектории всегда связан с нападением из засады. Далее защита может быть реализована путем блокады (перекрытия), т. е. путем занятия α-поля (при блокаде на β-поле оно автоматически превращается в α-поле). Наконец, защита может быть реализована путем отступления атакованной фигуры.

Математическое различие сторон

Надо различать фигуры сторон не по цвету, а математически. Примем, что средние стоимости белых фигур вещественны, а черных — мнимы. Это удобно, ибо невидимая стоимость нападающей фигуры не может складываться или вычитаться с ее материальной стоимостью. Наоборот, необходимо, чтобы невидимая стоимость атакующей фигуры была бы такого же типа, как и материальная стоимость атакованной — при этом и возможно математическое отображение взятия. Тогда полная стоимость белого короля, нападающего на черного коня, будет[1] Кр$-j$К$\cdot\psi\cdot\theta$, а полная стоимость черного ферзя, нападающего на белую ладью, запишется в виде jФ $-$ Л$\cdot\psi\cdot F$, где ψ, θ и F, функции, определение которых будет дано далее.

Будем обозначать среднюю стоимость белых фигур буквой M, черных — буквой N; таким образом, полная стоимость атакующей белой фигуры будет выражаться комплексным числом $M - \Sigma(jN\cdot\psi\cdot\theta)$, а черной — комплексным числом $jN - \Sigma(M\cdot\psi\cdot F)$.

Функции α-полей и траектории нападения

Атакованная фигура может быть взята при наличии двух совпадающих факторов: 1) когда все α-поля траектории нападения (включая исходное положение атакующей фигуры и положение атакованной фигуры) свободны и безопасны и 2) когда все α-поля отступления атакованной фигуры заняты или опасны для ее передвижения. Это необходимое условие взятия фигуры.

Примем, что каждому α-полю траектории соответствует определенная функция f. Когда α-поля этой траектории свободны и безопасны, то $f = 1$; в остальных случаях $f = 0$. При этом символ f_i означает функцию f, отвечающую i-му α-полю.

Введем также (уже упоминавшуюся) функцию ψ, равную нулю, когда атакующая фигура еще не достигла α-поля, где стоит атакованная фигура; когда же атакующая фигура проникла на поле расположения поражаемой фигуры, то $\psi = 1$.

Из выражения полной стоимости фигуры, определения функции f и условия взятия фигуры следует, что, если в выражении

$$F = \Pi\,(1 - f_k)\cdot\Pi f_i \tag{1}$$

(где f_k — функция α-полей отступления, а Πf_i — произведение функций α-полей траектории нападения) $f_k = 0$ и все $f_i = 1$, то F также равно 1 и нападение неотразимо. В иных случаях значение F равно нулю.

---

[1] *Функция траектории F относится к атакуемым белым фигурам, θ — к черным. Величина j здесь и в дальнейшем означает $\sqrt{-1}$.*

Функции f и ψ были определены словесно, а функция F — с помощью формулы (1). Нетрудно подобрать математические выражения также для функций f и ψ.

Определим формулу для функции ψ. Легко убедиться, что выражение

$$\psi = \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \frac{2n_{ir} - 1}{|2n_{ir} - 1|}\right) \qquad (2)^2$$

отвечает определенным ранее требованиям к этой функции. Здесь i — поле, на котором находится атакующая фигура, r — поле, на котором находится атакованная фигура, а n_{ir} — количество полуходов, которые надо затратить, чтобы атакующая фигура с α-поля i перешла бы на α-поле r. Функция ψ равна нулю, за исключением случая, когда $n_{ir} = n_{rr} = 0$ (т. е. когда совершается взятие); тогда $\psi = 1$.

Напишем теперь выражение для функции f. Напомним, что когда α-поле траектории фигуры блокировано фигурой того же цвета, то $f = 0$. Это соответствует правилам игры и поэтому не будет учитываться формулой f.

Прежде всего напишем формулу, определяющую возможность контроля или блокады α-поля траектории

$$\rho_n = \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \frac{n_{ik} - n_{rk} + a}{|n_{ik} - n_{rk} + a|}\right) \qquad (3')$$

Здесь n_{ik} — количество полуходов, которые нужно затратить, чтобы перевести фигуру с α-поля i на α-поле k траектории, а n_{rk} — количество полуходов для перевода контролирующей (блокирующей) α-поле k фигуры с α-поля r на α-поле k. В случае контроля $a = 2$, в случае блокады $a = 0$. Нетрудно установить, что при возможности контроля или блокады поля k $\rho_n = 0$; в иных случаях $\rho_n = 1$.

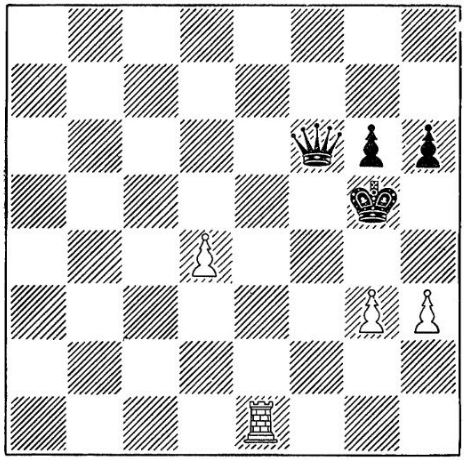
Но и при контроле α-поля оно может быть безопасным, если занятие этого поля не связано с материальным уроном, т. е. если функция

$$\tau_m = \frac{1}{2} \cdot \left(1 + \frac{m + 0{,}1}{|m + 0{,}1|}\right) \qquad (3'')$$

(где m — выигрыш материала) равна 1. При этом проигрыш материала рассматривается как отрицательный выигрыш.

---

[2] *Абсолютное значение величины $2n_{ir} - 1$ всегда положительно.*



3.

Нападение на короля, но выигрывается ферзь...

Теперь можем написать формулу для функпии f:

$$f = \tau_m + \rho_n - \tau_m \cdot \rho_n \qquad (3)$$

Если материального ущерба на α-поле не предвидится или если α-поле не контролируется, то оно безопасно и функция поля в силу формулы (3) равна 1.

Здесь надо сделать весьма существенное замечание и дополнение. Обратимся прежде всего к позиции, изображенной на диаграмме рис. 3.

При ходе белых, как нетрудно заметить, одной из двух невидимых стоимостей белой ладьи (при отображении на три полухода) является, казалось бы, невидимая стоимость — jKpg5·0(3)·1(e1)·1(e5)·1(g5)·(1—0), т. е. —jKpg5·0·1·1·1·1[3].

Стало быть, нападение на короля неотразимо, мат неизбежен? Ничего подобного — у черных есть защита от

---

[3] *Здесь принято, что $\psi = 0$ (3); это означает, что функция $\psi = 0$, а минимальное количество полуходов, необходимое для превращения функции ψ в единицу, равно 3. Выражение 1 (e5) означает, что на поле e5 функция $f = 1$. Подробно об этом см. далее.*

мата! Дело в том, что единицы, которые входят в эту невидимую стоимость, говорят лишь о безопасности траектории, о том, что местные стычки на α-полях траектории нападения должны успешно протекать для нападающей стороны. Но атакованная сторона вправе выбирать, поскольку она проигрывает местные бои на *всех* α-полях,— какой из этих местных боев ей принять. Естественно, что атакованная сторона выбирает то α-поле боя, где она понесет наименьшие потери. В данном случае, из семи α-полей, где такие местные стычки возможны (e5, f5, f4, g4, g5, h4, h5), наименьший ущерб будет на полях e5 и f5 (последнее — в случае блокады ферзем), где черные теряют 4 единицы материала (Ф — Л), в то время как на полях f4, g4, g5, h4 и h5 черные теряют около 200 единиц (Кр — Л).

Таким образом, в тех случаях, когда выигрыш материала на промежуточных α-полях траектории (функция F которой равна единице) менее возможного выигрыша материала на конечном α-поле траектории, то объект нападения меняется. Средняя стоимость его уменьшается до стоимости, соответствующей минимально возможному выигрышу на каком-либо α-поле траектории.

Примем, что возможный выигрыш материала на конечном α-поле k траектории нападения равен m_k; минимальный выигрыш материала m_i возможен на промежуточном α-поле i этой же траектории. Введем функции (учитывая, что $\Delta m = m_i - m_k$)

$$\tau_{\Delta m} = \frac{1}{2} \cdot \left(1 + \frac{m_i - m_k + 0{,}1}{|m_i - m_k + 0{,}1|}\right) \tag{4'}$$

$$\varphi = 1 - \rho_n - \tau_{\Delta m} + \rho_n \cdot \tau_{\Delta m} \tag{4''}$$

где ρ_n — уже известная функция (3'). Тогда атакованная средняя стоимость будет

$$m = m_k \cdot \psi_k + \Delta (m, \psi) \cdot \varphi_i \tag{4}$$

где

$$\Delta (m, \psi) = m_i \cdot \psi_i - m_k \cdot \psi_k$$

Действительно, если $m_i < m_k$, то $\tau_{\Delta m} = 0$. Но тогда, поскольку $\rho_n = 0$ (поле α_i контролируется), $\varphi = 1$ и согласно формуле (4) атакованная средняя стоимость приобретает меньшее значение. Если же поле α_i не контролируется, то $\rho_n = 1$, $\varphi = 0$ и это α_i-поле не влияет на величину атакованной средней стоимости.

При этом функция траектории *не претерпевает изменений*, ибо все эти изменения стоимости объекта нападения происходят, ежели $F = 1$; α-поля траектории не меняются при изменении значения атакованной стоимости, хотя для выигрыша материала требуется укороченная траектория.

Правило «прыг-скок»

Это правило, облегчающее подсчет функций ψ и ρ_n, меняющихся с каждым полуходом, основывается на том, что полуходы делаются поочередно.

Допустим, что фигура с поля i может быть переведена на поле k в n полуходов. Сделан очередной полуход, но не этой фигурой, а другой (того же цвета); тогда правило гласит: если при этом траектория от поля i до поля k не изменилась, то количество необходимых полуходов будет уже не n, а $n + 1$. Теперь полуход делает другая сторона; если в этом случае упомянутая траектория осталась той же, количество полуходов вновь будет равно n.

Невидимые стоимости отрицания

Для анализа математического отображения полезно знание стоимостей отрицания и можно привести соответствующую формулу.

Если невидимая стоимость нападения связана со взятием, то невидимая стоимость отрицания связана с изменением той невидимой стоимости, которая отрицается. Переменной величиной стоимости может являться и функция траектории, и материальная ценность атакуемого объекта.

Невидимая стоимость первого отрицания функции поля траектории нападения

$$0_1 = -M_0 \cdot \psi_0 \cdot \Delta_i F_0 \cdot \psi_{1i} \cdot F_{1i} \qquad (5)$$

и второго отрицания (отрицания отрицания) функции α_k-поля траектории отрицания

$$0_2 = -M_0 \cdot \psi_0 \cdot \Delta_i F_0 \cdot \psi_{1i} \cdot \Delta_k F_{1i} \cdot \psi_{2k} \cdot F_{2k} \qquad (6)$$

Здесь M_0 — средняя стоимость атакованной фигуры; $\Delta_i F_0 = F_0 - \frac{F_0}{f_{0i}} \cdot f'_{0i}$ (f_{0i} — значение функции поля, которое отрицается, а f'_{0i} — новое значение функции[4], учитывающее отрицание), F_{1i} — функция траектории первого отрицания и т. д.

В формулах (5) и (6) учтено лишь изменение функций траектории и не учтено возможное изменение величины M_0 при изменении функций α-полей — см. формулу (4).

Подсчет функции F траектории нападения

Для подсчета функции F можно пользоваться следующим методом. Прежде всего предположим, что функции α-полей таковы, что $F = 1$. Затем учтем все первые отрицания и внесем соответствующие коррективы; затем учтем вторые отрицания и т. д. Математически функция реальной траектории нападения F_0^R будет тогда

$$F_0^R = \prod (1 - f) \cdot \prod_{i=1}^{h} \left\{ f_{0i} + \Delta f_{0i} \cdot \prod_{k=1}^{q} \left\{ f_{1k} + \Delta f_{1k} \times \right.\right.$$

$$\left. \times \prod_{m=1}^{p} [f_{2m} + \Delta f_{2m} \cdot \prod_{n=1}^{r} (f_{3n} + \Delta f_{3n} \cdot \prod_{1}^{s} \cdots \right\} \qquad (7)^5$$

где $\Delta f_{0i} = f_{0i}^R - f_{0i}$ и т. д.

Когда... $\prod\limits_{1}^{s}$, $\prod\limits_{n=1}^{r}$, $\prod\limits_{m=1}^{p}$ и $\prod\limits_{k=1}^{q}$ равны единице, то $f_{0i} = 1$ отрицается и $f_{0i}^R = f'_{0i}$. Если же $\prod\limits_{k=1}^{q} = 0$, то $f_{0i} = f_{0i}^R = 1$.

Для траектории отступления, отображаемой функцией $(1 - f)$, подсчет реальной траектории тот же, что и для Πf_i. Это не учтено в формуле (7). Метод подсчета траектории становится очевидным после ознакомления с приведенным далее экспериментом.

---

[4] *Здесь деление в выражении $\frac{F_0}{f_{0i}}$ производится формально до подстановки значения f_{0i}.*

[5] *Индексы h, q, p, r и s определяют число сомножителей в соответствующих произведениях Π.*

Подсчет функции τ_m

Чтобы подсчитать функцию τ_m (формула 3″), надо вычислить величину m — материальный баланс при размене на α-поле. Когда размениваются одна или две фигуры, задача оказывается простой; при возможности размена множества фигур полезно иметь формулу размена, облегчающую оценку расчета

$$\Sigma|jN|-\Sigma|M|\geqslant-|jN|\cdot\theta \tag{8'}$$

$$\Sigma|jN|-\Sigma|M|\leqslant|M|\cdot F \tag{8''}$$

Первая формула (8′) определяет возможность продолжения размена для белых; в правой части неравенства — средняя стоимость черной фигуры, которая может быть уничтожена. В левой части — стоимости фигур, которые уже разменены. При изменении знака неравенства на $<$ этот вариант размена надлежит забраковать.

