

По стопам ПИОНЕРА

[Контроверза](#)

[Модель игры](#)

[Хронология модели](#)

[От ПИОНЕРА к Лингвистической Геометрии](#)

[Тесты для шахматной LG-системы](#)

[О языке программирования LG-систем](#)

"И не одно сокровище, быть может,
минуя внуков, к правнукам уйдёт..."

Осип Мандельштам

Контроверза

"Мы ленивы и не любопытны"

Александр Пушкин

Сегодня программирование шахмат — это задача для школьника или студента и новой играющей программой трудно кого-то удивить. Однако, в прошлые 60-е — 70-е годы, когда компьютеры были слабые и малодоступные, это "развлечение" могли себе позволить только программисты оборонных НИИ, где были лучшие ЭВМ. А чтобы как-то оправдать расход машинного времени дорогих ЭВМ, нужно было обязательно поупражняться в [философии](#), типа: мол, искусственный интеллект (ИИ) приведёт к прогрессу в планировании и управлении, а логические игры ума — это пробный камень для реальных систем ИИ, поэтому создание сильной шахматной программы — серьёзное дело для учёных мужей. Но этих доводов всё же [не хватало](#) для официального финансирования, и шахматные программы делались [факультативно](#) (Донской, "[Каисса](#)").

Больше всех и в печати, и в высоких кабинетах доказывать важность компьютерного моделирования шахматной игры пришлось [Ботвиннику](#) (1961, 1987, 1997), который стремился открыто и профессионально заниматься программированием шахмат и единственный в СССР, кто этого добился — проекты [ПИОНЕР](#) [1958-1990], (Ботвинник, 1968, 1975, 1979, 1989) и CC Sapiens [1990-1995], (Е.Мансуров, 2004). Однако к тому моменту, когда Ботвинник (1987е, 1997), впервые (1964) написал о своих идеях создания компьютерного гроссмейстера президенту АН СССР и сделал своё конкретное предложение, работа над первой советской шахматной программой уже велась

(неофициально) в ИТЭФ под руководством Адельсона-Вельского. В 1966-67 году эта программа со счетом 3:1 выиграла матч "по переписке" у американской программы Котока и Маккарти из университета в Стэнфорде (США, Калифорния), (Ботвинник, 1968; Донской, "Каисса"). С этого момента началось великое противостояние двух направлений в моделировании шахмат, которое не закончилось и по сей день (Е.Мансуров, 2004).

Известно, что при моделировании разумного поведения эксперта при решении сложных задач можно применять два подхода (К.Шеннон, 1950):

- **1-й подход. Полный перебор** всех возможностей — это старый, проверенный, научный метод, известный ещё как "метод проб и ошибок" или "метод научного тыка" (или "научного втыка"), который допускает разные ухищрения исследователя для сокращения числа анализируемых вариантов;
- **2-й подход.** Постараться использовать специфические знания человека-эксперта в конкретной прикладной области, т.е. попытаться повторить поведение человека, как бы "по образу его и подобию" (Ботвинник, 1968; Stilman, 2000).

Если научную задачу нужно решить хоть как-нибудь, то 1-й подход годится всегда! Поэтому на первых порах полный перебор, метко названный американцами "брут форс" (brute force — грубая сила) использовали все, кто программировал шахматную игру (кроме Ботвинника).

Со временем необходимость оправдываться, что, дескать, программирование шахмат приведёт к прогрессу в управлении, как-то утратило свою актуальность. В 80-х годах у науки на западе появилась другая, но вполне конкретная коммерческая цель — создавать компьютерные программы для соревнования с человеком-гроссмейстером (в целях их рекламной "раскрутки"), чтобы потом эти раскрученные программы для ПК и бытовые шахматные автоматы продавать на рынке. Теория программирования шахмат стала коммерческой тайной (Е.Мансуров, 2004).

В СССР такого рынка не было, а компьютеры заметно отставали от западных. К тому же советская программа "Каисса" (победитель 1-го чемпионата мира среди шахматных программ в 1974 году) даже на мощном американском компьютере в чемпионате 1980 года показала только четвёртый результат. В чемпионатах шахматных программ "Каисса" больше не участвовала, хотя её авторы ещё продолжали заниматься программированием концов шахматной игры (Карпов и Гик, 1984, 1991, 1991a; Адельсон-Вельский и др., 1983). В центральных СМИ о "Каиссе" перестали упоминать.

Революция в области электроники в 90-х годах и возрастание мощности компьютеров (по скорости процессоров и размерам оперативной памяти) позволили шахматным программам на западе повысить свой уровень игры до гроссмейстера.

Сегодня обилие шахматных программ (движков) с разнообразными шахматными досками и с разной силой игры просто поражает (сайты: 2001, 2004). Видимо, жажда проверить на шахматах "мускулы" своего ума у программистов всего мира не угасает, хотя их энергия достойна применения в иных, как говорится, "мирных целях". Ведь использование таких шахматных программ (и коллекций их алгоритмов) в других прикладных областях, где встречаются похожие переборные задачи, может быть весьма трудным делом (Stilman, 2000).

В свете выше сказанного, все укоры Ботвиннику в том, что он якобы пытался запрограммировать **только себя**, т.е. **своё видение шахмат**, и поэтому **его модель** шахматной игры ограничена и не отражает всего многообразия взглядов на шахматы (**интуиция человека, фантазия** и пр.), сегодня (как, впрочем, и тогда) выглядят просто нелепо. (Возможно, что так, ну и что?). Точно так же, как и фразы, что, дескать, программировать шахматы должны **“математики, а не профаны”**, т.е. **не доктор электротехники**, хотя и экс-чемпион мира по шахматам — будто бы сам Ботвинник собирался писать программы на **ФОРТРАНе**, и будто бы в его лаборатории не было профессиональных математиков-программистов (Мирный В.Р. и др., 1986; Мирный В.Р., Чудаков М.В., Штильман Б.М., 1988; Stilman B., 1994f, 2000). Подобные "уколы" в адрес Ботвинника можно встретить на русском и английском языке в интернете, стоит лишь ввести в строке поиска фразу "ПИОНЕР & Ботвинник" или "PIONEER & Botvinnik" (Мансуров, 2004). Видимо, господа профессиональные математики пока ещё не преодолели "силу притяжения" **1-го подхода** к решению переборных задач и поэтому считают, что **другого подхода** просто нет в природе.

NB. А истина лежит посередине — без перебора всё-таки не обойтись (Stilman, 2000; Кронрод, 2004), но вопрос в том, **из каких возможностей выбирать?** Если оставаться в исходном пространстве и перебирать в каждом узле дерева все возможные ходы всех фигур, то это — **"брут форс"**, где нет понимания позиции, нет и ассоциаций с опытом прошлого. Если же перейти в другое пространство разумных (нацеленных) ходов или планов (стратегий), то перебор будет вполне уместен, т.к. понимание позиции в виде набора возможных (присутствующих) стратегий игры достигнуто. Дело за малым — как это всё **формализовать?**

Применение **2-го подхода** зачастую **дело трудное**, т.к. требует **формализации знаний эксперта**, а **“алгоритм гроссмейстера лежит за семью печатями”** (Ботвинник, 1989) и полностью **“пока ещё не раскрыт”** (Stilman, 2000), т.е. **не известен в точности** науке.

Модель игры

"Никто не обнимет необъятного"

*Козьма Прутков
"Мысли и афоризмы", 3, 44.*

Ботвинник работал над созданием компьютерного гроссмейстера с 1958 по 1995 годы (Stilman, 2000; Мансуров, 2004). Он поставил перед собой максимальную, фантастическую задачу — сделать программу для компьютера, которая бы **играла в шахматы как человек**, т.е. не перебирала все возможные ходы в позиции, а находила лучший ход и строила **понятное человеку деревовариантов**, т.е. **“узкое и глубокое дерево перебора”**.

Начав с размышлений над алгоритмом поиска хода (в шахматной позиции), который выработали люди-мастера за **5 столетий** существования современных шахмат, Ботвинник (1987e), наконец, пришёл к идее **неточной цели** в шахматной игре (это **борьба за материал**), т.к. точная цель (по правилам шахмат — это мат королю) могла быть сразу и не достижима. Дело в том, что **поиск лучшего хода** в шахматной позиции — это задача с деревом перебора гигантского размера, и поэтому она не всегда может быть решена точно, в смысле перебора абсолютно всех вариантов.

Значит шахматы — скорее задача, которая не решается точно, т.е. не точно решаемая или неточная. Подтверждение своей идее (что в гроссмейстерских шахматах главное — борьба за материал) Ботвинник нашёл у Капабланки, в предисловии к его учебнику шахмат (Ботвинник, 1975, 1987f, 2000).

Оттолкнувшись от этого принципа — “**примата нападения**” (т.е. **атаки**) — и, ориентируясь на стремление фигур одной армии нападать на фигуры другой армии, Ботвинник придумал **траектории** движения атакующих фигур в **горизонте видимости мишеней** (в шахматных полуходах) и **зоны**, как группы фигур, препятствующих (*т.е. отрицающих со знаком "-"*) и поддерживающих (*т.е. отрицающих со знаком "+" траектории отрицаний со знаком "-"*) атакующую фигуру — **комль** зоны игры (Ботвинник, **ПИОНЕР**).

Получилась **модель** шахматной игры по Ботвиннику (1968, 1975, 1979, 1989). Почему-то критики (шахматисты и математики) решили, что по такой же схеме за шахматной доской думает и сам Ботвинник? (Бронштейн, 2003 — но здесь скорее личная антипатия к Ботвиннику (Харитон, 2001, 2003), чем объективность изумительного шахматного писателя Давида Бронштейна !)

Любую позицию можно рассматривать как совокупность зон, позже названных **цепочками** фигур, (Ботвинник, 1989). Перебор ходов фигур по траекториям в зонах приводит к построению дерева перебора, которое выглядит вполне разумным и допускает стандартные обрезания (т.е. различные отсеечения) ветвей. Чтобы уменьшить и это не слишком большое дерево, используется система **приоритетов** — в какой зоне начинать движение фигур.

NB. Пожалуй, эти приоритеты оказались камнем преткновения всей модели, т.к. Ботвинник стремился во что бы то ни стало получать "человеческие" деревья перебора, а для этого нужно было уметь находить лучший ход в пространстве траекторий. Это долго не удавалось, т.к. в сложных позициях (с многочисленными зонами) выбор приоритетного хода люди делают "по позиции", т.е. по опыту и интуиции. Значит, лучший ход — это не примитивное нападение, а ход, приводящий в позицию с более высокой обобщённой оценкой. **Обобщённая оценка позиции** складывается из обычной материальной стоимости фигур плюс "**невидимые**" **стоимости** ("**конъюнктурные**" — Ботвинник, 1968; или "**ситуационные**" ("**situational values**") — Stilman, 2000), как надежды на возрастание обычной стоимости фигуры в результате предстоящего взятия ею фигуры противника или возможного превращения (если она — пешка) в старшую фигуру (ферзя), т.е. в результате "**обобщённого размена**" (Ботвинник, 1987b). Алгоритмы вычисления "невидимых" стоимостей фигур для выбора лучшего (приоритетного) хода многократно перестраивались (Ботвинник, 1968, 1980a, 1987ee, 1989), но так и не были доведены до завершения (Ботвинник, 1997; Линдер В. и Линдер И., 2001). Поэтому ПИОНЕРу лучше удавались решения сложных позиций с этюдной атакой (скрытой комбинацией) на большую глубину, чем спокойные или закрытые сложные позиции, в которых люди просто маневрируют или делают профилактические ходы (Ботвинник, 1989; Адельсон-Вельский и др., 1983).