Аналогичная формула (8″) оценивает вариант размена с точки зрения черных. При изменении знака неравенства на $>$ размен черным невыгоден. Иными словами, средняя стоимость фигуры, которая должна быть взята, не может быть меньше понесенного материального ущерба.

Общая формула размена

Когда совершается ход или серия ходов, то могут размениваться как полные (или средние), так и только невидимые стоимости. Здесь «размен» надо понимать в обобщенном смысле — как изменение стоимостей.

Информация со всей доски об изменении стоимостей собирается воедино и тогда лишь происходит оценка данного варианта — перебора ходов, имеющих смысл. Следует иметь в виду, что вариант, составленный из ходов, имеющих смысл, может быть лишенным смысла.

Продолжать расчет варианта (перебирать ходы) надо до тех пор, пока еще сохраняется надежда на отыгрыш материала. Поэтому

$$\Sigma|jN|-\Sigma|M|\geqslant-\Sigma|jN|\cdot\theta-\Sigma(1-\theta)\cdot|jN|\cdot\gamma \tag{9'}$$

где

$$\gamma=\frac{1}{2}\cdot\left(1-\frac{\Delta q+0{,}1}{|\Delta q+0{,}1|}\right) \tag{10}$$

функция, определяющая изменение числа q (числа α-полей, где $f = 0$) за оцениваемый полуход; $\gamma = +1$, если q уменьшается, и $\gamma = -1$ в противоположном случае.

При этом соотношении белым есть смысл продолжать расчет варианта. Здесь левая сторона неравенства свидетельствует о понесенном белыми материальном ущербе. Первый член в правой части неравенства говорит о том, каков может быть выигрыш, если будут истреблены фигуры, обреченные на уничтожение ($\theta = 1$). Следует указать, что материал, обреченный на уничтожение, надо определять с учетом формулы (4). Наконец, второй член в правой части неравенства трактует о средней стоимости, которая еще не может быть уничтожена в данный момент ($\theta = 0$), но есть шанс на ее выигрыш при продолжении перебора, ибо функция $\gamma = +1$ изменяется в благоприятную сторону, и здесь среднюю стоимость, которую есть надежда уничтожить, следует определять, пренебрегая формулой (4).

Аналогичная формула для черных будет

$$\Sigma|jN| - \Sigma|M| \leqslant \Sigma|M| \cdot F + \Sigma(1 - F) \cdot |M| \cdot \gamma \qquad (9'')$$

Математическое отображение шахматной игры представляется как множество изменяющихся полных стоимостей; обе стороны стремятся к изменению этого множества согласно условиям (9′) и (9″), называемым *формулами надежды*.

Горизонт (ограничение задачи)

Ранее было отмечено, что будут рассматриваться не все, а лишь некоторые нападения и связанные с ними отрицания.

Обратимся к некоторой аналогии — надеюсь, что шахматисты не обидятся. Что должна уметь делать собака, воспитывая щенят? Среди прочего она должна уметь считать. Если бы этот принцип не был заложен в собачьем «алгоритме», то собака не замечала бы исчезновения щенят. Но и при наличии этого принципа, если не ввести метод ограничения, никакая собака не справилась бы со счетом: ее собачьих способностей не хватило бы для того, чтобы считать «беспредельно» (скажем, до двенадцати). Собака считает очень слабо: один, два, три и «много».

Исчезновение одного щенка из пяти она не замечает! Но для сохранения собачьего рода этого умения считать практически достаточно.

Вот и надлежит определить это «много» — шахматное «много». Тогда для точного подсчета будет оставаться ограниченное количество функций — и задача станет реальной.

Чем больше в данной позиции надо затратить полуходов на то, чтобы переместить атакующую фигуру на поле, где расположена неприятельская фигура, тем сложнее задача— и наоборот. Действительно, чем длиннее траектория передвижения фигуры, т. е. чем больше полей траектории, где фигура должна остановиться, тем предстоит сложнее борьба.

Поэтому напрашивается вывод ограничить задачу рассмотрением фигур, для которых количество полуходов, необходимых для перемещения на поля расположения неприятельских фигур, не превышает данное число h (на доске, свободной от препятствий, свободной от прочих фигур).

Условие включения этих фигур в горизонт является необходимым, но не достаточным. Не следует забывать о возможности превращения β-полей в α-поля из-за наличия препятствий, наличия фигур, блокирующих траектории. В этом случае количество полуходов будет возрастать по меньшей мере на 2 на каждое блокированное β-поле. Кроме того, когда на α-поле стоит фигура того же цвета, что и нападающая, количество необходимых полуходов также по меньшей мере увеличивается на 2. При этом может обнаружиться, что траектория выходит за пределы заданного горизонта.

Нападения, попадающие в горизонт, включаются в математическое отображение, иные — не рассматриваются. Таким образом, горизонт — это граница области, содержащей те и только те фигуры, которые, возможно, принимают активное участие в игре при заданном предельном времени перемещения.

Таким образом, надлежит построить математическое отображение и произвести его анализ с учетом нападений в один полуход, затем расширить горизонт до двух полуходов и т. д. Ограничение надлежит установить там, где математическое отображение и его анализ становятся непосильной задачей — если успех не достигнут до наложения ограничения.

Когда позиция сложная (открытая), нападений много — ограничение накладывается сравнительно рано. В эндшпиле, где нападений меньше, игра носит более «форсированный» характер — ограничение накладывается позднее. Поэтому «максимальный» горизонт определяется способностями того «устройства», которое играет в шахматы,— будь то человек или машина.

Можно привести аналогию, способную пояснить, как образуется этот горизонт. Представим себе, что парашютист приземлился на болоте и должен добраться до твердой почвы. Болото большое, край его не ближе полукилометра. Как будет действовать парашютист, если не сможет наметить траекторию пути от начала и до конца? Человек не в состоянии запечатлеть одновременно большой участок болота, чтобы выбрать лучший путь... Да и размышлять надо поскорей — уже темнеет!

Вероятно, прежде всего человек исследует болото в заданном направлении метров на 5 или 10, наметит свой путь (от кочки до кочки)— путь этот должен быть безопасен — и сделает первый шаг. Второй шаг последует лишь после новой «подготовки» — наш парашютист вновь обследует «горизонт» на 5—10 метров (горизонт уже будет другим — он переместится) и примет решение о втором шаге и так далее, пока не выберется из болота.

Можно показать, что все приемы шахматного боя — нападение (с двух сторон), блокада (также взаимная) и отступление (обоюдное) могут попасть в первоначальное математическое отображение, составленное с учетом нападений не менее чем в четыре полухода.

Игра на уничтожение

При построении математического отображения заданного горизонта, отображения, основанного на невидимых стоимостях нападения, и анализа изменения этого отображения при разных вариантах перебора ходов, формулы 9 позволяют точно оценить возможность материальных изменений. Поскольку здесь речь идет о непосредственном нападении, об уничтожении фигур, будем такую игру называть игрой на уничтожение.

Однако это лишь одна сторона вопроса. Правда, если бы «горизонт» был беспредельным, то игра на уничтожение решала бы задачу. Но поскольку горизонт ограничен, возникает другая сторона проблемы. Как быть, если форсированная игра на уничтожение не дает определенного ответа? Или она дает ответ, но не является ли этот ответ сомнительным из-за ограничения горизонта? Полезно получить еще один критерий, который помог бы избежать грубых промахов, связанных с ограничением задачи, помог бы найти дополнительное число ходов, имеющих смысл.

Игра на изменение функций

Этот дополнительный критерий не должен вызывать существенного усложнения задачи, т. е. он должен лежать в пределах установленного горизонта (дальность этого «позиционного» горизонта не может быть иной). Здесь можно воспользоваться следующим обстоятельством.

Большинство траекторий отрицания короче предельных и не достигают горизонта Это происходит и потому, что некоторые траектории нападения являются короткими; но не столь существен этот факт, как то, что и у предельных траекторий нападения (см. формулу 7) траектории отрицания постепенно укорачиваются до исчезновения по мере перехода к α-полям, ближайшим к атакующей фигуре. Этот «неиспользованный» горизонт создает резерв, который необходимо пустить в оборот!

Вернемся теперь к примеру с парашютистом. Чтобы выбраться с места приземления, парашютист непременно постарается принять меры, увеличивающие безопасность. Для этого он возьмет свое снаряжение, посмотрит вокруг: а нет ли легкого бревнышка или тесины... Человек постарается найти способ обезопасить свою траекторию передвижения.

Так действует и шахматист. Если траектории нападения опасны (закрыты), то мастер (как парашютист) оглядывается по сторонам: а нельзя ли привлечь к игре другие фигуры, чтобы улучшить траектории (функции) нападения на неприятельские фигуры и ухудшить функции нападения на свои собственные фигуры? Это и есть так называемая «позиционная» игра.

Думаю, что эта часть теории (о позиционной игре) радикально отличается от того, что предлагалось ранее.

Примерно так же отличается в принципе игра мастера от игры слабого шахматиста.

Для траектории отрицания величина ψ_{1i} (см. формулу 5) определяется формулой (2). Здесь значение n_{ir} соответствует значению n_{rk} в формуле (3′). Если величина n_{rk} такова, что $\rho_n = 0$, то отрицающая фигура попала в математическое отображение игры на уничтожение. Если же $\rho_n = 1$, то n_{ir} настолько велико, что отрицающая фигура оказалась «вне игры». Но, может быть, эта отрицающая фигура все же способна принять участие в боевых действиях?

Расширим множество рассматриваемых отрицающих фигур за счет отстоящих на один полуход далее против того количества полуходов, что требуется для участия в игре на уничтожение, — мы имеем право это делать до тех пор, пока не будет превзойден горизонт. Тогда будет собрана информация о тех фигурах, которые пока еще не участвуют, но в будущем смогут принять участие в игре на уничтожение! При этом им, как правило, и не придется уничтожать самим, но они будут изменять траектории нападения в благоприятную сторону. Когда в траекториях нападения преобладают функции f_i α-полей со значениями, равными нулю, позиционная игра приобретает решающее значение.

Возможно, для экономии сил не следует рассматривать атаку всех α-полей траекторий нападения и отрицания. Здесь также можно наложить ограничение, например, по числу функций α-полей, для которых $f = 0$. Если q — число α-полей траекторий, для которых $f = 0$, и имеет место условие

$$q < \nu \tag{11}$$

(где ν — заданное число, ограничивающее сложность решаемой задачи), то следует рассматривать участие других фигур в атаке на эти α-поля.

Игра за изменение траектории носит такой же характер и происходит по тем же формулам, что и игра на уничтожение, с той разницей, что объектом нападения здесь является не неприятельская фигура сама по себе, а изменение функций нападения. Оценка позиционной игры происходит по формуле (11).

Отсюда можно сделать вывод — если изложенное выше соответствует истине, — что позиционная оценка мастера является несколько примитивной. Напрашивается применение современных математических методов для определения хода, соответствующего наиболее вероятному успеху. В этом случае каждому «позиционному» ходу должна, видимо, соответствовать весовая функция (число), что и позволит определить наивыгоднейший ход, и более совершенным путем, нежели это делает шахматный мастер.

«Стиль» шахматиста проявляется, в основном, в позиционной игре. Форсированную игру на уничтожение все мастера исполняют по одной методе. В позиционной же игре есть выбор: можно увеличивать число q в траекториях нападения другой стороны, не обращая внимания на «свои» функции $f = 0$ (пассивный стиль), или уменьшать число q в собственных траекториях нападения, уменьшая число q и в неприятельских траекториях нападения (активный, острый стиль) и т. д.

Типы стоимостей

Для оценки позиции весьма полезно классифицировать стоимости фигур — будем их классифицировать по близости фигур к уничтожению (снятию с доски).

В *первый тип* стоимости включим фигуры, снятые с доски. На первый взгляд это лишено смысла, но первое впечатление ошибочно. Фигуры, выбывшие из игры, «участвуют» в ней — баланс уничтоженных фигур (баланс их средних стоимостей) влияет на оценку позиции.

Примем, что *второй тип* стоимости относится к фигурам, которые при игре на уничтожение могут быть определенно уничтожены, т. е. функции траектории нападения F или θ на эти фигуры равны 1. В определении этих функций участвуют лишь те фигуры, которые попали в математическое отображение игры на уничтожение.

Третий тип стоимости определяется формально таким же образом, как и второй, с той лишь разницей, что функция τ (формула 3″) подсчитывается с учетом не только тех фигур, которые попали в математическое отображение игры на уничтожение, но и тех, которые участвуют в «позиционной» игре и попали в «позиционный» горизонт. Функции траекторий отрицания при этом равны 1, так что можно определенно ожидать, что после перемещения фигур, попавших в позиционный горизонт, функция траектории нападения также будет равна 1.

Четвертый тип стоимостей составляют стоимости, отличающиеся от третьего (и второго) типа тем, что функции траекторий нападения и отрицания не равны 1 — в ближайшем будущем нет оснований ожидать, что значение функций изменится.

За этой формальной классификацией скрываются, по мнению автора, хорошо известные понятия. Например, в комбинации суть дела состоит в том, что надо проверить, можно ли восполнить потери в стоимостях первого типа за счет перевода стоимостей второго типа — в конечном итоге анализа отображения — в первый.

Так называемая хорошо известная «позиционная жертва» возможна лишь тогда, когда есть шанс потери в стоимостях первого типа *в будущем* (а не в конце перебора полуходов!) компенсировать за счет стоимостей третьего типа — переводя их в процессе дальнейшей игры во второй, а затем и в первый типы.

Позиционная игра заключается в переводе стоимостей четвертого типа в третий (и наоборот).

Оценка позиции

Указанный знак неравенства в формуле

$$\Sigma|jN| - \Sigma|M| \geqslant \Sigma|M|\cdot F - \Sigma|jN|\cdot\theta \qquad (12)$$

говорит о небезвыгодности жертвы материала для белых, а изменение знака свидетельствует об изменении оценки в пользу черных.

Здесь те же обозначения, что и в формулах (9). Следует лишь помнить, что функции F и θ подсчитываются с учетом и позиционного горизонта. Позиционная борьба оценивается согласно формуле (11).

Окончание анализа отображения

Ранее было указано, что продолжать анализ отображения надлежит до тех пор, пока велят формулы надежды (9′) и (9″). Если в отображении не учтены фигуры, попавшие в позиционный горизонт, то трудно посоветовать что-либо иное. Но учет позиционного горизонта позволяет окончить анализ в любой момент — с учетом формул (11) и (12).

Это весьма важно: при этом можно сочетать далекий расчет при близком горизонте с коротким расчетом при далеком горизонте и лишь затем производить выбор хода.

Эту часть теории, касающуюся позиционной игры, нельзя считать законченной; здесь необходимы уточнения путем проведения необходимых экспериментов, что, впрочем, справедливо и по отношению ко всей теории.

III. ТЕХНИКА СОСТАВЛЕНИЯ ОТОБРАЖЕНИЯ

Неудачи математиков

Итак, читатель ознакомился с принципами составления и анализа математического отображения шахматной позиции. Основанный на этих принципах шахматный алгоритм является, по убеждению автора, описанием действий шахматного мастера во время игры. Мастер знает правила игры, знает, как передвигаются фигуры с одного поля доски на другое, поэтому и не возникал вопрос о составлении алгоритма передвижения фигур. Но как только понадобится перевести логический алгоритм мастера на машинный язык, возникнет проблема «обучения» машины, т. е. программирования правил передвижения фигур, ибо машина не «знает» правил игры в шахматы.

Читатель здесь может предъявить претензии к автору: не поставлен ли вопрос с ног на голову? Не следовало ли бы сначала составить алгоритм правил игры, алгоритм передвижения фигур, а затем уже перейти к логическому алгоритму, т. е. не следовало ли бы поменять местами II и III главы? Нет, не следовало — все сделано правильно! Сначала было принято, что правила игры (в том числе и способ перемещения фигур) уже известны, а затем был составлен логический алгоритм; таким образом, алгоритм правил как бы предшествовал созданию логического алгоритма... Формальное же составление алгоритма перемещения фигур, предназначенного для шахматной программы машины, до создания логического алгоритма явилось бы весьма сомнительным предприятием.

Практика — критерий истины. За последние 20 лет многие математики «обучали» машину игре в шахматы. При этом, как представляет себе автор, они сначала «обучали» машину правилам игры, а затем уже обдумывали логический алгоритм, т. е. разработку программы шахматной игры начинали с программы ходов и лишь потом переходили к созданию программы, реализующей метод игры. Результаты были слабыми.

Автор берет на себя смелость утверждать, что слабость результатов тем и объясняется, что сначала создавалась программа передвижения фигур, а затем уже логическая программа. При этом программа передвижения фигур составлялась как программа одиночных ходов. Метод передвижения фигуры на произвольно заданное поле не был изобретен. Молчаливо предполагали, что такой метод эквивалентен полному перебору шахматных позиций и потому практически неосуществим.

В этом случае, когда математики переходили к логической части программы, их действия уже были скованы. Если машина «умеет» перемещать фигуры лишь на один ход, то математическое отображение с горизонтом более чем на два полухода составить трудно. Исключение допускалось для короля — ему машина «умела» объявлять шах (нападение не более чем в четыре полухода). Иногда машину «учили» объявлять гардэ — нападать на ферзя (что также возможно в четыре полухода).

В порядке исключения машина «преодолевала» эти трудности и объявляла шах и гардэ. Но, как правило, надо полагать, математическое отображение составлялось с горизонтом не более двух полуходов, т. е. горизонт машины был на уровне горизонта начинающего шахматиста...

Поэтому на дискуссии о математическом отображении шахмат в Центральном шахматном клубе (13 мая 1966 г.) математики, критикуя логический алгоритм, изложенный в предыдущей главе, указывали как на недостаток на необходимость перемещать фигуру с одного поля доски на произвольно заданное другое — поскольку машина на это «не способна». Увы! — это свидетельствовало не о слабости обсуждавшегося логического алгоритма, а лишь о том, что машинная программа перемещения фигур являлась неудовлетворительной.

Автору посчастливилось избежать общей участи лишь потому, что он не связывал свои действия с машинной программой до тех пор, пока принципы логического алгоритма не были составлены.

Скептики, конечно, могут возразить: человек также изучает правила о перемещении фигур лишь на один ход — как же человек может составлять отображение с горизонтом более чем на два полухода? Чем же могут отличаться его действия от действий счетного устройства?

Отличаются и весьма существенно. Люди пользуются неосознанным алгоритмом, который позволяет переработать правила перемещения фигур на один ход в правила перемещения фигур с одного поля доски на любое другое. Тем и отличается квалифицированный шахматист от начинающего; начинающему, чтобы переместить фигуру с одного поля доски на другое, приходится проделать серьёзную логическую работу, а квалифицированный — действует автоматически.

Когда начинающий шахматист, только что изучив правила игры, сидит за доской, ему довольно трудно составить математическое отображение позиции, ибо задача о передвижении фигур требует логической работы. Иначе говоря, для того чтобы решить задачу о возможных перемещениях фигур, ему приходится составлять и анализировать соответствующее математическое отображение, что и позволяет принять решение о возможном передвижении фигур. Таким образом, начинающий шахматист вынужден свои «шахматные» способности делить между двумя задачами, между двумя математическими отображениями: 1) задачей о возможном перемещении фигур и 2) собственно шахматной задачей о наивыгоднейшем передвижении фигур.

Квалифицированный (опытный) шахматист действует уже иначе. Задачу о возможном перемещении фигур он решает «не думая», т. е. не составляя математического отображения. Все его «шахматные» способности заняты математическим отображением позиции и это, естественно, приводит к расширению горизонта.

Как же опытный шахматист решает задачу о передвижении фигур? Как читатель, несомненно, уже догадался, этот вопрос имеет далеко не праздный характер — он непосредственно связан с «обучением» машины мастерству в шахматах. Если машина будет решать задачу о перемещениях фигур по тому же методу, что действует мастер, то «способности» машины будут расходоваться на выбор целесообразного хода. Если же у машины значительная часть «способностей» будет связана с правилами игры — тогда дело будет обстоять хуже и горизонт станет недалеким.

Можно привести следующий пример, поясняющий суть дела. Представим себе, что участник матча на первенство мира, имеющий отложенную позицию, отправился на прогулку. Он продолжает вслепую анализировать эту позицию, составляя и анализируя математическое отображение; при этом он не различает лиц встречных прохожих и, естественно, не узнает знакомых, но он ни с кем не сталкивается! Более того, он даже перейдет улицу и по всем правилам, хотя и продолжает свой анализ... В чем же дело?

Дело в том, что задачу о передвижении своей собственной фигуры гроссмейстер решает, не загружая своего логического устройства, а как бы переключив это на «автомат». Вот так и задачу о возможном перемещении фигур опытный шахматист решает «автоматически».

Может быть, эта вспомогательная задача решается по принципу справочника, в котором на каждый вопрос (из некоторого круга вопросов) заготовлен ответ. Если надо решать задачу, многократно повторяющуюся, задачу стандартную, есть смысл решать ее не логически, а по справочному методу. Надо полагать, что так обучается человек; так, видимо, должна и машина «обучаться» правилам игры.

Штампы — кодовые таблицы

Для того чтобы составить математическое отображение заданного горизонта, необходимо умение передвигать фигуру с данного поля доски на любое другое, на которое фигура может попасть в заданное (и менее заданного) количество полуходов. При этом должны определяться поля траектории передвижения и количество полуходов, требуемых для занятия фигурой этих полей.

Если этого не может сделать устройство, играющее в шахматы, то оно не сможет и высчитать необходимые математические функции, и составить и проанализировать математическое отображение соответствующего горита.

Итак, логическому алгоритму должен соответствовать, быть его достойным, алгоритм правил игры, алгоритм «технический». В чем состоит умение человека перемещать фигуры на доске и подсчитывать количество полуходов?

Надо полагать, что эта задача решается применением «штампов» (или кодовых таблиц), определяющих перемещения фигур. Рассмотрим сначала кодовые таблицы передвижения фигур на доске, где нет препятствий. Затем рассмотрим ту же задачу, но с учетом краевого эффекта доски, а также с учетом препятствий на доске (наличие других фигур).

Фигуры можно поделить на две группы: 1) перемещающиеся по доске с постоянной скоростью (король, конь и пешка) и 2) способные перемещаться с переменной скоростью (ферзь, ладья и слон). Начнем нашу работу с фигур первой группы.

Король. Кодовая таблица ходов короля на свободной доске изображена на рис. 4 и состоит из $15 \times 15 = 225$ полей, заполненных числами. Принято, что исходная позиция перемещающейся фигуры соответствует полю кодовой таблицы, на котором записан нуль. Числа, расположенные на полях кодовой таблицы, указывают количество ходов, необходимое для перемещения короля с поля, помеченного нулем, на данное поле.

Примем, что король расположен на поле b2, и следует определить, во сколько ходов и по каким траекториям король может попасть на поле f7. Для этого совместим поле b2 доски с нулевым полем кодовой таблицы рис. 4 таким образом, как это указано на рис. 5. Тогда поле f7 доски совмещается с полем кодовой таблицы, помеченным числом 5. Это число 5 свидетельствует о необходимом количестве ходов. Чтобы определить траекторию движения короля, надлежит теперь совместить поле f7 доски с нулевым полем кодовой таблицы рис. 4. При этом поле b2 попадает на поле, помеченное числом 5. Естественно, что и обратная траектория состоит из пяти ходов.

Мы сделали два совмещения; каждое совмещение определяло на каждом поле доски соответствующую цифру — в результате этого каждому полю соответствуют два числа.

Траекторию движения короля с поля b2 на поле f7 будут составлять те поля, числа которых (от данного совмещения) меняются на единицу (принадлежат натуральному ряду) при том условии, что сумма двух чисел на этих

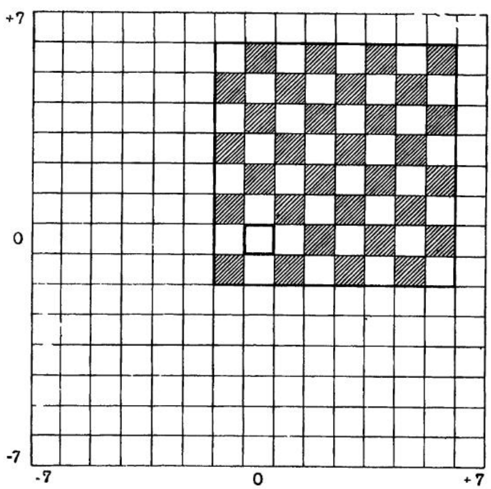
+7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7
	7	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	7
	7	6	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	6	7
	7	6	5	4	3	3	3	3	3	3	3	4	5	6	7
	7	6	5	4	3	2	2	2	2	2	3	4	5	6	7
	7	6	5	4	3	2	1	1	1	2	3	4	5	6	7
0	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7
	7	6	5	4	3	2	1	1	1	2	3	4	5	6	7
	7	6	5	4	3	2	2	2	2	2	3	4	5	6	7
	7	6	5	4	3	3	3	3	3	3	3	4	5	6	7
	7	6	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	6	7
	7	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	7
	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7
−7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	−7							0							+7

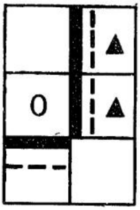
4.

Кодовая таблица ходов короля

5.

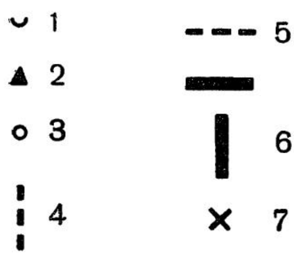
Совмещение таблицы и доски





6.

Ключ запрещения ходов короля



7.

Условные обозначения в ключе

1 — свободное поле, 2 — фигура того же цвета, 3 — фигура другого цвета, 4 — край доски вертикальный, 5 — край доски горизонтальный, 6 — запрещение хода, 7 — превращение пешки

полях (от двух совмещений) равна 5. Таких траекторий может быть несколько.

Если же почему-либо фигура при передвижении попала на поле, сумма чисел на котором равна не 5, а, скажем, 6 — это означает, что траектория, проходящая через это поле, будет требовать уже не пять, а, как минимум, шесть ходов.

Таким образом можно находить и траекторию передвижения и количество ходов (передвижений), из которых эта траектория состоит — в том случае, если нет препятствий, если доска свободна (неограничена). А как быть в тех случаях, когда доска загромождена фигурами и передвижению мешает также край доски?

Для решения этой практической задачи можно воспользоваться ключом, указанным на рис. 6 (условные обозначения — см. рис. 7). Заштрихованная черта говорит о запрещении занимать поля, расположенные за этой чертой. Черная черта на поле свидетельствует о том, что это поле находится вне доски. Черный треугольник говорит, что это поле занято фигурой того же цвета, что и король, расположенный на поле 0.

Этот ключ запрещает передвигать короля так, чтобы он занимал поля, занятые фигурами той же стороны, или двигался за пределы доски.

Вернемся теперь к примеру передвижения короля с поля b2 на поле f7 — как будет передвигаться король, если доска заставлена своими же фигурами? Чужие фигуры не внесут ничего нового и в ключе короля их нет.

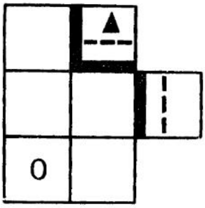
При перемещении короля на доске реальной необходим поиск, как и в условиях свободной доски. Последовательно совмещаются поля b2 и f7 с нулевым полем и находятся поля доски, на которых сумма чисел равна 5, а числа от поля до поля меняются на единицу. Все поля найденной траектории должны иметь сумму 5. Если же траектория не может быть составлена из полей с суммой 5 — из-за того, что доска заставлена своими же фигурами или влияет край доски — следует искать другие поля. Если в траектории оказывается хотя бы одно поле с суммой 6 (или более), то траектория будет состоять из шести (или более) передвижений; числа от поля до поля по-прежнему должны меняться на единицу.