Пространство траекторий оказалось похожим на **Web-сеть**, потому что "кирпичики" модели — *поля* траекторий, сами *траектории*, *пучки* траекторий от начального A_0 -поля и до конечного A_k -поля, *зоны* (как совокупности пучков *отрицания* вместе с пучками *отступления* мишени и пучком *нападения* комля) и, собственно, *перебор ходов* в совокупности зон — связаны между собой в многоуровневую иерархию, чем-то мне напоминающую русскую матрёшку (т.е. куколки от мала до

велика, вложенные одна в другую). Действительно, траектория — это *цепочка* полей, пучок — это *цепочка* траекторий (точнее гамак-граф полей с A_0 и A_k точками крепления), зона — это *цепочка* пучков траекторий (или сеть траекторий), сложная зона (совокупность связанных зон) — это *цепочка* простых зон, дерево перебора — это *цепочка* ходов фигур по траекториям (вместе с методами формирования дерева: обрыв ветви-варианта, минимакс оценок на подъёме, отсечения ветвей на подъёме и при спуске и пр.).

Однако, понятие **цепочки символов** — фундаментально для математической лингвистики, в которой грамматики занимаются порождением цепочек, т.е. слов формальных языков. Оказалось, что лингвистическая интерпретация наиболее адекватно отображает поведение модели игры (Штильман, 1981, 1985b). Но в формальные языки из цепочек затесались геометрические структуры — карты полей шахматной доски 8x8 с возможными ходами фигур. А что, если доска будет трёхмерной (50x50x10) и фигуры не шахматные, а — роботы (т.е. самолёты, автомобили и пр.)? Учитывая геометрические мотивы пространства траекторий, математики из лаборатории Ботвинника окрестили подобный подход к моделированию переборных задач Лингвистической Геометрией (LG), (Stilman, 2000). Однако, сам Ботвинник называл этот подход по разному — "АЛГОРИТМ БОТВИННИКА" (1975), "метод ПИОНЕРА" (1977-1987), а позже "Шахматным методом решения переборных задач" (1987ee, 1989).

Укрупняя, можно считать, что в модели игры на доске имеются **три уровня** (ступени) иерархии формальных языков:

- * семейство **языков Траекторий** — путей для передвижения фигур;
- * семейство **языков Сетей Траекторий** (включая язык Зон);
- * семейство **языков Переводов** состояний Сложной Системы в LG-дерево, т.е. переборы ходов или "**виртуальные розыгрыши**" позиции, приводящие к построению LG-дерева (Stilman, 2000).

На каждом уровне работает своя цель, но в итоге всё сводится к главной (неточной) цели игры — выигрышу материала (в смысле обобщённой стоимости). Ботвинник называл это **трехступенчатой** с истемой управления, хотя "три" может превращаться и в большие числа.

Хронология модели

"История — ключ к пониманию
современности"

1949. Доклады Клода Шеннона о шахматной программе для компьютера (1950).

От границы мы Землю вертели назад —
было дело сначала, —
но обратно её закрутил наш комбат,
оттолкнувшись ногой от Урала.

1958. Идея Ботвинника сделать компьютерного гроссмейстера. "Энциклопедия шахмат", раздел "Ботвинник" из главы 1. АЛГОРИТМ МАСТЕРА
1960. Лекция Ботвинника перед журналистами в Берлине, в Университете им. Гумбольдта: "Люди и машины за шахматной доской".
1961. Статья: Ботвинник М.М., "Люди и машины за шахматной доской", <i>Шахматы в СССР</i> , 1961, № 3, Москва, см. также Ботвинник М.М., 1987 , ПИОНЕР).
1964. Цель шахматной игры (Ботвинник, ПИОНЕР ; Мансуров, 2004). "...нашел цель неточной игры в шахматы" Из гл. "К достижению цели. Алгоритм игры в шахматы" в кн. Ботвинник, "Аналитические и критические работы 1928-1986. Статьи. Воспоминания", 1987е , с.483-484.
1966. Диспут в ЦШК . Траектории фигур . Таблицы 15x15. Володя Бутенко программирует траектории шахматных фигур.
1968. Книга: Ботвинник М.М., Алгоритм игры в шахматы , "Наука", Москва, 1968 Конъюнктурные стоимости фигур. "процесс шахматной игры... состоит в <i>обобщённом размене</i> " Из кн. Ботвинник, "Алгоритм игры в шахматы", 1968 , с.29-30.
1969. Зона шахматной игры.
1970. Книга: Botvinnik, M.M., "Chess, Computers and Long-Range Planning", Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, and New York, 1970, (перевод с русского Ботвинник М.М., 1968 на английский). Отказ Бутенко сотрудничать с Ботвинником. "Бутенко решил, что включение зоны в алгоритм необязательно." Из гл. "К достижению цели. Искусственный шахматист" в кн. Ботвинник, "Аналитические и критические работы 1928-1986. Статьи. Воспоминания", 1987ее , с.503-504. Ботвинник принимает решение отказаться от участия в шахматных турнирах . Остаются — электротехника и шахматная программа.

Наконец-то нам дали приказ наступать,
отбирать наши пяди и крохи, —
но мы помним, как солнце отправилось вспять
и едва не зашло на Востоке.

1972. Препринт: Ботвинник М.М., " Блок-схема алгоритма игры в шахматы ", АН СССР: Научная секция по комплексной проблеме "Кибернетика", Москва, 1972, 28 стр. (Stilman, 2000) В лаборатории Ботвинника в ВНИИЭ открыта научная тема по шахматной программе.

Программисты Борис Штильман и Александр Юдин. (Stilman, 2000) Компьютерное время на английской ЭВМ ICL 4-70 (клон IBM/360). "Б.Штильман работал со всей энергией." Из Приложения 2 "Как создавался шахматный метод" в кн. Ботвинник, "Шахматный метод решения переборных задач", 1989, с.100.
1973. Препринт: Ботвинник М.М., "О кибернетической цели шахматной игры", АН СССР: Научная секция по комплексной проблеме "Кибернетика", Москва, 1973, 40 стр.
1974. Ботвинник принимает решение отказаться от электротехники и заниматься только шахматной программой.
1975. Книга: Ботвинник М.М., О кибернетической цели игры, "Советское радио", Москва, 1975 Штильман Б.М., "Формирование множества пучков траекторий", Приложение 1, стр.70-78 в кн. Ботвинник М.М., 1975. "материал и контроль полей" Из "Послесловия" в кн. Ботвинник, "О кибернетической цели игры", 1975, с.68. Botvinnik, M.M., Stilman, B., Yudin, A.D., Lozinskiy, D.N., Poltavets, L.M., Research of Possibilities for Program Design on the Basis of the BOTVINNIK ALGORITHM for Solving Economic Problems, Report No. 12-0113/72, National Research Inst. for Electrical Engineering, Moscow, Russia, 78 pp., 1975. (Ботвинник М.М., Штильман Б., Юдин А., Лозинский Д.Н., Полтавец Л.М., "Исследование возможности применения проекта программы на основе АЛГОРИТМА БОТВИННИКА для решения экономических задач", Отчет №12-0113/72, ВНИИЭ, Москва, Россия, 78 стр., 1975.)
1976. Штильман Б.М., "О программе формирования зоны игры", <i>Деп. ВИНТИ</i> 3947-76, (тоже в Штильман Б.М., 1979). Штильман Б.М. "Дерево перебора в зоне игры", <i>Деп. ВИНТИ</i> 3947а-76, (тоже в Штильман Б.М., 1979). Приглашение на второй чемпионат мира шахматных программ в Торонто, Канада. И от ветра с Востока пригнулись стога, жмётся к скалам отара. Ось земную мы сдвинули без рычага, изменив направление удара. <i>Владимир Высоцкий "Мы возвращаем землю", 1972.</i>
1977. Решение этюда Р.Рети. (28 января 1977) Решение этюда Ботвинника и Каминера. (11 апреля 1977) Решение этюда Г.Надареишвили. (3 августа 1977) Шахматную программу окрестили ПИОНЕРОМ. "...пришлось программу "крестить"." Из гл. "К достижению цели. Искусственный шахматист" в кн. Ботвинник, "Аналитические и критические работы 1928-1986. Статьи. Воспоминания", 1987е, с.512. Грант на компьютерное время: — from the National Scientific Information Center for the development of the PIONEER project

(for 1 year, computer time on Burroughs B-6700), USSR.

Новые программисты — Александр Резницкий и Михаил Цфасман.

Животом - по грязи, дышим смрадом болот,
но глаза закрываем на запах.

Нынче по небу солнце нормально идёт,
потому что мы рвёмся на Запад!

Владимир Высоцкий "Мы возвращаем землю", 1972.

1978. Ботвинник М.М., Штильман Б.М., Юдин А.Д. "Искусственный шахматный мастер",
Вестник АН СССР, Москва, 1978, № 4, стр.82-91.

"1-я диссертация" Штильмана ("волшебная сказка" программиста):

Штильман Б.М. "Исследование системы управления на основе модели шахматной игры",
Технический отчёт, ВНИИЭ, Москва, 1978, 201 стр.

Гранты на компьютерное время:

- from the University of Mannheim for the improvement and completion of the PIONEER project (for 0.5 year), Germany.
- from the University of Dortmund for the development of AI theory of complex systems and its application to the PIONEER project (for 0.5 year), Germany.
- from Control Data Corp.(CDC) for the improvement of the PIONEER program and development of efficient methods for solving practical search problems (for 0.5 year), USA.

1979. Совещание по поводу выезда программистов Ботвинника за рубеж — 9 февраля 1979.
(Донской, "[Крупные фигуры](#)").

Решение позиции из партии Ботвинник—Капабланка, АВРО-турнир, 1938 (**5 июля 1979**).

Выступления в городах СССР с рассказом о ПИОНЕРЕ (поиск ученого совета для защиты).
"Шахматы — не предмет науки" ?!
(Stilman, [2000](#))

Книга: Ботвинник М.М., [О решении неточных переборных задач](#), "Советское радио", Москва, 1979

Кто-то встал в полный рост и, отвесив поклон,
принял пулю на вдохе,
но на Запад, на Запад ползёт батальон,
чтобы солнце взошло на Востоке.

Владимир Высоцкий "Мы возвращаем землю", 1972.

1980. Ботвинник М.М., Штильман Б.М., Юдин А.Д., Резницкий А.И., Цфасман М.А.,
"О шахматистах и компьютерах",
Препринт для 2-го Международного симпозиума по Искусственному Интеллекту,
9 стр., Репино, Ленинград, Россия, октябрь 1980.

Уволился программист — Александр Юдин.

"Но как эти конъюнктурные стоимости формализовать и вычислять?"

Из ст. "Методом "божьей коровки"" в кн. Ботвинник,
"Аналитические и критические работы 1928-1986. Статьи. Воспоминания", 1987, с.246-247.

Планирование ремонтов на электростанциях.

Stilman, B., Reznitskiy, A.I., Design of New Method for Solving Complex Search Problems and its Application to Power Control, Report awarded at the Moscow Young Scientists Contest, Moscow, Russia, 30 pp., 1981.

(Штильман Б.М., Резницкий А.И., "Проект нового метода для решения сложных переборных задач и его применение к управлению электроэнергетикой", Сообщение, предоставленное на конкурс молодых московских ученых, Москва, Россия, 30 стр, 1981.)

NATIONAL YOUNG INVESTIGATOR AWARD from the USSR Academy of Sciences (B.Stilman, A.Reznitskiy) for the development of new approach for solving Artificial Intelligence problems and its application to power control, USSR.

(Премия от Академии Наук СССР (Штильман Б., Резницкий А.),
"за развитие нового подхода для решения задач Искусственного Интеллекта и его применение к управлению электроэнергетикой", СССР.)

Новый программист — Вадим Мирный
(Stilman, 2000).



Москва, 1980. Слева направо: Резницкий, Штильман, Донской, Ботвинник и Ньюборн

1981. Нет современного компьютера.

Выступление в Ленинграде с рассказом о ПИОНЕРЕ (поиск ученого совета для защиты).

Уволился программист — Михаил Цфасман.

"Зачем ЭВМ играет в шахматы", газета "Правда", Март 30, 1981, Москва, (см. также Ботвинник М.М., 1987).

"2-я диссертация" Штильмана (рождение Лингвистической Геометрии):

Штильман Б.М. "Иерархия формальных грамматик для решения переборных задач",

Технический отчёт, ВНИИЭ, Москва, 1981, 105 стр.