Конь. Кодовая таблица ходов коня изображена на рис. 8, а ключ запрещения — на рис. 9. Ничего существенно нового по сравнению с перемещением короля не имеем. Можно только отметить, что если на свободной доске краевой эффект в случае перемещения короля лишь ограничивает число возможных полей, из которых составляется траектория, но не влияет на число перемещений (ходов),

8.

Кодовая таблица ходов коня

7	6	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	6
	5	4	5	4	3	4	3	4	3	4	3	4	5	4	5
	4	5	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	5	4
	5	4	3	4	3	2	3	2	3	2	3	4	3	4	5
	4	3	4	3	2	3	2	3	2	3	2	3	4	3	4
	5	4	3	2	3	4	1	2	1	4	3	2	3	4	5
	4	3	4	3	2	1	2	3	2	1	2	3	4	3	4
0	5	4	3	2	3	2	3	0	3	2	3	2	3	4	5
	4	3	4	3	2	1	2	3	2	1	2	3	4	3	4
	5	4	3	2	3	4	1	2	1	4	3	2	3	4	5
	4	3	4	3	2	3	2	3	2	3	2	3	4	3	4
	5	4	3	4	3	2	3	2	3	2	3	4	3	4	5
	4	5	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	5	4
	5	4	5	4	3	4	3	4	3	4	3	4	5	4	5
−7	6	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	6
	−7							0							+7



9,
Ключ запрещения ходов коня

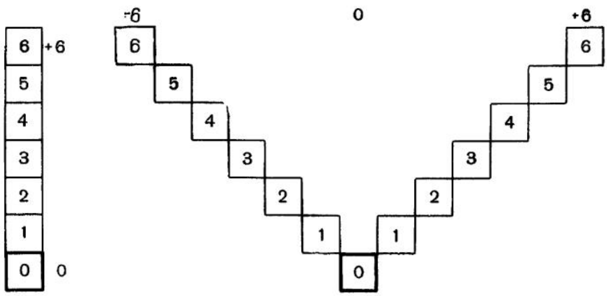
то в случае передвижения коня на свободной доске край доски влияет и на число ходов. Например, на рис. 10 изображен код ходов коня на свободной доске, когда конь расположен на b2. Кодовая таблица (рис. 8) говорит о том, что на поле a1 с поля b2 конь может попасть за два передвижения только через поля кодовой таблицы, расположенные вне доски. Если совместить поле a1 с нулевым полем кодовой таблицы, то выясняется, что из полей кодовой таблицы, помеченных числом 1, совпадают с полями доски лишь два поля, которым соответствуют поля доски b3 и c2. Но совмещение поля b2 с нулевым полем кодовой таблицы показывает, что этим полям соответствуют числа 3. Сумма чисел равна 4, поэтому поле a1 на рис. 10 и имеет число 4.

Пешка. Кодовые таблицы ходов пешки представлены на рис. 11 и 12 — всего четыре таблицы! Объясняется это тем, что белая и черная пешки двигаются по-разному (в разные стороны), кроме того, ход пешки меняется при взятии. Разным кодовым таблицам соответствуют и разные запрещающие ключи (рис. 13 и 14). Пешка — единственная фигура, обладающая ключами превращения. Отметим, что возможность двойного хода пешки с начальной позиции и взятие на проходе при составлении кодовых таблиц и ключей пешки не учитывались. Для этих двух случаев нужны свои кодовые таблицы, о которых, ради простоты, мы не говорим. Поскольку у каждой пешки две кодовые таблицы, то для составления кода ходов пешки на доске необходимо при каждом движении пользоваться двумя таблицами и тремя ключами. Понятие «свободной» доски здесь теряет во многом смысл, ибо взятие возможно лишь тогда, когда доска не свободна. Метод поиска хода, указанный для случая короля и коня, отпадает. Да этот упрощающий задачу метод здесь и не нужен — настолько примитивно движение пешки. Следует брать реальную доску и, последовательно совмещая поле расположения пешки на доске с нулевым полем кодовых таблиц и применяя при этом соответствующие ключи, составить код ходов пешки на реальной доске.

3	4	3	4	3	4	5	6
4	3	4	3	4	3	4	5
3	2	3	2	3	4	3	4
2	3	2	3	2	3	4	3
1	2	1	4	3	2	3	4
2	3	2	1	2	3	4	3
3	0	3	2	3	2	3	4
4	3	2	1	2	3	4	3

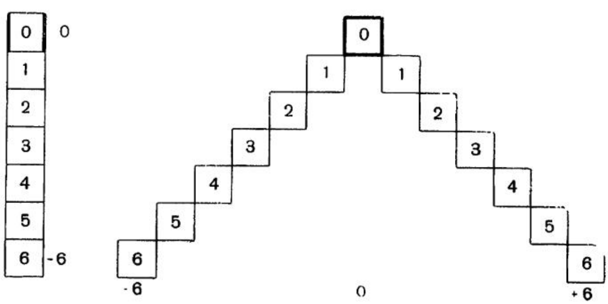
10.

Код ходов коня на доске



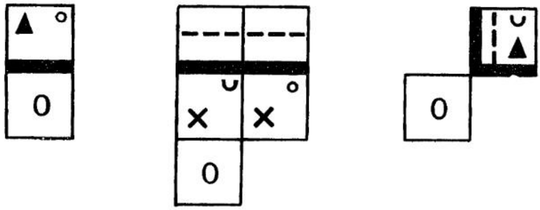
11.

Кодовые таблицы ходов белой пешки

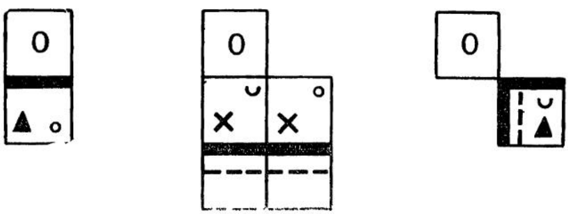


12.

Кодовые таблицы ходов черной пешки



13.
Ключи запрещения ходов и превращения белой пешки



14.
Ключи запрещения ходов и превращения черной пешки

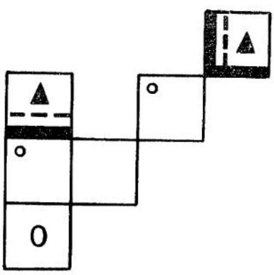
Ферзь. Это уже принципиально иная задача, ибо ферзь принадлежит к группе дальнобойных фигур, которые за один ход могут проследовать через всю доску (появляются поля типа β). Они могут перемещаться с разной скоростью. Дальнобойность этих фигур приводит к тому, что на кодовой таблице для свободной доски (см. рис. 15) нет полей с числом более 2. Когда при этом рассматривается реальная доска, то метод, указанный для случаев короля и коня, здесь неприменим в чистом виде, ибо трудно определить число ходов, необходимых для передвижения ферзя (например, равное 5), если на кодовой таблице нет полей с числом более 2.

Чтобы несколько упростить задачу о перемещении ферзя (и других дальнобойных фигур) на реальной доске, ограничимся поиском траектории в три хода. Между прочим, это совсем не так «мало», как это может показаться на первый взгляд. Эксперимент, который будет

+7	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1
	2	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	1	2
	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2
	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2
	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	2
	2	2	2	2	2	1	2	1	2	1	2	2	2	2	2
	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2
0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2
	2	2	2	2	2	1	2	1	2	1	2	2	2	2	2
	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	2
	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2
	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2
	2	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	1	2
−7	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1
	−7							0							+7

15.

Кодовая таблица ходов ферзя



16.

Ключ запрещения ходов ферзя

2	1	2	2	2	2	2	2
2	1	2	2	2	2	2	2
2	1	2	2	2	▲	2	2
2	1	2	2	1	2	2	2
2	1	2	1	2	2	2	2
1	1	1	1	2	2	2	2
1	0	1	1	▲	2	2	2
1	1	1	2	2	2	2	2

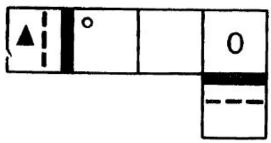
17.

Код ходов ферзя на доске

+7	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2
	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2
	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2
	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2
	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2
	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2
	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2
0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2
	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2
	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2
	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2
	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2
	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2
-7	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2
								0							+7

18.

Кодовая таблица ходов ладьи



19.

Ключ запрещения ходов ладьи

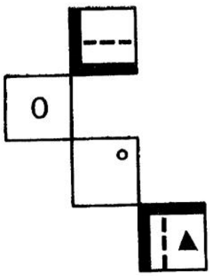
произведен далее, покажет, что в сложных позициях гроссмейстеры ограничиваются передвижениями фигур и в два хода.

Трехходовую траекторию можно отыскивать по следующему методу. 1) Совмещаем поле b2 доски с нулевым полем кодовой таблицы и отмечаем поля с числами 1. При этом надо пользоваться ключом рис. 16. Поля доски, оказавшиеся за заштрихованной чертой, будут без чисел. 2) Совмещаем поле f7 доски с нулевым полем кодовой таблицы и производим ту же операцию. Тогда мы получаем два множества полей с числами 1. 3) Совмещаем последовательно эти поля первого множества с нулевым полем и фиксируем третье множество полей с числами 1. 4) Если поля третьего множества совпадают с полями второго мно-

+7	1		2		2		2		2		2		2		1
		1		2		2		2		2		2		1	
	2		1		2		2		2		2		1		2
		2		1		2		2		2		1		2	
	2		2		1		2		2		1		2		2
		2		2		1		2		1		2		2	
	2		2		2		1		1		2		2		2
0		2		2		2		$\boxed{0}$		2		2		2	
	2		2		2		1		1		2		2		2
		2		2		1		2		1		2		2	
	2		2		1		2		2		1		2		2
		2		1		2		2		2		1		2	
	2		1		2		2		2		2		1		2
		1		2		2		2		2		2		1	
-7	1		2		2		2		2		2		2		1
	-7							0							+7

20.

Кодовая таблица ходов слона



21.

Ключ запрещения ходов слона

жества, то совпадающие поля и включаются в траекторию, составленную из трех ходов ферзя. Метод этот универсален, он может быть распространен и на передвижение короля и коня и, несколько забегая вперед, скажем, что его можно распространить и на передвижение ладьи и слона.

В случае траектории из двух ходов дело обстоит проще. На рис. 17 изображен код ходов ферзя с поля h2 на реальной доске, где поля e2 и f6 заняты фигурами того же цвета. Тогда на полях f6, g7, h8, e2, f2, g2 и h2, где на свободной доске были числа 1, обстановка меняется. Поля f6 и e2 — вообще под запретом, а на полях g7, h8, f2, g2 и h2 появляются числа 2, в чем легко убедиться, если воспользоваться указанным способом совмещения множеств полей.

Ладья. В этом случае надлежит пользоваться кодовой таблицей рис. 18 и ключом рис. 19. Метод определения траектории из трех передвижений тот же, что и для ферзя.

Слон. Этому случаю соответствуют таблица рис. 20 и ключ рис. 21. Метод работы тот же, что для ферзя и ладьи.

Итак, уважаемый читатель, мы научились с вами передвигать фигуры с любого поля доски на другое [1], если для этого требуется не более трех ходов. Это уже незаурядное достижение, если принять во внимание, что электронная машина — как это утверждают математики — «умеет» передвигать фигуры лишь на один ход... Поскольку мы умеем решать задачу о возможном ходе, а задача о варианте, имеющем смысл, была решена уже ранее (см. главу II), то можно переходить к проверке изложенного алгоритма.

[1] *За исключением движения пешки на два поля, что уже отмечалось ранее; также не рассмотрена рокировка.*

IV. ЭКСПЕРИМЕНТ

Рассмотрим в качестве примера игры на уничтожение позицию из известной партии Ботвинник — Капабланка (Роттердам, 1938 г.). Комбинация, проведенная в этой партии, вызвала в свое время восхищение знатоков. Эта комбинация элементарным путем неизбежно определяется указанным выше методом.

В позиции на рис. 22 очередь хода за белыми. Составим *отображение на один полуход*.

Прежде всего надлежит решить задачу техническую — определить все нападения белых в один полуход. Иначе говоря, надо определить все передвижения белых фигур на один ход.

Чтобы не утомлять читателя этой скучной работой, определим лишь самое трудное — перемещения белого ферзя. Совмещая поле e5 доски с нулевым полем кодовой таблицы рис. 15 и используя ключ рис. 16, получаем код ходов ферзя — см. рис. 23. Из рассмотрения кода следует, что лишь на двух полях доски (d5 и f6) с числами 1 расположены неприятельские фигуры. Поэтому в математическое отображение на один полуход попадают лишь два хода ферзя (из 27 возможных теоретически на свободной доске).

Нетрудно убедиться, что никаких других взятий в один полуход нет. Итак, мы вправе составить первое математическое отображение.

Стоимости:

Фe5 — ;Kf6·0 (1)·1 (e5)·1 (f6) — ;Пd5·0 (1)·1 (e5)·1 (d5).

Выражение 0 (1) соответствует функции ψ. Эта функция равна нулю. Единица в скобках свидетельствует о том, что остался один полуход до значения $\psi = 1$.

Выражение 1 (e5) и т. д. соответствует значению функции $f = 1$ поля e5 траектории нападения. Поскольку игра на один полуход, все функции α-полей траектории нападения равны 1, а траектории отступления отсутствуют.

Рассмотрению (перебору) подлежат только те ходы, которые соответствуют отображению, т. е. траекториям передвижения фигур. Таких ходов всего два: 1. Ф : f6 и 1. Ф : d5. Рассмотрим эти возможности поочередно.

1) 1. Фe5 : f6.