"зона игры была превращена в цепочку фигур"

Из кн. Ботвинник, "Шахматный метод решения переборных задач", 1989, с.15.

Botvinnik, M.M., Stilman, B., Reznitskiy, A.I.,

Solving of Problem of Planning Maintenance Work for Power Station Equipment
on the basis of PIONEER Method, Report No. 16-0200/79,

National Research Inst. for Electrical Engineering, Moscow, Russia, 82 pp., 1981.

(Ботвинник М.М., Штильман Б., Резницкий А.И.,

"Решение задачи планирования работы по ремонту оборудования электростанции
на основе метода ПИОНЕР", Отчет №16-0200/79, ВНИИЭ, Москва, Россия, 82 стр, 1981.)

Новый программист — Михаил Чудаков.

1982. Есть современный компьютер!

"К тому времени мы уже перестали бедствовать с машинным временем."

Из гл. "К достижению цели. Искусственный шахматист" в кн. Ботвинник,

"Аналитические и критические работы 1928-1986. Статьи. Воспоминания", 1987ee, с.519-520.

Грант на компьютерное время (600 тыс. руб):

— from the USSR National Committee for Science and Technology for the design of new methods and
software for solving complex search problems,
(for 3 years, M.Botvinnik, B.Stilman, V.Mirniy, A.Reznitskiy), USSR.

Книга: Botvinnik, M.M., "Meine neuen Ideen zur Schachprogrammierung",

Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, and New York, 177 pp., 1982,

(перевод Ботвинник М.М., 1979 на немецкий).

"Б.Штильман "покатил налево""

Из Приложения 2 "Как создавался шахматный метод"

в кн. Ботвинник, "Шахматный метод решения переборных задач", 1989, с.103.

1983. Ботвинник М.М., Петряев Е., Резницкий А.И., Сюткин Б.Д., Тимофеев Я.И., Уланов Г.А.,

"Применение нового метода решения переборных задач к планирования ремонтов
оборудования электростанций",

Экономика и математические методы, Москва, 1983, т.19, вып.6, стр.1030-1041,

(см. также Ботвинник М.М., 1989).

Резницкий А.И., Штильман Б.М.

"Применение метода ПИОНЕР в планировании ремонтов энергооборудования",
Автоматика и телемеханика, 1983, № 11, с. 147-153.

Ботвинник М.М., Мирный В.Р.

"Алгоритм выравнивания графика нагрузки энергосистем", рабочие заметки.



New York, 1983. WCCC-4. Слева направо: Beal, Thompson, Newborn, Botvinnik



New York, 1983. WCCC-4. Слева направо: Thompson, Botvinnik.

1984. Книга: Botvinnik, M.M., "Computers in Chess: Solving inexact search problems", Springer Series in Symbolic Computation, with Appendixes, Springer-Verlag, New York, 158 pp., 1984, (перевод Ботвинник М.М., [1979](#) на английский).

Защиты кандидатских диссертаций Резницого и Штильмана.
(Донской, "[Крупные фигуры](#)").

"В декабре 1984 года защиты состоялись."

Из гл. "К достижению цели. Искусственный шахматист" в кн. Ботвинник, "Аналитические и критические работы 1928-1986. Статьи. Воспоминания", [1987](#)е, с.519-520.

Штильман Б.М. "Разработка метода иерархии формальных грамматик и его применение в планировании ремонтов энергооборудования",
Тезисы диссертации к.т.н., ВНИИЭ, Москва, 1984, 182 стр.

1985. Грант на компьютерное время (600 тыс. руб):

— from the USSR National Committee for Science and Technology and Department of Energy for the development of AI methods and software tools for solving long-range planning problems (for 3 years, M. Botvinnik, B.Stilman, V. Mirniy, A. Reznitskiy),USSR.

Штильман Б.М. "[Иерархия формальных грамматик](#) для решения переборных задач",
Искусственный интеллект. Итоги и перспективы. Труды международной рабочей группы, Москва, 1985, стр.63-72.

Штильман Б.М. "[Формально-лингвистическая модель](#) для решения задач дискретной оптимизации. 1. Инструментарий формализации. [Язык траекторий](#)",
Известия АН СССР. Техническая кибернетика, Москва, 1985, № 3, стр.110-122, 4886 экз.

Штильман Б.М. "Формально-лингвистическая модель для решения задач дискретной

оптимизации. 2. **Язык зон**, переводы и проблема границ",
Известия АН СССР. Техническая кибернетика, Москва, 1985, № 4, стр.10-21, 4886 экз.

Здесь никто не найдет, даже если б хотел,
руки кверху поднявших.
Всем живым — ошутимая польза от тел:
как прикрытьте используем павших.

Этот глупый свинец всех ли сразу найдёт,
где настигнет — в упор или с тыла?
Кто-то там впереди навалился на дот —
и Земля на мгновенье застыла.

Владимир Высоцкий "Мы возвращаем землю", 1972.

1986. Мирный В.Р., Ройзнер А.Г., Чудаков М.В., Штильман Б.М., "Инструментальная система поддержки разработки и отладки больших программ на ФОРТРАНе ЕС ЭВМ", *Программирование*, Москва, 1986, № 5, стр.27-38.

1987. Книга: Ботвинник М.М., **Аналитические и критические работы 1928-1986:**
Статьи, воспоминания, 4-й том, "Физкультура и спорт", Москва, 1987, 528 стр.

Botvinnik, M.M., Stilman, B., Mirniy, V.R., Reznitskiy, A.I., Chudakov, M.V.,
Improvement and Application of PIONEER for Solving Search Problems, Report No. 1601/85,
National Research Inst. for Electrical Engineering, Moscow, Russia, 52 pp., 1987.

(Ботвинник М.М., Штильман Б., Mirniy В.Р., Резницкий А.И., Чудаков М.,
"Усовершенствование и применение ПИОНЕРА для решения переборных задач",
Отчет №1601/85, ВНИИЭ, Москвы, России, 52 стр, 1987.)

"А как же с шахматной программой ?"

Из гл. "К достижению цели. Искусственный шахматист" в кн. Ботвинник,
"Аналитические и критические работы 1928-1986. Статьи. Воспоминания", **1987ee**, с.521.

"...потребуется новая подпрограмма составления цепочек"

Из кн. Ботвинник, "Шахматный метод решения переборных задач", **1989**, с.27.

1988. Мирный В.Р., Чудаков М.В., Штильман Б.М.

"APM программиста на основе интегрированной системы версий программ",
Программная инженерия, МДНТП им.Дзержинского, Москва, 1988, стр.59-65,
(Stilman B., **1994f**, **2000**).

Уволились программисты — Вадим Мирный и Борис Штильман.

Из **выступления** Михаила Ботвинника
на семинаре по вопросам шахматной программы ПИОНЕР
и современным персональным компьютерам, Москва, СССР, 1988 г. (Мансуров, **2004**).

1989. Книга: Ботвинник М.М., **Шахматный метод решения переборных задач**, "Советский спорт",
Москва, 1989

"...надо было сделать более экономный и близкий алгоритму мастера вариант программы..."

Из Приложения 2 "Как создавался шахматный метод"
в кн. Ботвинник, "Шахматный метод решения переборных задач", **1989**, с.104.

1990. Уволились программисты — Александр Резницкий и Михаил Чудаков.

Закончился проект ПИОНЕР.

За нашей спиной в шесть тридцать остались — я знаю,—
Не только паденья, закаты, но взлёт и Восход.
Два провода голых, зубами скрипя, зачищаю, —
Восхода не видел, но понял: вот-вот — и взойдёт.

...Уходит обратно на нас поредевшая рота.
Что было — не важно, а важен лишь взорванный форт.
Мне хочется верить, что грубая наша работа
Вам дарит возможность беспошлинно видеть Восход.

Владимир Высоцкий "Черные бушлаты", 1972.

1990-1994. Программа "с нуля". Проект "CHESS COMPUTER SAPIENS".

Современные компьютеры — рабочие станции (workstation) корпорации Hewlett-Packard.

Новая команда программистов. (Мансуров, 2004).

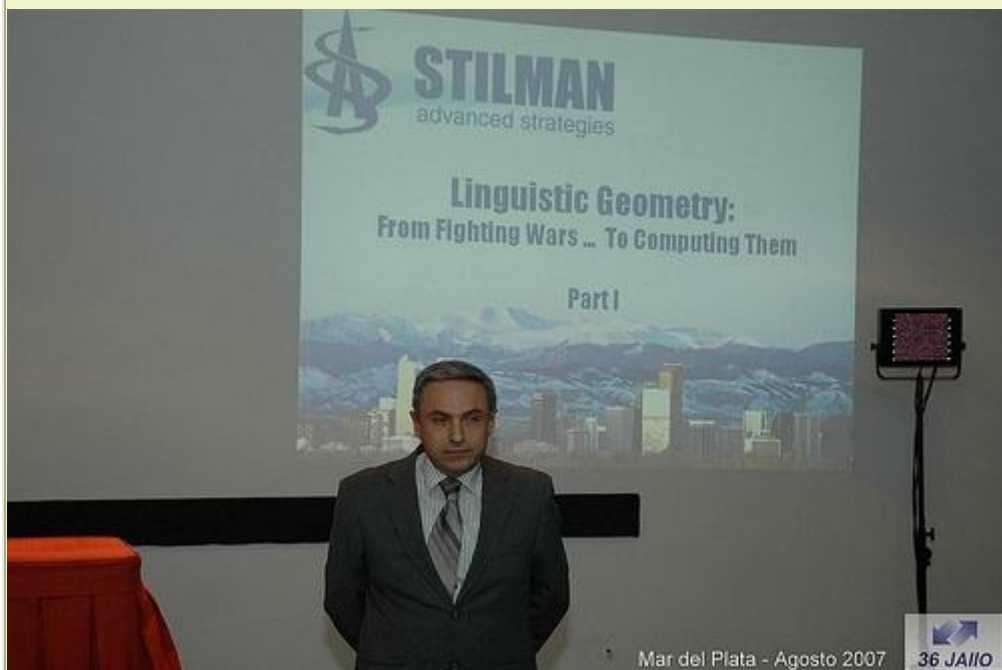
1995. Уход Ботвинника. (Мансуров, 2004)

1997. Книга воспоминаний: Ботвинник М.М., [У цели](#), Москва, 1997.

2000. Штильман Борис, "[Лингвистическая Геометрия: от Перебора к Построению](#)",

Stilman Boris (2000), "Linguistic Geometry: From Search to Construction", Series: [Operations Research/Computer Science Interfaces Series](#), Vol. 13, 2000, 416p., Hardcover, ISBN: 0-7923-7738-9, © Springer. Part of [Springer Science+Business Media](#)

2000-2010.



2007. док. Борис Штильман



От ПИОНЕРА к Лингвистической Геометрии

"... Когда великий Глюк
явился и открыл нам новы тайны
(глубокие, пленительные тайны !),
не бросил ли я всё, что прежде знал,
что так любил, чему так жарко верил,
и не пошёл ли бодро вслед за ним
безропотно, как тот, кто заблуждался
и встречным послан в сторону иную."

*Александр Пушкин
"Моцарт и Сальери", 1830.*

Проект ПИОНЕР закончился в конце 80-х годов одновременно с выходом последней научной книги Ботвинника (1989) о программировании шахмат, которую отделяло от предыдущей (1979) целых десять лет. Подводя итог этим исследованиям, Штильман (2000) пишет:

"Проект ПИОНЕР закончился разработкой одной из самых интересных и мощных эвристических моделей, основанной на эвристических сетях. Применение разработанной модели к шахматной игре было полностью реализовано в виде программы ПИОНЕР 1.x... Аналогичная эвристическая модель была также реализована для долгосрочного календарного планирования в виде набора программ ПИОНЕР 2.x, 3.x, 4.x. Они использовались для составления графика ремонтов электроагрегатов, для сглаживания графика потребления мощности и для планирования народного хозяйства в прежнем СССР... Эти модели... были представлены в форме идей, правдоподобных рассуждений и работающих программ."