Собственно говоря, теперь мы обязаны вновь определить все взятия в один полуход, что и даст нам возможность учесть изменения и продолжить анализ математического отображения. Читатель уже заметил, вероятно, что определение возможных ходов, составление и анализ отображения — единый процесс «мышления» устройства, играющего в шахматы. Но поскольку читатель уже убедился, что отыскание возможного перемещения фигуры на один ход — задача элементарная, то будем пропускать эту операцию, пока не столкнемся с необходимостью составления отображения на три полухода, когда потребуется передвигать фигуры на два хода.

Появляются новые стоимости:

jКрg7 — Фf6·0 (1)·1 (g7)·1 (f6)
jФe7 — Фf6 ·0 (1)·1 (e7)·1 (f6) — Пe6·0 (1)·1 (e7)·1 (e6)
jКb3 — Пd4·0 (1)·1 (b3)·1 (d4)

Итак, на ход 1. Ф : f6 возможны три ответа:

1... Кb3 : d4. Можно не составлять новые стоимости, ибо формула (9″) дает $|j\text{Кf6}| > |\text{Пd4}| \cdot 1 \cdot 1$, т. е. $3 > 1$ и вариант 1. Ф : f6 К : d4 черным невыгоден.

1... Фe7 : f6. Новых стоимостей белых нет. Формула (9′) свидетельствует $|j\text{Кf6}| - |\text{Фf6}| < 0$, $3 - 9 < 0$ и вариант невыгоден белым.

1... Крg7 : f6. Оценка та же, что при 1... Ф : f6.

Итог: варианты 1. Ф : f6 Ф : f6 и 1. Ф : f6 Кр : f6 в пользу черных и ход 1. Ф : f6 отвергается.

2) 1·Фe5 : d5

Новые стоимости:

jФe7 — Пe6 ·0 (1)·1 (e7)·1 (e6)
jКf6 — Фd5·0 (1)·1 (f6)·1 (d5)
jКb3 — Пd4·0 (1)·1 (b3)·1 (d4)

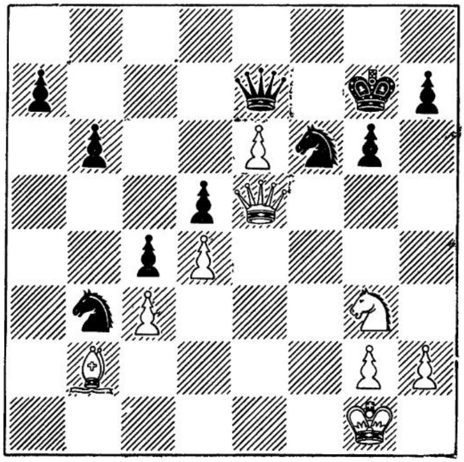
Итак, на ход 1. Ф : d5 у черных вновь три ответа.

1. . . Кb3 : d4. Новые стоимости:

Фd5 — jКd4·0 (1)·1 (d5)·1 (d4) — jПc4·0 (1)·1 (d5)·1 (c4)

В случае 2. Фd5 : d4 появляется стоимость:

jФe7 — Пe6·0 (1)·1 (e7)·1 (e6)

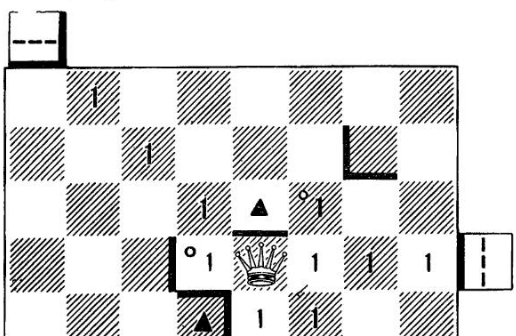


22.

Позиция из партии Ботвинник — Капабланка

23.

Код ходов ферзя с поля е5 в исходной позиции рис. 22



Формула (9″) дает $|j\text{П}d5 + j\text{К}d4| - |\text{П}d4| > |\text{П}e6| \cdot 1 \cdot 1$, т. е. $3 > 1$, вариант 1. Ф : d5 К : d4 невыгоден черным.

1 . . . Фe7 : e6. Новые стоимости:

$$\text{Ф}d5 - j\text{П}c4 \cdot 0\ (1) \cdot 1\ (d5) \cdot 1\ (c4) - j\text{Ф}e6 \cdot 0\ (1) \cdot 1\ (d5) \cdot 1\ (e6)$$

Достаточно рассмотреть 2. Ф : e6, после чего возникает одна стоимость:

$$j\text{К}b3 - \text{П}d4 \cdot 0\ (1) \cdot 1\ (b3) \cdot 1\ (d4)$$

Формула (9″) свидетельствует $|j\text{П}d5 + j\text{Ф}e6| - |\text{П}e6| > |\text{П}d4| \cdot 1 \cdot 1$, т. е. $8 > 1$ и вариант невыгоден черным.

1 . . . Кf6 : d5. Новых стоимостей нет.

Формула (9″) дает $|j\text{П}d5| - |\text{Ф}d5| < 0$, $1 - 8 < 0$ и вариант 1. Ф : d5 К : d5 невыгоден белым, так что ход 1. Ф : d5 отвергается.

Итак, при отображении на один полуход все варианты в пользу черных! Поэтому составим *отображение на два полухода*. Стоимости:

$$\text{Ф}e5 - j\text{К}f6 \cdot 0\ (1) \cdot 1\ (e5) \cdot [1\ (f6) + (0-1) \cdot 1\ (j\text{Ф}e7) \cdot 1\ (f6)] \cdot \frac{1}{(j\text{К}pg7)}.$$

$$- j\text{П}d5 \cdot 0\ (1) \cdot 1\ (e5) \cdot [1\ (d5) + (0-1) \cdot 1\ (j\text{К}f6) \cdot 1\ (d5)]$$

$$j\text{Ф}e7 - \text{П}e6 \cdot 0\ (2) \cdot 1\ (e7) \cdot 1\ (e6) \cdot [1-0\ (e7)]$$

$$j\text{К}b3 - \text{П}d4 \cdot 0\ (2) \cdot 1\ (b3) \cdot 1\ (d4) \cdot [1-0\ (d5)]$$

Для составления выражений в квадратных скобках, входящих в невидимые стоимости Фe5, использована формула (7). Фигуры, стоящие здесь в круглых скобках (jФe7) и (jКpg7) — отрицающие фигуры. Выражения [1—0 (e7)] и [1—0 (d5)] составляют траектории отступления — см. формулу (7). Выражение $\frac{1\ (j\text{Ф}e7)}{1(j\text{К}pg7)}$ говорит о двойном отрицании, что можно записывать как 0^2.

У белых по-прежнему два хода:

1) 1. Фe5 : d5

Новые стоимости:

$$\text{Ф}d5 - j\text{П}c4 \cdot 0\ (2) \cdot [1\ (d5) + (0-1) \cdot 1\ (j\text{К}f6) \cdot 1(d5)] \cdot 1(c4) \cdot [1-0\ (c3)]$$

$$j\text{Ф}e7 - \text{П}e6 \cdot 0\ (1) \cdot 1\ (e7) \cdot \{1\ (e6) + (0-1) \cdot [1(\text{Ф}d5) + (0-1) \cdot 1\ (j\text{К}f6) \cdot 1\ (d5)]\}$$

$$j\text{К}f6 - \text{Ф}d5 \cdot 0\ (1) \cdot 1\ (f6) \cdot 1\ (d5)$$

$$j\text{К}b3 - \text{П}d4 \cdot 0(1) \cdot 1(b3) \cdot [1\ (d4) + (0-1) \cdot 1\ (\text{П}c3) \cdot 1\ (d4)]$$

После возможности 1. . . Кр : d5, диктуемой отображением, формула (9′) дает | jПd5 | $<$ | Фd5 | · 1 · 1 · , 1 $<$ 9 и ход 1. Ф : d5 забраковывается.

2) 1. Фе5 : f6

Иная возможность и иные стоимости:

Фf6 — jКрg7 · 0 (2) · [1 (f6) + (0—1) · 1 (jФе7) · 1 (f6)] · 1 (g7) ·
1(jКрg7)
— jФе7 · 0 (2) · [1 (f6) + (0—1) · 1 (jФе7) · 1 (f6)] · 1 (e7)
1 (jКрg7)

jФе7 — Фf6 · 0 (1) · 1 (e7) · 1 (f6) — Пе6 · 0 (1) · 1 (e7) ·
· {1 (e6) + (0—1) · [1 (Фf6) + (0—1) · 1(jФе7) · 1 (f6)] · 1 (e6)}
1(jКрg7)

jКрg7 — Фf6 · 0 (1) · 1 (g7) · 1 (f6)

При обязательно подлежащих рассмотрению ответах 1 . . . Ф : f6 и 1 . . . Кр : f6 формула (9′) гласит | jКf6 | $<$ $<$ | Фf6 | · 1 · 1, или 3 $<$ 9, т. е. вариант невыгоден белым.

Игра на два полухода также не вносит ничего нового.

Итак, надо двигаться дальше и составить отображение на три полухода, где фигуры должны передвигаться на два хода. Это задача более трудная, нежели умение передвигать фигуры на один ход. Поэтому интересно проверить, как происходит отыскание возможных ходов... Начнем работу с белого ферзя.

Чтобы определить возможность взятия ферзем неприятельской фигуры за два перемещения, необходимо составить код ходов ферзя на доске в одно передвижение с поля е5, а затем такие же коды с полей, где расположены все неприятельские фигуры. Если поля из множества полей с числом 1 кода при положении ферзя на е5 совпадают с полями из другого множества полей с числом 1 при положении ферзя на поле расположения неприятельской фигуры, то эта фигура может быть уничтожена за два хода и это нападение попадает в математическое отображение.

Код ходов ферзя с поля е5 известен (рис. 23). Теперь надо составлять коды ходов ферзя с полей, где стоят неприятельские фигуры.

Составим эти коды для позиции ферзя на полях g7 и е7 — иначе говоря, выясним, возможно ли нападение ферзя е5 на короля g7 и ферзя е7 за два перемещения.

Код для поля g7 изображен на рис. 24. Сравнивая полученное множество полей с числом 1 с множеством рис. 23, видим, что совпадает лишь одно поле с числом 1 — это поле f6. Траектория нападения ферзя e5 на короля g7 найдена (e5 — f6 — g7) и эта траектория является единственной.

Действуя аналогичным образом для случая нападения ферзя e5 на ферзя e7 (совмещая множества полей с числами 1 рис. 23 и 25), находим три траектории нападения — через поля c7, d6 и f6.

Нет никакого смысла продолжать эту работу для других нападений, ибо работа эта несложная. Мы вправе перейти к составлению и анализу отображения. При этом вновь полезно напомнить, что эта подсобная работа, от которой мы сейчас уклонились, совершенно необходима и она составляет единое целое с составлением и анализом отображения (см. стр. 73 — отображение на три полухода).

Как увеличилось количество и качество стоимостей белых фигур! А у черных произошли лишь некоторые уточнения тех же стоимостей.

В начальной позиции у белых 27 возможных ходов. При составлении математического отображения на 3 полухода выясняется, что имеют смысл лишь 12 ходов. Теперь надлежит определить, все ли эти 12 ходов удовлетворяют формуле (9′), т. е. не приводят ли они к вариантам, лишенным смысла...

1) 1. Фe5 : f6

Не будем составлять нового отображения, хотя, строго говоря, это обязательно. Воспользуемся старым отображением, где ход 1. Ф : f6 отрицается дважды, и рассмотрим одно из отрицаний, а именно 1... Фe7 : f6. Новые стоимости белых:

$$\text{Пe6} + (\text{Фe8} - \text{Пe8})\cdot 0\ (3)\cdot[1\ (\text{e7}) + (0{-}1)\cdot 1\ (j\text{Фf6})\cdot 1\ (\text{e7})]\cdot$$
$$\cdot[1\ (\text{e8}) + (0{-}1)\cdot 1\ (j\text{Крg7})\cdot 1\ (\text{f8})\cdot 1(\text{e8})]$$
$$1\ (\text{Фf6})\cdot 1\ (\text{f8})\cdot 1\ (\text{e8})$$

$$\text{Кg3} - j\text{Фf6}\cdot 0\ (3)\cdot\begin{bmatrix}1\ (\text{h5}) + (0{-}1)\cdot 1\ (j\text{Пg6})\cdot 1\ (\text{h5})\\ 1\ (\text{e4})\ + (0{-}1)\cdot 1\ (j\text{Пd5})\cdot 1\ (\text{e4})\end{bmatrix}$$
$$\cdot 1\ (\text{f6})\cdot[1{-}1\ (\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ )]$$

$$-\ j\text{Крg7}\cdot 0\ (3)\cdot\begin{bmatrix}1\ (\text{h5}) + (0{-}1)\cdot 1\ (j\text{Пg6})\cdot 1\ (\text{h5})\\ 1\ (\text{f5}) + (0{-}1)\cdot 1\ (j\text{Пg6})\cdot 1\ (\text{f5})\end{bmatrix}$$
$$\cdot 1\ (\text{g7})\cdot[1 - 1(\ .\ .\ .\ .\ .\ )]$$

Фe5 — ȷKf6·0(1) · 1(e5) · [1(f6) + (0 — 1)·1(ȷФe7)·1(f6)]
1(ȷKpg7)

— ȷKpg7·0(3)·1(e5)· [1(f6) + (0 — 1)·1(ȷФe7)·1(f6]·1(g7)·[1 — 1(f8, g8, h8, h6)]
1(ȷKpg7)

— ȷФe7·0(3) · 1(e5) · [1(f6) + (0 — 1)·1(ȷФe7)·1(f6)]·1(e7)·[1 — 1 (. . . . .)]
1(ȷKpg7)
[1(d6) + (0 — 1)·1(ȷФe7)·1(d6)]·1(e7)·[1 — 1(. . . . .)]
[1(c7) + (0 — 1)·1(ȷФe7)·1(c7)]·1(e7)·[1 — 1(. . . . .)]

— ȷПa7·0(3) · 1(e5) ·1(b8) ·[1(a7) + (0 — 1)·1(ȷФe7)·1(a7)]·[1 — 1(a6, a5)]
[1(c7) + (0 — 1)·1(ȷФe7)·1(c7)]

— ȷПb6·0(3) · 1(e5) ·1(b8) ·[1(b6) + (0 — 1)·1(ȷПa7)·1(b6)]·[1 — 1(b5)]
[1(c7) + (0 — 1)·1(ȷФe7)·1(c7)]
[1(d6 + (0 — 1)·1(ȷФe7)·1(d6)]

— ȷПc4· 0(3) · 1(e5) · [1(d5) + (0 — 1)·1(ȷKf6)·1(d5)]·1(c4)·[1 — 0(c3)]
[1(c7) + (0 — 1)·1(ȷФe7)·1(c7)]·[1(c4) + (0 — 1)·1(ȷПd5)·1(c4)]·[1 — 0(c3)]

— ȷПd5·0(1) · 1(e5) · [1(d5) + (0 — 1)·1(ȷKf6)·1(d5)]

— ȷПg6·0(3)·1(e5) · 1(g5) ·[1(g6) + (0 — 1)·1(ȷKpg7)·1(g6)]·[1 — 0(g5)]
1(ȷПh7)
[1(f5) + (0 — 1)·1(ȷПg6)·1(f5)]
[1(h5) + (1 — 0)·1(ȷПg6)·1(h5)]

— ȷПh7·0(3) · 1(e5) · [1(h5) + (0 — 1)·1(ȷПg6)·1(h5)]·[1(h7) + (0 — 1)·1(ȷKpg7)·1(h7)]·[1 — 1(h6)]

— ȷKpg7·0(3)·1(g3) · [1(f5) + (0 — 1)·1(ȷПg6)·1(f5)]·1(g7)·[1 — 1(f8, g8, h8)]
[1(h5) + (0 — 1)·1(ȷПg6)·1(h5)]

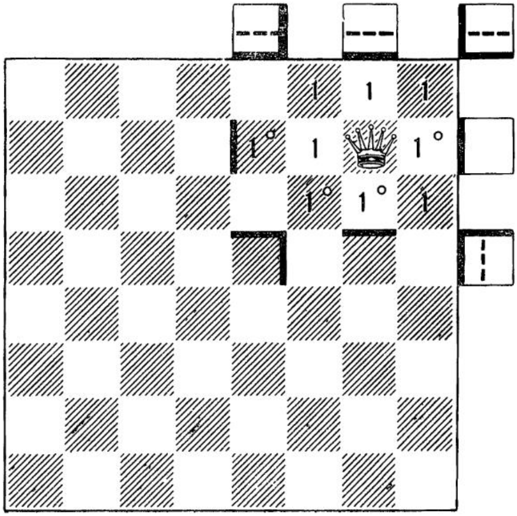
— ȷKf6·0(3) · 1(g3) · [1(h5) + (0 — 1)·1(ȷПg6)·1(h5)]·1(f6)·[1 — 1(. . . . .)]
[1(e4) + (0 — 1)·1(ȷПd5)·1(e4)]

— ȷФe7·0(3)·1(g3) · [f5) + (0 — 1)·1(ȷПg6)·1(f5)]·1(e7)·[1 — 1(. . . . .)]

Ca3 — ȷФe7·0(3)· 1(b2) · [1(a3) + (0 — 1)· 1(Фe7) ·1(a3)]·1(e7)·[1 — 1(. . . . .)]

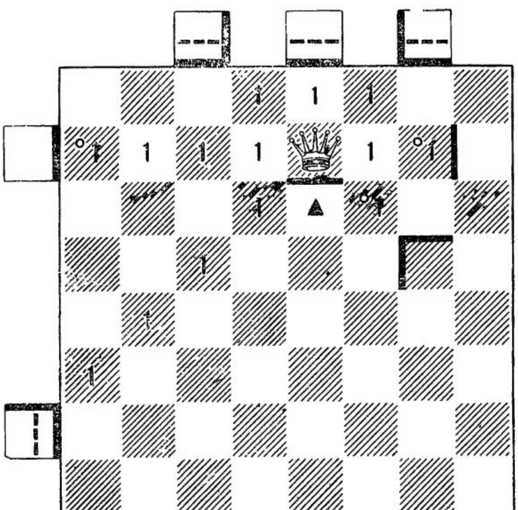
ȷKb3 — Пd4·0(2) · 1(b3) · [1(d4) + (0 — 1)· 1(Фe5) ·1(d4)]·[1 — 0(d5)]
1(Пc3) ·1(d4)

ȷФe7 — Пe6 · 0(2) · 1(e7) · [1(e6) + (0 — 1) ·1(Фe5) ·1(e6)]·[1 — 0(e7)]



24.
Код ходов ферзя с поля g7

25.
Код ходов ферзя с поля e7



Чтобы выполнить условие (9′), у белых есть лишь две возможности — 2. Kh5 и 2. Kf5. После ответов 2 . . . gh и 2 . . . gf, имеющих смысл согласно отображению, вариант, начатый ходом 1. Ф : f6, оказывается невыгодным для белых.

2) — 8)

Аналогичным путем отвергаются варианты, начинающиеся ходами 1. Фb8, 1. Фc7, 1. Фd6, 1. Ф : d5, 1. Фf5, 1. Фg5, 1. Фh5. Черные делают ходы (соответствующие отображению) и формула (9′) дает отрицательный результат.

9) 1. Kg3 — e4

В соответствии с отображением черные отвечают 1 . . . de. Аналогично случаям 1) — 8) формула (9′) свидетельствует против хода 1. Ke4.

10) 1. Kg3 — f5

Отображение «рекомендует» 1. . . gf.

Здесь у белых появится новая стоимость

$$Фe5 — j Крg7 \cdot 0(3) \cdot 1\ (e5) \cdot 1\ (g3) \cdot 1\ (g7) \cdot (1—1)$$

Итак, 2. Фg3.

В соответствии с отображением, черные могут ответить 2... Крh8. У белых есть возможности продолжать 3. Фg8, 3. Фg7, 3. Фd6, 3. Фc7 — все они будут забракованы формулой (9′) после очевидных ответов черных (по отображению). После 3. Сa3 черные могут ответить хотя бы 3 . . . ...Ф : e6 и единственное 4. Фb8 Ke8 (Kg8) бракуется формулой (9′). Остается лишь 3. Фb8, но тогда (в соответствии с отображением—читатель, вероятно, уже догадался, что мы просто не пишем тех новых стоимостей, что неизбежно появляются) 3 . . . Ke8 4. Фe5 Фf6 — белые не могут поддерживать благоприятный знак неравенства в формуле (9′).

11) 1. Kg3 — h5

По отображению должно последовать 1 . . . gh. Пока формула (9′) свидетельствует о том, что надо продолжать перебор ходов, ибо $\gamma = +1$ (у невидимой стоимости нападения ферзя e5 на короля g7), поскольку пешка g6 устранена и появилась новая стоимость

$$Фe5 — j Крg7 \cdot 0\ (3) \cdot 1\ (e5) \cdot 1\ (g5) \cdot 1(g7) \cdot [1—1(f8,\ h8)]$$

Итак, 2.Фg5 и один ответ 2 . . . Крh8 (2 . . . Крf8 не будем рассматривать, ибо после 3. Са3 Ф : а3 дело сводится к перебору 12, что приведено далее).

Теперь белым никак не поддержать благоприятное значение формулы (9′)—например, 3. Са3 Ф : е6 и т. д.

Еще надлежит рассмотреть ход, соответствующий отображению и поддерживающий благоприятное значение формулы (9′), а именно 2. Са3 (после 1. Кh5 gh). Тогда 2 . . . Фе8 (2 . . . Ф : а3 рассмотрено далее), и нетрудно убедиться, что перебор неизбежно заканчивается в пользу черных.

Итак, остается последний ход в начальной позиции

12) 1. Сb2 — а3

Здесь у черных (см. позицию на рис. 26) несколько ответов: ходы 1 . . . Ф : е6, 1 . . . Фс7, 1 . . . Кс5, 1 . . . ...К : d4, 1 . . . Кg4 и 1 . . . Кd7 отвергаются незамедлительно — строится новое отображение и применяется условие (9″). А вот ходы 1. . . Фb7, 1 . . . Фd8, 1 . . . Фе8 и 1 . . . Ф : а3 полезно рассмотреть.

1. . . Фb7.

У белых несколько возможностей. Путем построения отображения и пользуясь условием (9′), можно найти два выгодных продолжения, например 2. Сf8 и 2. Кh5. Эти ходы обязательно подлежат рассмотрению, ибо они включены в отображение.

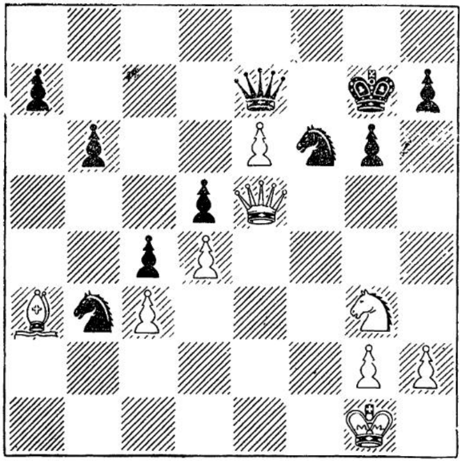
Для экономии места рассмотрим лишь 2. Кh5. Ход удовлетворяет условию (9′), ибо после взятия коня h5 появляется новая невидимая стоимость у ферзя е5, а именно

$$-\, j\text{Кр}g7 \cdot 0\ (3) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1\ (1-1)$$

$$\text{и}\quad -\,|\,\text{К}h5\,| > -(1-\theta)\cdot|\,j\text{Кр}g7\,|\cdot\gamma.$$

Итак, 2 . . . gh 3. Фg5 Крh8 4. Ф : f6 Фg7 5. Фd8 Фg8 6.е7. У черных все ходы единственные. 1 . . . Фb7 ведет к выгоде белых.

Аналогично оценивается 1 . . . Фd8 и 1 . . . Фе8. Вообще можно оценить, что три хода 1 . . . Фb7, 1 . . . Фе8 и 1 . . . ...Фd8 приводят к улучшению невидимых стоимостей в отображении на три полухода у Са3 и Пе6; при 1 . . . Фе8 и 1 . . . Фb7 — также и к улучшению невидимой стоимости Фе5.

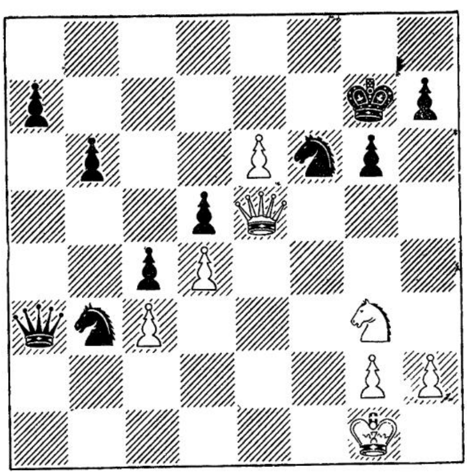


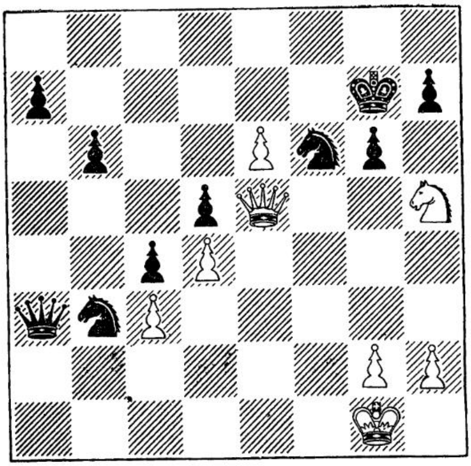
26.

Позиция после хода 1. Са3

27.

Позиция после хода 1... Ф : а3



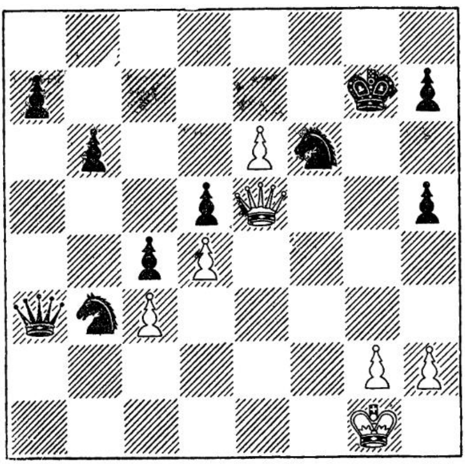


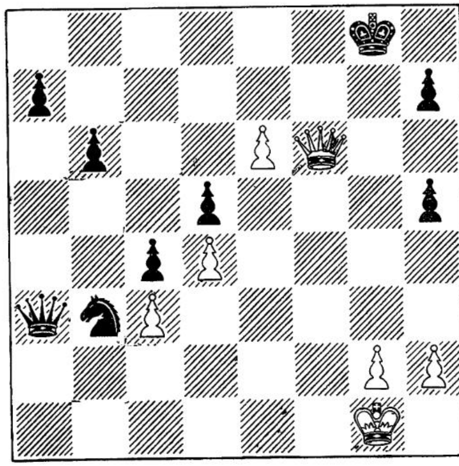
28.

Позиция после хода 2. Kh5

29.

Позиция после хода 2... gh





30.
Позиция после хода 4... Крg8

Поэтому рассмотрим

1 . . .Ф : а3 (см. позицию на рис. 27).

Из возможностей 2. Фс7, 2. Фd6, 2. Ф : f6, 2. Кf5 и 2. Кh5 рассмотрим 2. Кh5 (см. позицию на рис. 28).

У черных один ответ: 2 . . . gh (см. позицию на рис. 29).