Время ускоряло бег. На смену большим ЭВМ пришли персональные компьютеры, постепенно ставшие доступными широкой публике. В 1997 году компьютерная система Deep Blue фирмы IBM выиграла матч у чемпиона мира Гарри Каспарова (Е.Мансуров, 2004, ч.9,10). С точки зрения сторонников 1-го подхода ("брут форс") шахматы перестали быть "дрозофилой" ИИ (Донской, "Каисса"; Донской и Битман, 2002).

Однако, это было совсем не то, к чему стремился Ботвинник. О роли шахмат в ИИ Штильман (2000) пишет так:

"Когда работа над этой книгой была почти закончена, я узнал о следующем заявлении профессора Джона Маккарти (John McCarthy) из Стэнфордского Университета. В своих комментариях о решении шахматного этюда Рети компьютерами он писал: "Обратите внимание, что идея Рети может быть реализована на доске размером 100x100, и люди всё ещё смогут решать эту задачу, но современные программы [традиционные, т.е. работающие по методу "брут форс" — Б.Ш.] уже не смогут... Шахматы по-прежнему будут служить дрозодилой для ИИ, если исследователи попробуют создать программу, которая сможет решать задачи на доске произвольного размера. Однако, ИИ не будет продвигаться к человеческому уровню, если исследователи ИИ удовлетворятся методом "брут форс" как заменой интеллекта... Будет ли кто-нибудь серьёзно утверждать, что компьютер не сможет решить этюд Рети методом, отличным от "брут форс"?" (Маккарти, 1998). Конечно, LG была разработана независимо и за длительный период времени. Однако, удивительно, что исследования по LG вдохновлялись аналогичными

идеями."

С другой стороны, становление Лингвистической Геометрии в 90-х годах, как самостоятельной математической дисциплины, снимает с шахмат "ореол" исключительности — быть единственной "дрозофилой" ИИ, (Stilman, 2000). К тому же, длительный опыт программирования показал, что шахматная игра неудобна для математического моделирования из-за большой "ничейной зоны" (Битман), т.е. "область экстремума (победы) не допускает постепенного приближения (по градиенту)" (Штильман), или иначе область экстремума — не холм, а похожа скорее на дельта-функцию, т.к. зачастую только одна ветвь LG-дерева ведёт к победе, а остальные — к ничьей или к поражению, (Stilman, 2000).

Сегодня интересны приложения LG к робототехнике (Алферов Г.В., 1998), к системам реального времени (реакция LG-систем практически мгновенна, потому что они не перебирают всё подряд), к созданию беспилотных транспортных средств, а так же к тем наукоёмким областям, где имеется сложный перебор, возможно, что это — генетика, фармацевтика, информатика и пр. (Stilman, 2000).

Неудача Ботвинника (в создании играющей шахматной программы), который упорно искал алгоритм выбора лучшего хода в любой позиции (такого хода, какой сделают люди-гроссмейстеры), привела к пониманию неимоверной сложности такой постановки задачи, т.е. задачи построения человеческого дерева перебора для любой шахматной позиции (Линдер В. и Линдер И., 2001). Этого не хотят понимать сторонники подхода "брут форс" (Донской, "Крупные фигуры"; Мансуров, 2004). Проект ПИОНЕР (как LG-подход к шахматам) показал, что обучение прототипа шахматной LG-системы умению разыгрывать некоторые шахматные позиции (не говоря уже о любых) может быть очень сложным, и что такие исследования могут растянуться на годы. Так что шахматной программы по Ботвиннику пока нет.

Видимо сложность моделирования шахмат в проекте ПИОНЕР привела к такому высказыванию математика Штильмана: "Шахматы являются скорее скорлупой, которая закрывает ядро — LG-подход", отвлекая исследователей от успешного применения его в других прикладных областях, где нет таких, специфичных только для шахмат, особенностей, как блокада фигурой противника траектории атаки (т.е. не нужная жертва, лишь задерживающая на один ход продвижение стрелка к мишени, если она бессмысленна и не спасает ситуацию — то, что Ганс Берлинер назвал в своей диссертации 1974 года "эффектом горизонта", т.е. перенос неизбежной потери особо ценной мишени за горизонт, за предельную длину вариантов перебора (Лорьер, 1991)), взятие пешкой "на проходе"; рокировка и прочее. Конечно, для любителей шахматного программирования такое замечание может показаться неприятным и горьким, но так оно и есть.

Известно, что дорогостоящие научно-исследовательские проекты, как правило, рано или поздно заканчиваются ожидаемыми результатами, например Дип Блю (Deep Blue, IBM), победившая Каспарова. Заказчик какое-то время терпит отсутствие результата, соглашаясь с неизбежными трудностями, встающими перед исследователями, но потом требует результат во что бы то ни стало (любой ценой). Как следствие, в 80% проектов результаты "натянуты", т.е. не совсем достоверны, т.к. не все проблемы удалось решить. Лишь мизерная часть проектов приводит не к ожидаемым, а к неожиданным результатам (по принципу — новое знание только расширяет границы нашего незнания или, как говорили древние, "во многой мудрости много печали"). Может быть к таким

проектам относится и ПИОНЕР в смысле "главной" цели — создание шахматной программы, которая строит дерево как человек-гроссмейстер. Хотя, как научный проект, ПИОНЕР выглядел вполне достойно и даже можно считать его успешным. Однако, тем *неожиданным* результатом (с точки зрения Ботвинника) оказалась Лингвистическая Геометрия, которую правильнее (и проще для нас) связывать с именем Бориса Штильмана, хотя он не забывает отметить, что в создание LG-подхода к решению сложных переборных задач были вовлечены многие научные сотрудники (участники проекта ПИОНЕР), крупные учёные и финансовые организации (Stilman, 2000).

Всё же, пока не создан программный мастер (wizard), который бы генерировал прототипы LG-систем для разных прикладных областей, создавать LG-системы в этих областях без эксперта-человека затруднительно. Поэтому шахматы всё ещё остаются той областью, для которой прототипы LG-систем создавать можно, т.к. люди-эксперты, понимающие эту игру, есть (Stilman, 2000).

Тесты для шахматной LG-системы

"Отыщи всему начало, и ты многое поймёшь"

Козьма Прутков
"Мысли и афоризмы-2", 92.

Программы — прототипы LG-систем — очень **сложны в отладке**, т.к. сама модель является сложной, особенно когда ещё не всё себе представляешь. Кроме того, приходится тестировать много разных алгоритмов сокращения дерева перебора. Поэтому для прототипов LG-систем необходимо иметь классы тестов возрастающей трудности. Классификацию сложных тестов приводит (Stilman, 2000). Однако в самом начале разработки программных LG-систем нужно располагать примитивными тестами. Опять же Штильман, ещё в препринте (1976aa) рассматривал простую позицию (искусственного) шахматного эндшпиля для иллюстрации работы программы ПИОНЕР при формировании зоны.

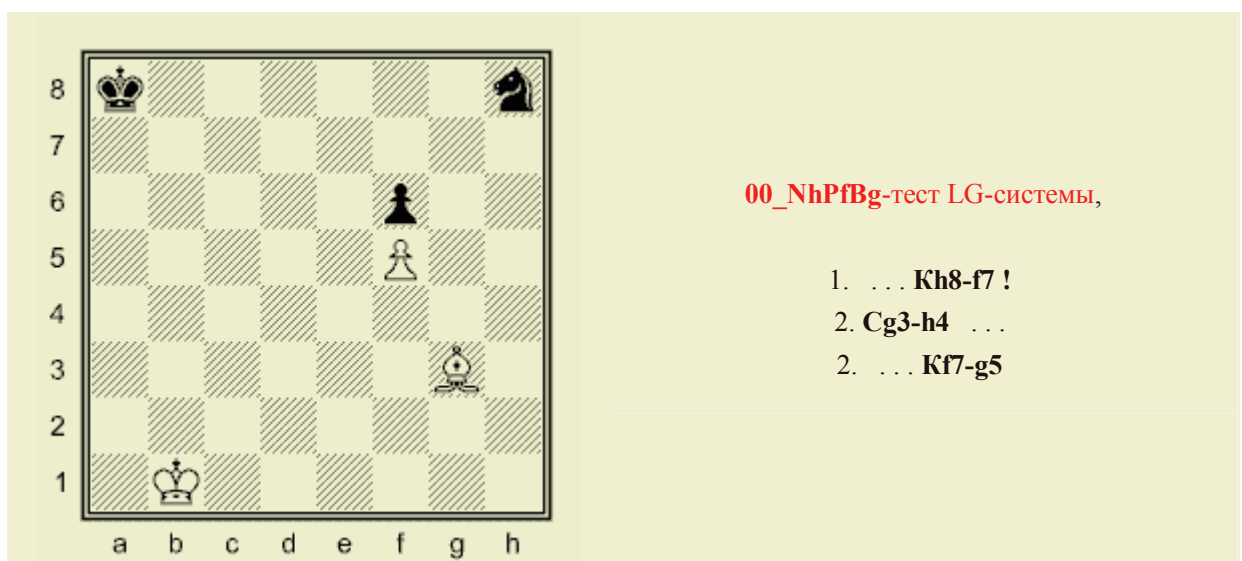


Рис.1 "00_NhPfBg"-тест LG-системы

LG-анализ подобных позиций показывает, что они состоят из одной-двух зон, а пучок нападения

комлевой фигуры имеет одну-две траектории. По аналогии с той позицией, я построил [набор](#) тестовых позиций, которые называю вариациями "0-теста Б.Штильмана" для прототипа своей шахматной LG-системы.

Основными источниками, содержащими формализацию алгоритмов и блок-схемы, которые я использовал для программирования, были, написанные Штильманом, приложения в книгах Ботвинника (1975, 1979) плюс здравый смысл. Программа создавалась долго и с перерывами, но отступать мне не хотелось. В начале я просто программировал алгоритмы ПИОНЕРА, проникаясь пониманием модели, не раз переделывая программу, переоткрывая для себя то, к чему пришли в конце 70-х годов математики Ботвинника (Штильман, 1981) — это то, что модель (с точки зрения программирования) является многоуровневой иерархией списков (цепочек) — динамических структур данных (Штильман называет это "[динамической иерархией подсистем](#)", 2000). Но когда в 2002 году я нашёл в интернете [сайт](#) Бориса Штильмана с его статьями по LG, то очень обрадовался. Значит то, чем я занимался — это не просто программирование игры, а — современная математика. Хотя моя программа ещё может содержать ошибки, да и возможности её пока скромные (ведь в шахматы, как и ПИОНЕР, она не играет), тем не менее, она демонстрирует (для тестовых позиций) процесс построения LG-дерева и показывает (в виде карты полей) на шахматной доске *зоны атаки, траектории* комля, отрицающих фигур и *траектории* отступления мишени.

О языке программирования LG-систем

"Зри в корень"

*Козьма Прутков
"Мысли и афоризмы", 5.*

Непредсказуемая сложность и специфичность программных прототипов LG-систем убеждает, что создавать их нужно на каком-то метаязыке (высокого уровня и ориентированном на LG). В 80-х годах средой для разработки прототипов LG-систем была система PW (Мирный В.Р. и др., 1986; Мирный В.Р., Чудаков М.В., Штильман Б.М., 1988; Stilman B., 1994f, 2000). Метаязык в PW был написан на расширенной версии (алголоподобного) языка Дейкстра (Штильман, 2000):

"Хотя язык *Dijkstra* (Дейкстра, 1976; Грис, 1983; Штильман, 1994f) был входным языком (транслятора), полностью реализованным в PW, фактическая разработка (включая отладку) проводилась с использованием проблемно-ориентированного языка очень высокого уровня. PW позволила нам создавать, расширять и поддерживать различные версии этого языка и для других проблемных областей. PW была реализована на IBM 370/144 — оригинальном американском компьютере, на котором в эти годы и велась разработка ПИОНЕРА. Позже, PW инструменты использовались в нескольких НИИ на советских ЭВМ для разработки и поддержки крупномасштабных проектов в области Искусственного Интеллекта. Инструменты PW были подготовлены к модернизации для поддержки объектно-ориентированного программирования."