И далее белые играют в соответствии с отображением на три полухода — у черных находятся единственные ответы:

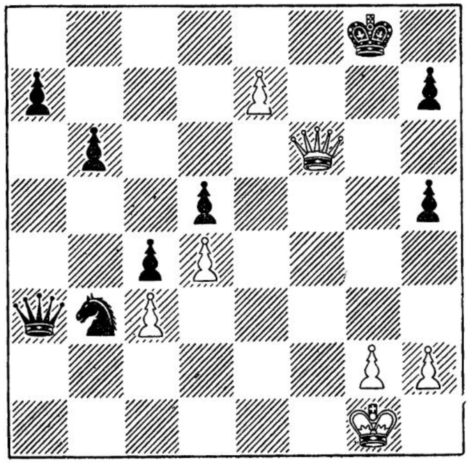
3. Фg5 Крf8 (или Крh8) 4. Ф : f6 Крg8 (см. позицию на рис. 30).

Разветвление перебора 4 . Кре8 5. Фf7 Крd8 6. Фd7 легко находится обычным путем и исключается. Далее 5. е7 (см. позицию на рис. 31).

Условие (9′) дает

$$-|\mathit{П}+\mathit{К}|>-|\text{е8Ф}-\text{Пе8}|\cdot 1\cdot 1$$

и, чтобы создать соответствующее (9″) благоприятное неравенство, черные обязаны напасть на белого короля. Поэтому обязательно 5... Фс1 6. Крf2 Фс2 (Фd2) 7. Крg3 Фd3 (Фе3) 8. Крh4 Фе4 (Фе1) 9. Кр : h5 Фе2 (см. позицию на рис. 32).

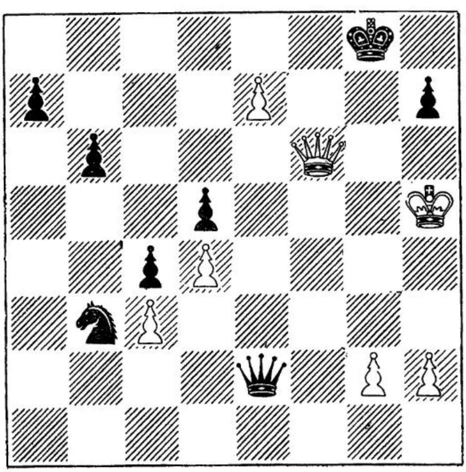


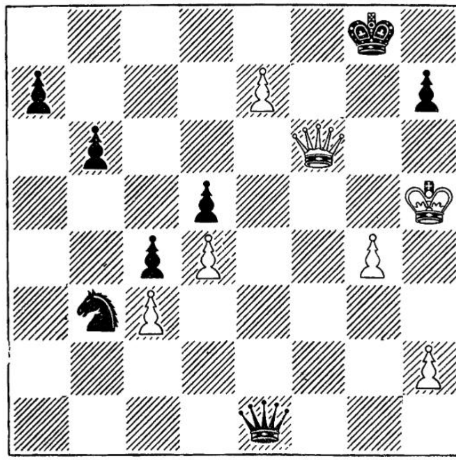
31.

Позиция после хода 5. е7

32.

Позиция после хода 9... Фе2





33.
Позиция после хода 12. Kph5

Можно указать, что ни в один момент черные не могли играть Фg6 (нападая на ферзя белых), ибо после размена ферзей черные теряли свой последний шанс — угрожать королю белых, т. е. вводить в правую часть неравенства (9″) член $(1 - F)\cdot|\text{Кр}|\cdot\gamma = 200$.

Здесь возможно разветвление. Достаточно рассмотреть 10. Крh4 Фe4 11. g4 Фe1 12. Крh5 (см. позицию на рис. 33).

Далее знак $<$ в неравенстве (9″) черные поддерживать не могут, этот знак неизбежно изменяется на знак $>$, и партия кончена, ибо, как только очередь хода за белыми, в три полухода уничтожается черный король.

Читатель, несомненно, заметил, что не были написаны как все невидимые стоимости, так и все формулы — это было сделано для экономии места. Следует также отметить, что в математическое отображение не были включены β-поля рассматриваемых траекторий. Это было сделано для упрощения картины и экономии места. В данном случае это упрощение оказалось несущественным.

V. ПРИМЕРЫ ДЛЯ АНАЛИЗА

Приведенные здесь 60 позиций, да простит мне читатель, взяты в основном из моей практики.

Дебют

№	ход	
1.	б	Б. Кре1, Фf3, Ла1, h1, Сс1, с4, Кс3, g1, Па2, b2, с2, d2, d5, g2, h2 (15). Ч. Кре8, Фd8, Ла8, h8, Сс8, d6, Кb8, f6, Па7, b7, с6, f7, f4, g7, h7 (15).
2.	б	Б. Кре1, Фе2, Ла1, h1, Сс1, с4, Кb1, f3, Па2, b2, с2, d2, g2, h2 (14). Ч. Крf8, Фd8, Ла8, h8, Сс8, d6, Кb8, f6, Па7, с6, f4, f7, g7, h7 (14).
3.	б	Б. Кре1, Фd1, Ла1, h1, Сс1, с4, Кb1, f3, Па2, с3, d4, е4, f2, g2, h2 (15). Ч. Кре8, Фd8, Ла8, h8, Са5, с8, Кс6, g8, Па7, b8, с7, d6, е5, f7, g7, h7 (16).
4.	б	Б. Крg1, Фd1, Ла1, е1, Сb3, с1, Кb1, f3, Па2, b2, с3, d2, е4, f2, g2, h3 (16). Ч. Крg8, Фd8, Ла8, f8, Сс8, е7, Кс6, f6, Па6, b5, с7, d6, е5, f7, g7, h6 (16).
5.	б	Б. Крg1, Фd1, Ла1, е5, Сb3, е1, Кb1, Па2, b2, с3, d2, f2, g2, h2 (14). Ч. Крg8, Фd8, Ла8, f8, Сс8, е7, Кd5, Па6, b5, с6, f7, g7, h7 (13).
6.	б	Б. Крg1, Фd1, Ла1, f1, Сb3, с1, Ке2, g3, Па2, b2, с2, d4, f4, g2, h2 (15). Ч. Кре8, Фd7, Ла8, h8, Сf8, g6, Кb6, f6, Па7, b7, с6, е6, f7, g7, h7 (15).

№	ход	
7.	б	Б. Кре1, Фd1, Ла1, h1, Се3, f1, Кс3, Па2, b2, c4, e4, f2, g2, h2 (14). Ч. Кре8, Фd8, Ла8, h8, Сс8, g7, Кd4, Па7, b7, d7, e5, f7, g6, h7 (14).
8.	ч	Б. Кре1, Фd1, Ла1, h1, Сс1, f1, Кс3, f3, Па2, b2, c2, d4, e5, f4, g2, h4 (16). Ч. Крg8, Фd8, Ла8, f8, Сс8, g7, Кb8, d7, Па7, b7, c7, d6, e7, f7, g6, h7 (16).
9.	б	Б. Крd1, Фh5, Ла1, h1, Сс1, f1, Кg1, Па3, c2, c3, e5, f2, g2, h2 (14). Ч. Крd8, Фс7, Ла8, g8, Сd7, Кb8, e7, Па7, b7, d4, d5, e6, f5 (13).
10.	ч	Б. Кре1, Фd1, Ла1, h1, Сf1, f4, Кс3, g1, Па2, b2, d4, e3, f2, g4, h2 (15). Ч. Кре8, Фd8, Ла8, h8, Се7, f5, Кb8, g8, Па7, b7, c6, d5, f7, g7, h7 (15).
11.	ч	Б. Кре1, Фd1, Ла1, h1, Сb5, f4, Кс3, f3, Па2, b2, d4, e3, f2, g2, h2 (15). Ч. Кре8, Фd8, Ла8, h8, Сf5, f8, Кс6, f6, Па7, b7, d5, e6, f7, g7, h7 (15).
12.	ч	Б. Кре1, Фd1, Ла1, h1, Сс1, d3, Кс3, f3, Па2, b2, d5, e4, f2, g2, h2 (15). Ч. Кре8, Фd8, Ла8, h8, Сс8, f8, Кd7, f6, Па6, b5, c5, e6, f7, g7, h7 (15).
13.	ч	Б. Кре1, Фd1, Ла1, h1, Сс1, g2, Кс3, g1, Па2, b2, c4, d3, e4, f2, g3, h2 (16). Ч. Крg8, Фd8, Ла8, e8, Сс8, b4, Кb8, f6, Па7, b7, c7, d7, e5, f7, g7, h7 (16).
14.	ч	Б. Кре1, Фа4, Ла1, h1, Сf1, Кс3, g5, Па2, b2, d4, d5, e2, f2, g2, h2 (15). Ч. Кре8, Фd8, Ла8, h8, Сс8, g7, Кb8, Па7, b7, c7, e6, f7, g6, h7 (14).

№ ход

15. ч
Б. Кре1, Фh6, Ла1, h1, Сс1, f1, Кg1, Па3, с3, с4, d4, е3, f2, g2, h2 (15).
Ч. Кре8, Фd8, Ла8, h8, Сс8, Кb8, е4, Па7, b7, с7, d7, е6, f5, g6, h7 (15).

16. ч
Б. Кре1, Фd1, Ла1, h1, Сb2, с4, Кg1, Па3, с3, d4, е3, f2, g2, h2 (14).
Ч. Кре8, Фd8, Ла8, f8, Сс8, Кb8, f6, Па7, b7, с5, е6, f7, g7, h7 (14).

17. ч
Б. Крg1, Фd1, Ла1, f1, Се3, g2, Кс3, f3, Па2, b2, с4, d4, е4, f2, g3, h2 (16).
Ч. Крg 8, Фd8, Ла8, f8, Сс8, g7, Кd7, f6, Па7, b7, с6, d6, е5, f7, g6, h7 (16).

18. б
Б. Кре1, Фd1, Ла1, h1, Се3, f1, Кс3, g1, Па2, b2, с4, d4, е4, f3, g2, h2 (16).
Ч. Крg8, Фd8, Ла8, f8, Сс8, g7, Кb8, f6, Па7, b6, с7, d6, е7, f7, g6, h7 (16).

19. ч
Б. Крg1, Фd1, Ла1, f1, Сс1, g2, Кd2, f3, Па2, b2, с4, d4, е2, f2, g3, h2 (16).
Ч. Крg8, Фd8, Ла8, f8, Сс8, е7, Кb8, f6, Па7, b7, с7, d5, е6, f5, g7, h7 (16).

20. б
Б. Крg1, Фd1, Ла1, f1, Сс1, g2, Кс3, f3, Па2, b2, с4, d4, е2, f2, g3, h2 (16).
Ч. Крg8, Фd8, Ла8, f8, Сb7, е7, Кb8, е4, Па7, b6, с7, d7, е6, f7, g7, h7 (16).

Середина

21. ч
Б. Крf1, Фс2, Лd1, h1, Сf4, Кс3, Па2, b3, с4, d4, е2, f3, g3, h4 (14).
Ч. Крg8, Фg6, Ла8, f8, Сb4, Сd7, Па7, b7, с6, d5, е4, е6, g7, h7 (14).

22. ч
Б. Кре3, Лс1, g4, Са7, Кс2, Па2, d4, е5, g2, h2 (10).
Ч. Кре8, Лс8, h8, Сd7, Кd2, Пс3, f7, g5, h6 (9).

№ ход

23. б
Б. Крg1, Фe2, Лc1, d1, Cb3, Кc3, e5, Пa2, b2, d4, f3, g2, h2 (13).
Ч. Крg8, Фd8, Лc8, f8, Cb7, Кe7, f6, Пa7, b6, e6, f7, g7, h7 (13).

24. б
Б. Крg1, Лd1, f2, Cg2, Пa4, b3, e5, f4, g3, h4 (10).
Ч. Крg8, Лd4, Cd3, e7, Пa7, b4, c2, e6, f5, g7, h7 (11).

25. ч
Б. Крg1, Фd2, Лc1, d1, Ce3, Кc3, Пa2, c2, c5, d5, f4, g2, h2 (13).
Ч. Крg8, Фa5, Лa8, d8, Cg7, Кf6, Пa7, b7, f3, f7, g6, h7 (12).

26. ч
Б. Крg1, Фc2, Лa1, f1, Cf4, Кc3, c4, Пa2, b2, d4, e3, f2, g3, h2 (14).
Ч. Крg8, Фb7, Лa8, d8, Ce7, Кc6, f6, Пa7, b6, c7, e6, f7, g7, h7 (14).

27. б
Б. Крg1, Фe2, Лa1, f1, Cb2, d3, Кd1, e5, Пa2, c4, d4, f4, g2, h2 (14).
Ч. Крg8, Фc7, Лa7, d8, Cb7, e7, Кf6, f8, Пa6, b6, e6, f7, g7, h7 (14).

28. б
Б. Крg2, Фf3, Лd1, d3, Кc3, Пa4, b3, c4, d4, e5, g3, h2 (12).
Ч. Крg8, Фe7, Лd7, e8, Cg5, Пa7, b7, c6, e6, f5, g7, h7 (12).

29. б
Б. Крg1, Фe4, Лa1, e1, Cf3, Пa2, c3, c4, d4, e3, f2, g2, h2 (13).
Ч. Крg8, Фf6, Лa8, e8, Кc6, Пa7, b7, c5, d6, e5, f7, g7, h6 (13).

30. б
Б. Крg1, Фc2, Лc1, Кf3, Пa2, b2, d4, f2, g2, h2 (10).
Ч. Крg8, Фe7, Лf8, Кb8, Пa6, b6, d5, f7, g7, h7 (10).

31. б
Б. Крg1, Фd2, Лa1, e1, Пc2, c3, d4, f2, g4, h3 (10).
Ч. Крc8, Фc7, Лf4, Cc6, Пa6, b7, d5, e4, e6, g7, h7(11).

№ ход

32. ч Б. Крg1, Фd3, Лс1, е1, Сс2, е5, Кf1, Па2, b2, f2, g2, h3 (12).
Ч. Крg8, Фd7, Ла8, d8, Се6, е7, Кf6, Па6, b5, d4, f7, g7, h7 (13).