В 90-х годах полноценные прототипы LG-систем успешно создавались на языке CLIPS — функциональном расширении языка LISP (Штильман, 2000):

"Несколько общих LG-грамматик были впервые реализованы в Университете Колорадо в Денвере в 1993 году Д.Кингом и Р.Матьюсом с использованием языка CLIPS и языка С,соответственно (Кинг, 1993) и (Матьюс, 1993). В то время как Р.Матьюс реализовал только два уровня иерархии — Траектории и Зоны (на С), Д.Кинг разработал прототип полномасштабной иерархии грамматик, используя среду программирования CLIPS. Он показал также, что инструменты программирования CLIPS (Гиарратано и Рилей, 1998), предназначенные первоначально для разработки экспертных систем, продемонстрировали высокую эффективность для быстрой реализации LG-грамматик. Конечно, эффективность на этапе разработки была достигнута за счёт снижения эффективности на этапе исполнения. Однако эти инструменты могут послужить основой для разработки прототипов."

Когда я искал язык для написания шахматной программы по Ботвиннику, то был восхищён языком Алгол-68 для ЕС ЭВМ (80-е годы), а затем — языком Модула-2 (начало 90-х годов). Эти языки называют алголо-, паскале-, оберон-подобными языками. Такие языки с жёсткой типизацией дисциплинируют мышление программиста и фактически ведут его за собой (по своей внутренней логике) при разработке сложной программы (с многочисленными произвольными типами данных). Со временем я убедился, что мой стиль программирования очень похож на тот, о котором писал Дейкстра (1976), т.е. я оказался вполне подготовленным для программирования прототипа шахматной LG-системы.

Сейчас моя программа написана на языке Модула-2 с ООП-расширениями для MS DOS. В перспективе её не сложно переписать на такие языки:

- 1) Компонентный Паскаль (КП) для среды Блэкбокс, т.е.
[BlackBox Component Pascal](#) для **Win32** или
[Gardens Point Component Pascal \(gpcp\) for .NET](#) или [\(gpcp\) for JavaVM](#);
- 2) [Active Oberon for .NET](#);
- 3) [Zonnon for .NET](#);
- 4) [Canterbury Modula-2 for JavaVM](#) или
[Canterbury Oberon-2 for JavaVM](#);
- 5) [Pow! Oberon-2 for Win32](#);
- 6) [СтранниК Модула-Си-Паскаль for Win32](#);
- 7) [Native XDS-x86 Modula-2/Oberon-2 for Win32, Linux](#).

P.S. Об этих современных языках можно прочесть на CD-дисках "Мир ПК Диск" 2003-2005 годах — приложениях к журналу "Мир ПК" — в разделе "Студия программирования", который ведёт Руслан Богатырев (bogatyrev@pcworld.ru).

Пишут о проекте ПИОНЕР

(цитаты из статей)

ИНФОРМАЦИЯ К РАЗМЫШЛЕНИЮ. БЛОК № 0:

Страсти по Ботвиннику

Кто Вы, доктор Ботвинник ?

О Михаиле Ботвиннике

"Большой Энциклопедический Словарь",

статья "[Ботвинник](#)"

"Энциклопедия шахмат", раздел "[Ботвинник](#)"

ИНФОРМАЦИЯ К РАЗМЫШЛЕНИЮ. БЛОК № 1:

Страсти по ПИОНЕРу

К истории "незаконченной" программы

МОДЕЛЬ игры

"Энциклопедия шахмат", раздел "Ботвинник"

из главы 5. [ЭПИЛОГ](#)

"Энциклопедия шахмат", раздел "Ботвинник"

из главы 1. [АЛГОРИТМ МАСТЕРА](#)

"ПИОНЕР",

Как всё начиналось — рассказывает Михаил Моисеевич Ботвинник

["...нашел цель неточной игры в шахматы"](#)

Из гл. "К достижению цели. Алгоритм игры в шахматы" в кн. Ботвинник,

"Аналитические и критические работы 1928-1986. Статьи. Воспоминания", [1987е](#), с.483-484.

["...состоялось обсуждение"](#)

Из гл. "К достижению цели. Алгоритм игры в шахматы" в кн. Ботвинник,

"Аналитические и критические работы 1928-1986. Статьи. Воспоминания", [1987е](#), с.490-491.

["...пришло письмо от Бутенко из Новосибирска с отказом от дальнейшей работы"](#)

Из гл. "К достижению цели. Искусственный шахматист" в кн. Ботвинник,
"Аналитические и критические работы 1928-1986. Статьи. Воспоминания", 1987ee, с.503-504.

"Б.Штильман работал со всей энергией."

Из Приложения 2 "Как создавался шахматный метод"
в кн. Ботвинник, "Шахматный метод решения переборных задач", 1989, с.100.

"...пришлось программу «крестить»"

Из гл. "К достижению цели. Искусственный шахматист" в кн. Ботвинник,
"Аналитические и критические работы 1928-1986. Статьи. Воспоминания", 1987ee, с.512.

"процесс шахматной игры... состоит в обобщённом размене"

Из кн. Ботвинник,

"Алгоритм игры в шахматы", 1968, с.29-30.

"материал и контроль полей"

Из "Послесловия" в кн. Ботвинник,

"О кибернетической цели игры", 1975, с.68.

"...если бы Капабланку попросили составить алгоритм игры в шахматы"

Из гл. "Портреты. Х.Р.Капабланка" в кн. Ботвинник,

"Аналитические и критические работы 1928-1986. Статьи. Воспоминания", 1987f, с.27.

"Но как эти конъюнктурные стоимости формализовать и вычислять?"

Из ст. "Методом «божьей коровки»" в кн. Ботвинник,

"Аналитические и критические работы 1928-1986. Статьи. Воспоминания", 1987, с.246-247.

"размен материальных и конъюнктурных стоимостей фигур..."

Из ст. "Шахматы и принятие решений" в кн. Ботвинник,

"Аналитические и критические работы 1928-1986. Статьи. Воспоминания", 1987b, с.241.

"зона игры была превращена в цепочку фигур"

Из кн. Ботвинник,

"Шахматный метод решения переборных задач", 1989, с.15.

"Б.Штильман «покатил налево»"

Из Приложения 2 "Как создавался шахматный метод"

в кн. Ботвинник, "Шахматный метод решения переборных задач", 1989, с.103.

"К тому времени мы уже перестали бедствовать с машинным временем."

Из гл. "К достижению цели. Искусственный шахматист" в кн. Ботвинник,

"Аналитические и критические работы 1928-1986. Статьи. Воспоминания", 1987ee, с.519-520.

"А как же с шахматной программой ?"

Из гл. "К достижению цели. Искусственный шахматист" в кн. Ботвинник,

"Аналитические и критические работы 1928-1986. Статьи. Воспоминания", 1987ee, с.521.

"Лишь когда надо улучшать текущий оптимальный вариант в переборе"

Из кн. Ботвинник,

"Шахматный метод решения переборных задач", 1989, с.27.

"замена пятнышек на метки потребует новой подпрограммы составления цепочек"

Из кн. Ботвинник,

"Шахматный метод решения переборных задач", 1989, с.27.

"...надо было сделать более экономный и близкий алгоритму мастера вариант программы..."

Из кн. Ботвинник,

"Шахматный метод решения переборных задач", 1989, с.104.

Из статьи кандидата технических наук Валерия Родикова , "ЭВМ: Дорога к мастерству", журнал "64 — Шахматное обозрение", СССР, 1980 г., № 4. Из интервью доктора технических наук, экс-чемпиона мира Михаила Ботвинника для журнала "Шахматы", СССР, 1987 г., № 11. Из интервью Михаила Ботвинника для журнала "Шахматы", СССР, 1975 г., № 7. Из выступления Михаила Ботвинника на семинаре по вопросам шахматной программы ПИОНЕР и современным персональным компьютерам, Москва, СССР, 1988 г. Из статьи младшего научного сотрудника ВНИИЭ М.Чудакова "Как дела, ПИОНЕР?", журнал "Шахматы в СССР", 1987 г., № 3. "Существует легенда, будто Ботвинник стоял у... Но его программа «Пионер» так и не сделала..." "Осень патриарха. Еврейско-армянская битва во славу русского народа", "Московский комсомолец", Россия, июнь 2003 г.
"...шахматная программа ПИОНЕР прекрасно...", Шахматный Сатирик Пьера Собаккина "...Ботвинник, будучи большим приверженцем ... программой «Пионер»" OSP.RU:Издательство "Открытые системы", 1999
ICCA members and other interested in Computer Chess Hans Berliner, Date: 1993-07-09 Botvinnik on Computer Chess Louis Blair, Date: 6 Oct 89 Botvinnik on Computer Chess Jonathan Schaeffer, Date: 1996/10/23 "...Didn't Hans Berliner write about this sort of thing in the first page or two of his article about Botvinnik's 'feats'..." Jonathan Schaeffer, Date: 1996/10/23 "...Early Artificial Intelligence (AI) researchers were interested in Chess...", Computers and Chess

ИНФОРМАЦИЯ К РАЗМЫШЛЕНИЮ. БЛОК № 2: Страсти по ПИОНЕРу
К истории "незаконченной" программы (продолжение) Рассказывает Михаил Донской "Михаил Донской: Я Билла Гейтса ни в чем не виню...", статья Алены Кухаревой, ИД "Компьютерра, 2003. Сайт "Домашний компьютер" — приложение к интернет-изданию "Компьюлента"

"Крупные фигуры",
статья генерального директора компании "DISCO" **Михаила Донского**,
журнал "ИнфоБизнес", Россия, 2002 г.; № 198.
"Каисса",
статья **Михаила Донского**
"Компьютерные программы, как конец спортивных шахмат",
Ведущий радио "Свобода" **Александр Костинский**

ИНФОРМАЦИЯ К РАЗМЫШЛЕНИЮ. БЛОК № 3:

После ПИОНЕРа

Современные компьютерные "гроссы"

МОДЕЛЬ ++ (SmarThink и др.)

Сайт "Рабочей группы по искусственному интеллекту"

SmarThink, на сайте "Рабочей группы по искусственному интеллекту"

Новости компьютерных шахмат,
на сайте "Сергея и Дмитрия"

sdchess.net,

sdchess.net - сайт шахматного программирования

ИНФОРМАЦИЯ К РАЗМЫШЛЕНИЮ. БЛОК № 4:

После ПИОНЕРа

Современные компьютерные "гроссы" (продолжение)

Шахматный гений: человек или компьютер ?

"Шахматный гений: человек или компьютер ?",

Издательство "Открытые системы"

ИНФОРМАЦИЯ К РАЗМЫШЛЕНИЮ. БЛОК № 5:

Послесловие

Люди за шахматной доской

О красоте шахмат

"О красоте шахмат"

(размышления писателя и болельщика о стиле Ботвинника и Таля),

"Шахматы в России", 1998, №5-6, **Владимир Барлас**.

<http://atimopheyev.narod.ru/AfterPIONEER/info/PIONEER/0.htm>

О Михаиле Ботвиннике

<http://education.kulichki.net/dic/2k.html>



"БОТВИННИК Михаил Моисеевич (1911-95), российский шахматист, гроссмейстер СССР (1935) и международный гроссмейстер (1950), заслуженный мастер спорта (1945), доктор технических наук (1951), заслуженный деятель науки и техники России (1991). 6-й чемпион мира (1948-57, 1958-60, 1961-63), СССР (7 раз в 1931-52).

Книги:

- "Полвека в шахматах" (1978),
- "От шахматиста — к машине" (1979) и др.

БОТВИННИК Михаил Моисеевич [17 (30) августа 1911, Куоккала, ныне Репино, Ленинградская обл. — 5 мая 1995, Москва],

российский шахматист. 6-й в истории шахмат чемпион мира (1948-57, 1958-60, 1961-63).

Международный гроссмейстер (1950), заслуженный мастер спорта (1945). 7-кратный чемпион СССР (1931-1952). Заслуженный работник культуры РСФСР (1971). Доктор технических наук, профессор.



Первые успехи.