33. ч Б. Крd2, Фb2, Лf3, f4, Са3, Пс2, с3, d4, е5, f2, h5 (11).
Ч. Крс7, Фе6, Ла8, g8, Кf5, Пb6, с4, d5, f7, g6, h6 (11).

34. б Б. Крg1, Фе5, Лd1, d4, Сf3, Па2, b3, е3, f2, g2, h3 (11).
Ч. Крg8, Фс5, Лd7, d8, Се6, Па5, b6, d5, f7, g7, h6 (11).

35. б Б. Крg1, Фd1, Лb1, е1, Сd3, g3, Кb3, f3, Па2, b2, с3, d4, f2, g2, h2 (15).
Ч. Крg8, Фd8, Ла8, f8, Сd6, d7, Ка4, с6, Па6, b5, с7, d5, е6, f6, h7 (15).

36. ч Б. Крс1, Фс2, Лd1, е1, Сd3, Кс3, е5, Па2, b2, d4, е3, f4, g2, h2 (14).
Ч. Крb8, Фе7, Лd8, h8, Сd6, е6, Кf6, Па7, b7, с6, d5, f7, g7, h6 (14).

37. ч Б. Крg1, Фd1, Ла1, f1, Се2, g5, Ке4, Па4, b2, d4, f2, f6, g2, h2 (14).
Ч. Крс8, Фb6, Лd8, h8, Сb7, f8, Кd7, Па7, b4, с6, с4, е6, f7 (13).

38. ч Б. Кре1, Фh7, Ла1, h1, Сd2, h5, Па3, с2, с3, f2, g2, h2 (12).
Ч. Кре8, Фс5, Ла8, g8, Сс8, Ке7, Па7, b7, d5, е5, f7 (11).

39. б Б. Крg1, Лс1, f1, Сg2, Кс3, Па3, b2, d4, е3, f2, f4, h2 (12).
Ч. Крh8, Лс7, с8, Сb5, Кf6, Па7, b7, d5, е6, f5, g7, h7 (12).

№ ход

40. б Б. Крg8, Фd1, Лс3, f1, Кd2, Пa2, b3, c4, d5, e3, f2, g3, h2 (13).
Ч. Крg8, Фс8, Лa8, f8, Кd8, Пa7, b7, c5, d6, e7, f5, g6, h7 (13).

Эндшпиль

41. б Б. Крh8, Пс6 (2).
Ч. Крa6, Пh5 (2).

42. б Б. Крg5, Пa4, d4 (3).
Ч. Крb7, Пa6, a7, d5 (4).

43. б Б. Крe3, Пb2, b4, d5, g2, h3 (6).
Ч. Крe7, Пa6, b7, f6, g6, h6 (6).

44. б Б. Крс4, Пf4, g4 (3).
Ч. Крg7, Пf7, g6 (3).

45. б Б. Крd3, Пb5, e2, e4, g3, h4 (6).
Ч. Крf7, Пb6, d4, e5, e7, g6 (6).

46. б Б. Крg5, Фd4, Пg6 (3).
Ч. Крa5, Фe7 (2).

47. б Б. Крe2, Фd1, Пa4, b4, f2, f3 (6).
Ч. Крh7, Фh2, Пb6, f4, g7, h4 (6).

48. б Б. Крf4, Фb2, Пb5, d4, g2, h3 (6).
Ч. Крf6, Фd5, Пb6, f7, g6, h5 (6).

49. б Б. Крd3, Кa2, Пa3, b2, d4, e3, f2, g2, h2 (9).
Ч. Крс6, Кe8, Пa4, b5, b6, d5, f6, g7, h7 (9).

50. б Б. Крh1, Кd5, Пa4, b2, f2 (5).
Ч. Крe2, Кf3, Пg4, h3, h5 (5).

51. ч Б. Крс3, Сс5, Пe3, f4, h4 (5).
Ч. Крf3, Сe6, Пb3, d5, g6, h5 (6).

№	ход	
52.	ч	Б. Крf4, Сc1, Пс5, d6, e5, h4 (6). Ч. Крd5, Cd7, Па4, b7, f5, h5 (6).
53.	б	Б. Крd3, Cg7, Пb3, c4, e4, f3, h3 (7). Ч. Крf7, Кd8, Пb4, c5, f4, g5, h5 (7).
54.	ч	Б. Крg3, Cd7, Пg2, h4 (4). Ч. Крf6, Лh1, Пg6, h5 (4).
55.	б	Б. Крd2, Ле7, Пе4, f2, h6 (5). Ч. Крh8, Лd4, Пd3, g4 (4).
56.	б	Б. Крf5, Лd5, Пе5, g4, h5 (5). Ч. Кре7, Ла7, Пg7, h6 (4).
57.	б	Б. Крf4, Лс3, Пе4, g5, h4 (5). Ч. Кре6, Лс8, Пс4, g6, h5 (5).
58.	б	Б. Крg3, Лf1, Па4 (3). Ч. Кре4, Лb4, Па5, g5 (4).
59.	ч	Б. Крd2, Лg5, Ке5, Па5, f6, g4 (6). Ч. Крf8, Ла3, Сс8, Пh7 (4).
60.	б	Б. Крh8, Пе3, g5, h5 (4). Ч. Крf5, Сс2, Ке1, Пс5, е6 (5).

VI. ЧТО ИЗМЕНИТСЯ В ШАХМАТНОМ МИРЕ

Судьба «живых» шахмат

Здесь этот термин — живые шахматы — применяется не в том смысле, что игра идет живыми фигурами, а в том, что в шахматы играют люди. Если машина превзойдет гроссмейстера на шахматной доске, если «мертвый» шахматист превзойдет живого, не умрут ли живые шахматы, не станут ли шахматные мастера безработными? Беспокойство мастеров по этому поводу кажется естественным. Однако надо полагать, что интересы шахматных мастеров не пострадают.

Живые шахматы умереть не должны. Изобретение автомобиля и мотоцикла никак не снизило интереса к легкой атлетике — миллионы зрителей с увлечением наблюдают с трибун стадионов за борьбой бегунов. На беговой дорожке решается вопрос, кто самый быстрый человек на земле? Аналогичное положение будет и в шахматах — по-прежнему будет решаться вопрос о том, кто лучше среди людей играет в шахматы...

Здесь все же есть некоторая тонкость. Люди всегда знали, что они не самые быстрые бегуны на земном шаре — многие животные бегают быстрее; но люди всегда считали, что они самые умные! Поэтому человек легко примирился с появлением автомобиля, но болезненно относится к предсказаниям о появлении «умных» машин.

Шахматный мастер — научный работник

Когда машина превзойдет живого шахматиста, спрос на гроссмейстеров появится со стороны научно-исследовательских институтов. Действительно, если приведенная выше теория верна, то впервые в истории шахмат можно будет проанализировать, сравнить и по силе и по стилю игру великих шахматистов разных времен — например, Морфи, Стейница и Алехина. В игре на уничтожение фигур шахматисты могут отличаться лишь дальностью горизонта (отображением на большее либо меньшее количество полуходов), в игре на изменение функций нападения (отрицания) могут быть, кроме дальности горизонта, более тонкие различия. Если ранее шахматные историки сравнивали шахматистов разных времен на основе субъективных оценок, то теперь, видимо, для этой цели можно будет использовать объективный метод.

Если эти исследования будут поставлены, трудно представить, как тут дело обойдется без участия гроссмейстеров и мастеров.

Когда математики будут переводить алгоритм на машинный язык, то можно предположить, что и здесь им придется воспользоваться помощью гроссмейстеров.

И в том, и в другом случае шахматные мастера будут выступать в роли научных работников — исследователей. Впрочем, это не будет резким изменением характера их профессии: каждый шахматист для того, чтобы стать мастером, в какой-то степени должен быть исследователем.

Есть еще одна область, где мастер сможет стать полезным: когда машина по-настоящему начнет играть в шахматы, появится возможность, сравнивая игру машины (а метод игры машины и все расчеты, ею производимые, известны исследователю) с игрой гроссмейстера, изучать метод мышления человека. В этом случае мастеру будет отведена скромная роль подопытного кролика, но это будет вполне безопасная и одновременно весьма важная роль. Итак, следует признать, что гроссмейстеры не только не останутся без работы, но у них появятся новые и достаточно интересные перспективы. Вот только придется по утрам вставать пораньше, чтобы не опоздать на работу...

Отличие шахматиста от ученого

Почему Винер не мог играть в шахматы? Почему он не мог предвидеть очевидных ответов противника? — допытывался у меня Шеннон. Тогда, весной 1965 года, я мог только пожимать плечами — откуда мне известно?.. Это весьма серьезный вопрос. То, что был умен Норберт Винер, крупный ученый, в этом нет сомнения. Вряд ли следует сомневаться в том, что был умен и Алехин, крупный шахматист. Почему же Винер был беспомощен в шахматах, так же как Алехин — в математике?

Думаю, что сейчас уже можно предположить, почему ошибался Винер за шахматной доской. Шахматист, когда обдумывает ход, не пользуется никакими подсобными средствами. В этот момент он не может воспользоваться ничьим советом, справкой из книги, какими-либо вспомогательными записями или расчетами на листе бумаги... Он жестко ограничен временем для обдумывания. Он не может взять ход назад. Алгоритм игры мастера в своей основе мало меняется. Шахматисту предоставлено лишь одно право — составлять и анализировать (мысленно!) отображение позиции и принимать решение. Для этого несомненно требуется, чтобы какая-то часть мозга была чрезмерно развита и особо подготовлена, быть может, по аналогии с вычислительными машинами — оперативная память и вычислительное устройство.

Ученому эти качества шахматного бойца, вероятно, не нужны, ибо ученый вправе решать свою задачу не торопясь, исправляя ошибки, пользуясь любыми советами, справками, вычислениями и т. п. Он, прежде всего, должен обладать способностью к исследованию. Но что такое способность к исследованию? Вероятно, это способность решать разные задачи. Для этого требуется (будем и здесь придерживаться аналогии с вычислительными машинами) способность составлять и испытывать разнохарактерные программы.

Общие вопросы теории систем управления

Как уже было сказано, задача системы управления распадается на три части: 1) получение информации, 2) ее переработка (принятие решения) и 3) исполнение решения.

Взять, например, элементарный случай управления — схему регулирования так называемой асинхронизированной синхронной машины. В схеме регулирования мы имеем различные источники (датчики) информации о механической скорости ротора, токе в обмотке ротора и косинусе фи цепи статора. Эта информация перерабатывается в собственно регуляторе и решение (данные о необходимой величине и фазе напряжения на зажимах обмотки ротора) подается на вход исполнительного органа — силового элемента.

Эти три элемента схемы управления (датчики информации, ее переработка и исполнение решения) должны быть «достойны» друг друга — иначе система регулирования может оказаться неработоспособной. Малому ребенку обычно не доверяют спички — и понятно почему. Информация и логические способности ребенка явно «недостойны» этого исполнительного органа (коробки спичек); практика говорит о том, что если такая «система управления» случайно начинает действовать, то бывают и катастрофические последствия.

Ранее в истории человечества логические возможности (возможности по переработке информации) людей примерно соответствовали их энергетическим возможностям (мощности исполнительного органа). Иное дело сейчае, когда люди овладели атомной энергией; мощность исполнительного органа возросла необычайно, а логические возможности практически не изменились. Поэтому надо в корне усовершенствовать, скачкообразно усилить возможности людей в управлении. Чем скорее это будет сделано, тем лучше.

Участие человека в управлении при этом будет казаться ограниченным, так как человеку останется только поставить задачу, составить программу и сделать выбор между решениями, рекомендованными машиной. И в то же время сила управления — если подойти к этому с точки зрения правильности управления — неслыханно возрастет...

Некоторые ученые опасаются, что с появлением таких «думающих» машин, машин, которые по силе логики превзойдут человека, человечество впоследствии может быть порабощено или уничтожено этими машинами. Конечно, это выглядит весьма сенсационно, но уместны ли подобные опасения? Люди давно уже создали машины, физически превосходящие человека в несметное число раз. И что же? В нормальной жизни людей все происходит пока благополучно (люди страдают от физически сильных машин лишь в аварийных случаях или в случае войны). Почему?

Да потому, что машины правильно спроектированы. Почему же с «думающими» машинами должно быть иначе? Программа будет правильно составлена, и человек получит хорошего и трудолюбивого помощника.

И, может быть, именно шахматы явятся острием клина, пробивающим новые пути исследования...

В настоящее время молодой математик В. И. Бутенко переводит рассмотренный алгоритм на язык машины М-220. Пока В. И. Бутенко переводит стандартную часть алгоритма (надо полагать, что именно эта часть является важнейшей), он «учит» машину определять траектории нападения на заставленной фигурами доске в пределах заданного горизонта. Достигнуты известные успехи: например, задачу об определении всех кратчайших траекторий перемещения короля с поля a4 на поле h4 (а таковых траекторий насчитывается 393) машина решает за время, равное примерно 0,1 сек. Все траектории утверждения (нападения) в горизонте на три полухода для позиции из партии Ботвинник—Капабланка (см. рис. 22) машина высчитала за 5 сек.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Михаил Моисеевич Ботвинник

Алгоритм игры в шахматы

Утверждено к печати редколлегией научно-популярной литературы Академии наук СССР

Редактор *Н. Б. Прокофьева*

Технический редактор *В. В. Волкова*

Сдано в набор 25/XII-1967 г. Подписано к печати 23/II-1968 г.
Формат $84 \times 108^1/_{32}$. Бумага типографск. № 2. Печ. л. 3.
Усл. печ. л. 5,04. Уч.-изд. л. 4,1. Тираж 25000 экз. Т-00074.
Тип. зак. 3785

Цена 25 коп.

Издательство «Наука», Москва, К-62, Подсосенский пер., 21
2-я типография издательства «Наука». Москва, Г-99,
Шубинский пер., 10

25 коп.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»