Научился играть в шахматы в 12 лет и уже через два года имел первый разряд. Победа над чемпионом мира Х.Р.Капабланкой в сеансе одновременной игры (1925, Ленинград) принесла ему первую известность и придала уверенность в своих силах. В 16 лет самый молодой мастер спорта в стране успешно дебютировал в чемпионате СССР, поделив 5-6-е места среди 21 участника. В 1928-1932 учился в Политехническом институте. В начале 1930-х стал одним из сильнейших шахматистов страны после побед на чемпионатах СССР (1931, 1933) и Ленинграда (1931-1932).



В 1933 сыграл вничью (3:3) матч с С.Флором, гроссмейстером из Чехословакии, впоследствии жившим в СССР. В 1935 женился на Гаянэ Ананевой — балерине Мариинского театра, ставшей верной спутницей жизни.

Практик и аналитик.

В 1935-36, после успешного выступления в трех крупных международных турнирах, заняв 1-е и 2-е места в Москве (1935) и Ноттингеме (1936) и 2-е место в Москве (1936), стал одним из претендентов на мировое первенство и достиг договоренности играть матч с А.Алехиным, который отмечал у молодого соперника, помимо большого таланта, необходимые для успеха "бесстрашие, выдержку, точное чутье". Из-за начавшейся войны матч не состоялся. Много времени уделял аналитической работе над шахматами, разработал и опубликовал (1939) специальную методику подготовки к



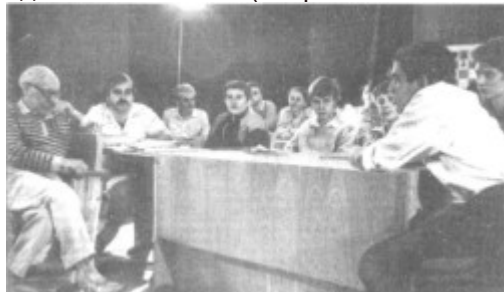
соревнованиям, ставшую руководством для нескольких поколений отечественных шахматистов. Стил ь его игры претерпел эволюцию от комбинированного к универсальному. Внес ценный вклад в развитие дебютной теории, введя в практику новые продолжения в английском начале, славянской и голландской защитах и ряде других дебютов. Будущий чемпион мира по шахматам во время войны работал в Перми инженером как специалист по высоковольтной изоляции. В 1945 возглавлял сборную СССР в историческом радиоматче с командой США, в котором советские шахматисты победили 15,5:4,5 (Ботвинник выиграл на первой доске у чемпиона США А.Денкера со счетом 2:0). После внезапной смерти Алехина (1946) стал основным претендентом на звание чемпиона мира. Выиграл крупные турниры в Гронингене (1946) и Москве (1947). Победив в матче-турнире на первенство мира (1948), стал шестым в истории шахмат чемпионом мира, опередив второго призера на три очка. В 1951-63 сыграл 7 матчей на первенство мира — два вничью 12:12 (с Д.Бронштейном, 1951 и В.Смысловым, 1954), три проиграл (В.Смыслову, 1957 — 9,5:12,5; М. Талю, 1960 — 8,5:12,5 и Т. Петросяну, 1963 — 9,5:12,5) и выиграл два матча-реванша (у В.Смылова, 1958 — 12,5:10,5 и у М.Таля, 1961 — 13:8), стал единственным шахматистом, дважды возвратившим звание чемпиона. Его слова "один матч на первенство мира отнимает два года жизни" нередко повторяли последующие чемпионы.

Научная и педагогическая деятельность.



Успешно совмещал шахматную деятельность с научной работой в области электроэнергетики, став автором ряда изобретений, запатентованных в различных странах мира. В 1951 защитил докторскую диссертацию на тему: "Регулирование возбуждения и статическая устойчивость синхронной машины". С начала 1970-х годов работал над созданием **искусственного шахматного мастера** — компьютерной программы "Пионер". В течение многих лет руководил юношеской шахматной школой, в которой занимались будущие чемпионы мира А.Карпов и Г.Каспаров, известные международные гроссмейстеры А.Соколов, А.Юсупов, Е.Ахмыловская-Дональдсон, Н.Иоселиани и др. гроссмейстеры и мастера. Около 30 лет возглавлял общество дружбы "СССР —

Нидерланды". Всего сыграл в турнирах и матчах 1202 партии, в которых одержал 610 побед и сделал 453 ничьих (набрал около 70% очков).





Сочинения:

- "Советская шахматная школа". М., 1951.
- "Три матча А.Карпова". М., 1975.
- "Полвека в шахматах". М., 1979.
- "Аналитические и критические работы". М., 1984-87. Т. 1-4.

Литература:

- Левин К.М. "Ботвинник". М., 1951.
- "Шахматное творчество Ботвинника", Сост. В.Д.Батуринский. М., 1965-68 гг. Т.1-3.

В.Линдер и И.Линдер,

"Большой Энциклопедический Словарь", статья "Ботвинник"

<http://education.kulichki.net/dic/2k.html>

<http://atimophev.narod.ru/AfterPIONEER/info/PIONEER/1.htm>

ИНФОРМАЦИЯ К РАЗМЫШЛЕНИЮ. БЛОК № 1:

Страсти по ПИОНЕРУ

К истории "незаконченной" программы
(пишет Михаил Ботвинник)

МОДЕЛЬ игры





"Возможности человека ограничены. Объем экономической задачи ему не под силу. Ему должен помочь компьютер. Компьютер даёт объективное решение задачи. Программе всё равно, какая форма собственности. Она даёт максимальную прибыль. Задача управления экономикой проще шахмат. Экономическую программу я закончил. А шахматную — её всё равно не закончить. Она сложнее, чем экономическая..."

"Энциклопедия шахмат", раздел "Ботвинник",
из главы 5. [ЭПИЛОГ](#)

"Энциклопедия шахмат", раздел "Ботвинник",
из главы 1. [АЛГОРИТМ МАСТЕРА](#)

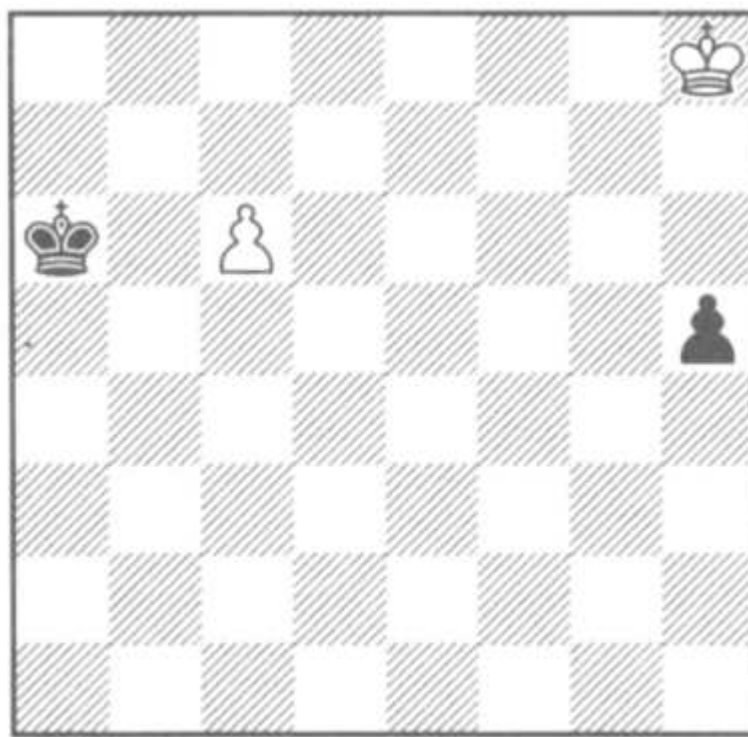
Идея создания "электронного шахматиста" возникла у Ботвинника еще в 1958 году во время теледискуссии с Максом Эйве (см. [Нидерланды](#)). С тех пор и до последних дней жизни она неотступно преследовала первого советского чемпиона мира.

С самого начала, когда ЭВМ еще играла на уровне начинающего любителя, она пыталась "объять необъятное" в любой позиции, ведя поиск решения путем полного перебора вариантов. Тогда Ботвинник поставил перед собой задачу сократить "дерево перебора" и ограничить длину рассчитываемых вариантов. Ведь полное "дерево перебора" содержит по расчету математиков около 10^{120} позиций! И это навело его на мысль — изменить саму цель поиска — вместо точной игры с конечным матом достигать неточной игрой выигрыша материала, что дает резкое сокращение перебора.

Новый подход к исследованию проблемы "ЭВМ и шахматы" Ботвинник стал пропагандировать в публичных выступлениях. Еще в 1960-61 годах он прочитал в Берлине, в Университете им. Гумбольдта, лекцию на тему "[Люди и машины за шахматной доской](#)" (см. также Ботвинник М.М., [ПИОНЕР](#)). Затем опубликовал статью в "Комсомольской правде". А 13 мая 1966 года организовал диспут в Центральном шахматном клубе в Москве (Ботвинник, [1987](#), [1997](#)) с участием математиков и шахматистов. Встречался он и с Клодом Шенноном. В 1968 году в издательстве "Наука" вышла книга Ботвинника "[Алгоритм игры в шахматы](#)"; через три года она была издана на английском языке в Нью-Йорке (Botvinnik, [1970](#)). В ней он сформулировал метод моделирования мышления шахматного мастера при выборе хода, построенного на позиционной оценке, отмечающей все побочные и ненужные ходы и варианты.

Ботвинник показал перспективность "неточной цели игры" при решении отдельных задач экономики, имеющих переборной характер, в частности, при планировании ремонтов оборудования электростанций в масштабах Единой энергосистемы СССР. Это помогло ему в 1972 году пробить "китайскую стену" непонимания в Госкомитете по науке и технике (ГКНТ), Министерстве энергетики и Главном вычислительном центре Госплана СССР. Было получено согласие открыть научную тему для работы над шахматной программой и выделено на ее исследование "машинное время".

В интервью еженедельнику "64" Ботвинник упомянул о поиске программистов — и вскоре был завален письмами — 20 из Москвы, 10 — из других городов страны, по одному — из Голландии и Австралии (!). Четыре года спустя его безымянная программа получила название ПИОНЕР ("Пионер"). К тому времени она неплохо разбиралась в дебюте и эндшпиле, а ее логическое мышление напоминало мышление шахматиста. Первым достижением "Пионера" явилось решение



Ничья

1. Kpg7 h4 2. Kpf6 h3 3. Kpe6 h2
4. c7; 2...Kpb6 3. Kpe5 h3 4. Kpd6 h2
5. c7.

известного этюда Рети.

За ним последовали решения отдельных этюдов Каминера и Надареишвили и, наконец, гордостью Ботвинника стало нахождение "Пионером" выигрыша в позиции из партии Ботвинник—Капабланка. По мере усиления дееспособности "Пионера" Ботвинник считал своим долгом делать это достоянием широкой общественности. В 1975 году в издательстве "Советское радио" вышла его книга "О кибернетической цели игры", через четыре года в том же издательстве появилась новая книга "О решении неточных переборных задач". В приложении к шахматной игре эта тема была развита Ботвинником в книге "Шахматный метод решения переборных задач", вышедшей в 1989 году в издательстве "Советский спорт".

В основу своих исследований, как уже отмечалось, Ботвинник стремился положить метод позиционной оценки, который использует мастер, когда ищет ход. Но, увы, есть в шахматах и факторы, не поддающиеся моделированию — интуиция и, в определенной мере, фантазия мастера, порою противоречащие формальной логике, но составляющие одну из основ шахматного искусства. Быть может, поэтому априори была неразрешимой сама идея создания искусственного шахматного интеллекта в том виде, как она была задумана и на протяжении долгих лет составляла мечту шестого

чемпиона мира и ученого.

И хотя в конце жизни Ботвинник всё более убеждался, что в решении проблемы создания "электронного шахматиста" человечество достигало всё большего успеха, идя по другому пути — резкого увеличения быстродействия и объема памяти ЭВМ, он не сдавался, надеясь на "познание и формализацию алгоритма шахматного мастера". Он отметал мысль о том, что будущий "электронный шахматист" погубит древнюю и мудрую игру. Ботвинник был оптимистом и в ответ на эти обвинения отвечал: "Многие боятся, что изобретение такой машины принесет техническую смерть шахматам. Я в это не верю. Скоро сто лет изобретению автомобиля, а люди с удовольствием соревнуются в беге на стадионе. Я думаю, что шахматная машина принесёт ещё большую популярность шахматам".

"Энциклопедия шахмат", раздел "Ботвинник",
из главы 1. АЛГОРИТМ МАСТЕРА

<http://adamant1.fromru.com/pioneer.html>

ПИОНЕР

Историю попытки создания "электронного шахматного мастера" рассказывает Михаил Моисеевич Ботвинник.

Как всё начиналось

Все началось с лекции в Берлине в Университете им. Гумбольдта, прочитанной в ноябре 1960 г. В январе 1961 г. в сокращенном виде она была опубликована в "Комсомольской правде" под названием — "Люди и машины за шахматной доской" (в полном объеме — месяц спустя в журнале "Шахматы в СССР", 1961).



Привожу наиболее существенные моменты этой лекции.

“...рассмотрим процесс мышления шахматиста. Каждый из нас знает, что никогда шахматист не рассчитывает все возможные варианты, не смотрит все ходы, возможные на доске... шахматист во время партии в данной позиции, которую он обдумывает, рассматривает примерно 2-4 хода; определяет он эти ходы интуитивно, на основании опыта и т.п. Если учесть, что в среднем партия длится ходов сорок, то примерно за партию шахматист должен проанализировать не более 100 первых ходов... Разумеется, шахматист в процессе расчета в общей сложности рассматривает не 100 ходов во время партии, а анализирует несравненно больше. Если в среднем вариант рассматривается хода на 2-3, то и тогда цифра анализируемых ходов получается достаточно внушительная.

Следует ещё учесть, что шахматист во время расчетов не видит всей доски с 64 полями. Это существенно облегчает анализ во время партии. Одновременно шахматист имеет в поле зрения,

скажем, полей 8-16, то есть задача анализа облегчается в несколько раз. Надо отметить также, что на некоторые фигуры шахматист не обращает внимания. Из общего числа в расчете принимают участие 3-6 фигур. Новое облегчение задачи. Таким образом, во время партии шахматист анализирует передвижения ограниченного количества фигур на ограниченном участке доски, анализирует передвижения лишь тех фигур, которые непосредственно участвуют в столкновениях, и лишь на тех полях, где эти столкновения возможны. Иначе говоря, он рассматривает лишь те фигуры, что непосредственно взаимодействуют с неприятельскими, и лишь те поля, где это взаимодействие возможно. Но как проверить, правильно ли выбраны эти фигуры и эти поля? Для этого, пожалуй, есть один способ. Назовем этот метод условно "методом последовательных приближений". Мастер выбирает ход, анализирует его; если в процессе анализа включаются в игру новые фигуры и поля, то собранная информация используется при повторном рассмотрении и т.д. Анализ, повторенный несколько раз, позволит в достаточной (или, увы, недостаточной) точностью определить эти взаимодействующие фигуры и поля — тогда уже расчет производится начисто".

Самое главное, что содержалось лекции:

- 1) шахматист, когда считает варианты, "видит лишь часть фигур и часть доски;
- 2) в вариантах содержится небольшое количество ходов и
- 3) шахматист действует методом последовательных приближений.

В этом истина. На формализацию и реализацию этих простых идей ушли годы. Шагнуть от мастера к машине оказалось делом сложным: надо было найти путь к формированию небольшого дерева перебора.

Цель неточной игры

На нахождение цели неточной игры ушло три с половиной года. Мат — цель точной игры; цель достигнута — игра закончена. А как же в анализе усеченного дерева? Там цель точной игры (мат) бесполезна, как правило, варианты в усеченном дереве не могут быть завершены из-за мата. Во всех играющих программах (кроме "Пионера") цели неточной игры нет. Это приводит к тому, что усеченное дерево, содержит в основном, мусор, так как варианты обрываются не по смыслу, а по достижении предельной длины. Итак, при формировании усеченного дерева должна действовать цель неточной игры.

В шахматах цель неточной игры — выигрыш материала. По типу это будет та же цель, что и точная (мат). В 1964 году я нашел, что в шахматах все начинается с нападения на фигуры противника, с выигрыша материала. Но ведь траекторий, по которым можно напасть на фигуры противника превеликое множество! Как ограничить информацию об этом ?

Горизонт

Горизонт — это предельно допустимое время в полуходах, которое дано для взятия неприятельской фигуры. Таким образом, горизонт лимитирует время передвижения фигуры по траектории к конечному полю этой траектории, иначе говоря горизонт лимитирует число передвижений фигуры по ее траектории. В середине игры горизонт шахматного мастера равен примерно 4 полуходам (траектория из двух передвижений) — фигур много, целей (мишеней) —

сокращается. В эндшпиле фигур мало, горизонт должен расти (особенно с разменом дальнбойных фигур), что способствует поддержанию разумного числа нападений.

Оценочная функция

Обычно математики используют при формировании дерева только оценочную функцию, пренебрегая целью неточной игры. Должен сознаться, что сам смешивал эти два понятия, не усматривая между ними какого-либо различия. А различие есть, и весьма существенное.

Функция оценки позволяет подсчитать результат игры в каждом узле дерева перебора, в том числе и в конечном узле варианта перебора. Можно сказать, что функция оценки позволяет оценить, насколько хорошо (или плохо) достигнута в варианте цель игры. Оптимальный же вариант, определяемый минимаксной процедурой, основывающейся на значениях оценочной функции в конечных узлах вариантов перебора, дает возможность оценить достижение цели во всем объеме дерева перебора.

Когда есть в программе лишь оценочная функция, оборвать и отсеять варианты логически, определить логическое направление движения фигур нет возможности. Тогда и продолжаются все варианты до предельной длины... Некоторые специалисты утверждают, что цель игры состоит в максимизации оценочной функции — это камуфляж отсутствия цели. Максимизация оценочной функции всего лишь элемент минимаксной процедуры, и не более! Без цели игры небольшое, "человеческое" дерево перебора не сформировать.

Многоступенчатость

Когда цель неточной игры есть, решающее влияние на размер дерева оказывает многоступенчатость исследуемой системы. Если рассматривать шахматную игру как единое целое, как единую систему, то небольшого дерева не сформируешь. Можно считать, что **шахматный мастер воспринимает шахматы как трехступенчатую систему управления.**

Низшие ступени (1) соединяются в средние (2), а затем — в единую высшую (3). Это весьма выгодное дело по сравнению с единой, одноступенчатой системой — с точки зрения поиска решения. Единую систему и нужно анализировать. А когда система многоступенчатая, можно лавировать. Шахматная доска заменяется ее математическим отображением (МО), моделью, которая и подлежит анализу. В это МО мы уже можем включать не все первые ступени и не все вторые ступени, а лишь те ступени, что могут повлиять на выбор хода (принятие решения). Это приводит к дополнительному сокращению дерева перебора.

Первой ступенью шахматной системы управления является фигура, атакующая по траектории нападения неприятельскую фигуру. Первая ступень сама по себе является элементарной системой управления, и у нее должна быть цель игры — в данном случае целью игры является выигрыш неприятельской фигуры (мишени). Это было установлено в 1964 году. С этого момента, до формализации второй ступени — зоны игры — ушло долгих пять лет...

Чтобы понять суть дела, достаточно ознакомиться с зоной нападения. В зону входит атакующая фигура (+) с траекторией нападения (эта траектория названа комлевой), атакованная фигура (-) —

они входят в первую ступень, а также две "команды" отрицающих фигур разного цвета, действующих по траекториям отрицания. Фигуры (+) поддерживают действия комлевой (атакующей) фигуры, фигуры (-) — препятствуют действиям фигур (+). Отрицающие фигуры (+) находятся на расстоянии всего в одно передвижение от конечных полей своих траекторий. Они находятся в засаде и не имеют права двигаться вперед, так как принято, что лишь одна фигура (комлевая) стороны (+) перемещается по комлевой траектории по направлению к своей цели (мишени). Пока же движется комлевая фигура (+), могут перемещаться отрицающие фигуры (-), но чем ближе комлевая фигура к своей цели, тем меньше времени остается для фигур (-), чтобы поспеть к конечным полям своих траекторий. Это приводит к тому, что "горизонт" для отрицающих фигур (-), который определяют фигуры (-), участвующие в зоне (в отличие от предельного "горизонта" для комлевой фигуры), является величиной переменной. Наивысшее значение этого переменного горизонта H_x связано со значением предельного горизонта, которому был присвоен индекс H_{Lim} .

Таким образом, вторая ступень — зона игры — оказалась строго детерминированной, что и позволило впоследствии представить образование зоны в виде программы для ЭВМ. Третья, высшая ступень — МО была введена в алгоритм тогда же, но формализована была значительно позже — через 9 лет, да и то после того, как уже более 5 лет продолжалась работа над программой. По этим датам можно судить о том, какая ступень трехступенчатой модели шахматной игры оказалась сложнее: на первую ушло 3,5 года, на вторую — 5 лет, а на МО — около 9.

Триединый принцип

В основе алгоритма лежит триединый принцип включения фигур в игру: включаются лишь те фигуры, с которыми связана надежда, на то, что эти фигуры своевременно примут участие в игре и что это может привести к лучшим результатам по материалу. Итак, надежда на своевременность и наибольший выигрыш. Если первая и вторая ступени формируются лишь с учетом своевременности, то разрешение на их формирование и включение в МО происходит с учетом возможного улучшения результатов перебора. По этому совмещенному принципу происходит формирование МО — модели шахматной игры.

Начало работы

В январе 1972 года началась непосредственно работа над написанием программы. Два программиста — Борис Штильман и Александр Юдин начали с написания подпрограммы поиска хода в оригинальной позиции и создания библиотеки дебютов. Через несколько месяцев программа уже находила траектории передвижения фигур. Началась работа по созданию библиотеки эндшпиля. После устранения текущих ошибок была создана подпрограмма получения зоны игры.

рассказывает **Михаил Моисеевич Ботвинник**

<http://adamant1.fromru.com/pioneer.html>

"...через месяц [1964 г. — Е.М.] написал что-то связанное. Впоследствии понял, что написал — нашел **цель неточной игры** в шахматы. Потом мне приходилось решать и другие нелёгкие задачи, но эта, вероятно, оказалась самой трудной. Цель игры — основа алгоритма. На поиск цели в общей сложности ушло три с половиной года.

Найденная цель игры оказалась весьма простой: **надо стремиться к выигрышу материала**. Собственно говоря, так интуитивно играет квалифицированный шахматист, но все об этом

молчат, ибо обычно этот принцип понимают вульгарно, в том смысле, что в данный момент надо уничтожить наиболее ценную неприятельскую фигуру — это, конечно, ошибочно. Но если эту цель игры понимать так, что надлежит стремиться к оптимальному выигрышу материала в пределах обозримого счёта вариантов, то она представляется вполне разумной.

Уже и тогда мне было ясно, что нужно формализовать и понятие позиционной игры, однако пришлось отложить решение этого вопроса. Он был решён [много позже](#)."

Из гл. "К достижению цели. Алгоритм игры в шахматы" в кн. Ботвинник,

"Аналитические и критические работы 1928-1986. Статьи. Воспоминания", [1987е](#), с.483-484.

"...состоялось обсуждение [\[статьи М.Ботвинника о шахматном алгоритме, напечатанной в "Бюллетене Центрального шахматного клуба СССР", Москва, 1966 г. — Е.М.\]](#). Его провели 13 мая 1966 г. в Чигоринском зале клуба; собрались и математики, и гроссмейстеры.

После доклада началась мощная атака: и М.Шура-Бура, и Г.Адельсон-Вельский, и Б.Араманович... Выступил один профессор — вид его был необычайно респектабельный (потом Араманович сообщил, что он окончил Кембридж), — поучал меня, как надо составлять шахматный алгоритм. Неожиданно один молодой человек заявил, что алгоритм Ботвинника ему нравится.

— А вы кто такой ?

— Бутенко

— Откуда ?

— Из Новосибирска.

Споры разгорелись с новой силой, а после закрытия диспута приняли даже не совсем парламентский оборот. Выпускник Кембриджа слушал-слушал и вдруг неожиданно заявил: "А может, Ботвинник сделал что-то классическое?" Все на него зашикали...

На этом диспуте выяснилось одно неожиданное для меня обстоятельство: оказалось, что неизвестны способы получения траекторий на ЭВМ. И Шура-Бура, и Адельсон-Вельский утверждали, что простым путём траектории получить невозможно, стало быть, и алгоритм никуда не годится!

А с Володей Бутенко мы вскоре начали сотрудничать и работали до 1970 года. Посидел я две недели и нашёл простой метод — с помощью массивов 15x15. Написал статью, отнёс В.Симагину [\[главному редактору "Бюллетеня Центрального шахматного клуба СССР" — Е.М.\]](#), он её тут же опубликовал...

[Бутенко и сделал программу \[в кодах ЭВМ М-20 — А.Т.\], которая выдавала необходимые траектории](#). Мои оппоненты стали осторожнее.

Практика показала, что нельзя успешно работать, когда сотрудники живут в разных городах и встречаются друг с другом эпизодически. Наше сотрудничество с В.Бутенко со временем не могло не прекратиться.

Из гл. "К достижению цели. Алгоритм игры в шахматы" в кн. Ботвинник,

"Аналитические и критические работы 1928-1986. Статьи. Воспоминания", [1987е](#), с.490-491.

Из книги **Михаила Ботвинника**

"У цели", Россия, 1997 г., с.204-205.

"Только я вернулся в Москву из Лейдена, пришло письмо от Бутенко из Новосибирска с отказом от дальнейшей работы. Субъективно Володя, конечно, ошибся, без меня он уклонился от правильного пути [\[в 70-х годах программа Бутенко неплохо играла в шахматы — А.Т.\]](#). Объективно Бутенко помог мне своим отказом.

Я считал ранее, что программу должен сделать Бутенко, поэтому держался довольно

пассивно, не вникая в различные тонкости работы. Когда я остался один, понял, что требование Криницкого о том, чтобы я разработал блок-схемы алгоритма, справедливо. Пришлось засесть за работу.

К тому времени алгоритм продвинулся вперёд. В конце мая 1969 года, во время отдыха в Крыму, я открыл новый элемент алгоритма — **зону**. Простая зона — это совокупность фигур и траекторий их передвижения, где основной траекторией является траектория нападения атакующей фигуры по направлению к атакованной **[т.е. к мишени — А.Т.]**, другие фигуры либо препятствуют этому нападению (они того же цвета, что атакованная), либо поддерживают (они одного лагеря с атакующей).

Оказалось, что такая зона формируется по строго детерминированной структуре, в зону включаются лишь те фигуры, которые успевают принять участие в борьбе. **(Бутенко решил, что включение зоны в алгоритм необязательно. Формально мы на этом и разошлись.)**

Из гл. "К достижению цели. Искусственный шахматист" в кн. Ботвинник, "Аналитические и критические работы 1928-1986. Статьи. Воспоминания", 1987е, с.503-504.

"Б.Штильман работал со всей энергией. Он сделал подпрограмму поиска траекторий и, **после упорного сопротивления, подпрограмму зоны**. Б.Штильман не играл в шахматы, **[это "шутка" Ботвинника или журналистский приём — А.Т.]** он их не понимал: **с точки зрения математика зона была не нужна, если она не задана правилами игры**. А.Юдин сделал, в основном, библиотеку эндшпиля."

Из Приложения 2 "Как создавался шахматный метод" в кн. Ботвинник, "Шахматный метод решения переборных задач", 1989, с.100.

"Кстати, пришлось программу "крестить". В декабре 1976 года пришло из Канады приглашение принять участие во втором чемпионате мира шахматных программ для компьютеров. Требовалось заполнить анкету, где один из вопросов относился к названию программы. Я предложил ЧЕЛОВЕК, ибо программа играет по человеческому методу. Боря предложил ПИОНЕР (оказалось, что это им давно подготовлено), так как программа прокладывает новые пути в области принятия решений. Обсудили и решили, что программе до человека ещё далеко, а пионером она уже является!"

Из гл. "К достижению цели. Искусственный шахматист" в кн. Ботвинник, "Аналитические и критические работы 1928-1986. Статьи. Воспоминания", 1987е, с.512.

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

Ботвинник, "Алгоритм игры в шахматы", "Наука", Москва, 1968, с.29-30.

"Наконец, о позиционной оценке. С ней связано много сомнений и неудачных попыток найти разумное решение. Помогла здесь (это можно утверждать, если эксперимент приведёт к удовлетворительным результатам) моя работа по редактированию "Учебника шахматной игры" Капабланки. Несколько десятилетий я не заглядывал в эту книгу, теперь, после работы над алгоритмом, я изучил её с другой точки зрения. **Меня поразила решительность, с которой Капа отверг общие советы по позиционной игре, принятые во всех руководствах. Капабланка утверждал, что лишь два фактора играют важную роль в шахматах: материал и контроль полей.**

Это удивительно близко той цели игры, которая была провозглашена автором этих строк ещё десять лет назад. Поэтому и нетрудно было формализовать цель позиционной игры по Капабланке как "контроль полей"!".

Из Послесловия в кн. Ботвинник,
"О кибернетической цели игры", 1975, с.68.

"Грешен, когда я взялся по просьбе издательства за изучение этой книги, то сетовал на свою слабохарактерность: к чему было соглашаться, ведь работа над шахматной программой быстрее не пойдёт... Но вскоре настроение переменялось: я убедился, что, **если бы Капабланку попросили составить алгоритм игры в шахматы, он сделал бы примерно такой же алгоритм**, что и автор этих строк. В этом отношении примечательна полемика с Е.Зноско-Боровским: на первое место (в отличие от распространённых представлений) при оценке позиции Капабланка ставил соотношение по материалу и на второе — контроль полей. Я же до этих представлений добирался мучительным путём..."

Из гл. "Портреты. Х.Р.Капабланка" в кн. Ботвинник,
"Аналитические и критические работы 1928-1986. Статьи. Воспоминания", 1987f, с.27.

"ПИОНЕР плохо анализировал **эту** позицию с точки зрения шахматного мастера. И тогда я задумался: в чём же дело? Вспомнил то определение шахмат, которое я дал ещё в 1968 году, — **шахматная игра представляет собой обобщённый обмен материальных и конъюнктурных стоимостей фигур...** Под **конъюнктурной** стоимостью подразумевается та **реальная** сила фигуры, которая проявляется в данный момент сражения на шахматной доске; **материальная** же стоимость общеизвестна — это средняя сила фигуры."

Из ст. "Шахматы и принятие решений", в кн. Ботвинник,
"Аналитические и критические работы 1928-1986. Статьи. Воспоминания", 1987b, с.241.

"Когда в мае 1979 года ПИОНЕРу была дана на анализ позиция из партии **Ботвинник—Капабланка**, он не выдержал экзамена — включал в перебор ходы, по силе соответствовавшие игре шахматиста второго разряда. К тому времени уже стало ясно, что вершиной программы выбора хода является приоритет включения ходов в перебор... Если первый включённый в перебор ход даст хороший результат, то остальные ходы в этой же позиции и изучать нечего — результат в лучшую сторону не изменится!

Но приоритет был фальшивым, и ПИОНЕР включал в перебор слабые ходы. Этот приоритет основывался на средних (**материальных**) стоимостях фигур...

Ещё в 1968 году в книжке "Алгоритм игры в шахматы" я писал, что **"по моему мнению, процесс шахматной игры (и, вероятно, любой игры) состоит в обобщённом обмене. Назовём обобщённым обменом такой обмен, где меняются (в общем случае) ценности как материальные, так и позиционные ("невидимые", конъюнктурные)".** В отличие от материальной стоимости, соответствующей средней силе фигуры, конъюнктурная соответствует **реальной** силе фигуры в данный момент сражения на шахматной доске. Но **как эти конъюнктурные стоимости формализовать и вычислять ?**

Когда в 1978 году составлялась подпрограмма обмена материальных стоимостей фигур на каком-либо поле доски, учитывалось, что одна и та же фигура может участвовать в обменах на разных полях. На всякий случай было решено присваивать фигуре **"пятнышко"** (метку) от каждого обмена (метод этот был назван **методом "божьей коровки"**, поскольку у неё тоже есть пятнышки)...

Ранее траектории движения фигуры присваивался материальный приоритет, основанный на обмене **материальных** стоимостей (этот приоритет и давал ошибочный результат). Теперь было

принято, что значение этого приоритета определяет величину пятнышка той фигуры, которая с этой траекторией связана (по размену на поле). У фигуры уже появились "пятнышки" разной величины. По этим пятнышкам и определялась конъюнктурная стоимость фигуры. На смену приоритету материальному пришёл приоритет конъюнктурный. ПИОНЕР и стал искать ход, как мастер."

Из ст. "Методом "божьей коровки"", в кн. Ботвинник,

"Аналитические и критические работы 1928-1986. Статьи. Воспоминания", 1980а, с.246-247.

"В 1981 г. оторванная от реальной доски зона игры была превращена в цепочку фигур. Главное отличие состояло в том, что траектории движения фигур определялись уже на заставленной фигурами доске."

кн. Ботвинник,

"Шахматный метод решения переборных задач", 1989, с.15.

"Б.Штильман по шахматной программе действовал один. А когда в декабре 1982 года я вернулся к шахматной программе, картина представлялась тревожная: Б.Штильман "покатил налево". В переборе он исследовал позицию не на всей доске, а в наиболее "важной" цепочке... Разве так играет мастер?

Пришлось мне предложить исправленный алгоритм. Штильман, который слабо понимал шахматную игру, не осознал своей ошибки. А ведь пропала часть работы и предстояла новая... Он и рассердился, и обиделся. Но что было делать? Коллеги мне друзья, но шахматы дороже!" [Это писалось в 1989 году после того, как уволились Мирный и Штильман. Однако ещё в 1981 Штильман подавал заявление об уходе, из-за разногласий с Ботвинником — А.Т.]

Из Приложения 2 "Как создавался шахматный метод"

в кн. Ботвинник, "Шахматный метод решения переборных задач", 1989, с.103.

"Приставал ко мне Саша Резницкий.

— Давайте опубликуем статью о ПИОНЕРЕ 2.4. Мне же это для защиты нужно... Речь шла о кандидатской работе.

— Разве вы не знаете, что нормальным путём она может быть опубликована лишь через несколько лет? Впрочем...

Вспомнил я о злосчастном совещании 1979 года. А что, если обратиться за помощью к тому, кто тогда председательствовал? Он же должен понять, что работа серьёзная — раз привела к таким результатам? Не ошибся — нас поддержали, и через несколько месяцев статья была опубликована в журнале "Экономика и математические методы".

К тому времени мы уже перестали бедствовать с машинным временем. Академик В.М.Глушков в начале 1982 года руководил совещанием по шахматным программам. С возмущением он узнал, что у нас нет выхода на ЭВМ. Пошёл Виктор Михайлович в ГКНТ и договорился о компьютере; но нужны были деньги на оплату машинного времени (и немалые). Написал я письмо председателю ГКНТ Г.И.Марчуку. Познакомились мы с Гурием Ивановичем ещё в 1968 году в Новосибирске; директор ВЦ был председателем ГЭК факультета — я приезжал на дипломную защиту Бутенко. Распоряжение о выделении необходимых средств было дано.

Но как их получить? Следовало оформить постановление ГКНТ о нашей работе. "Вопрос мелкий, специального постановления не будет, ждите общего решения. Впрочем, можете обратиться к нашему начальнику Е.И.Валуеву".

Звоню.

— Евгений Иванович, с вами говорит Ботвинник, я когда-то играл в шахматы...

— Михаил Моисеевич, что это вы со мной так странно разговариваете?...

Вот это да! Оказывается, зампред Спорткомитета, который открывал один из моих матчей, и начальник управления финансирования ГКНТ — одно и то же лицо! Постановление было принято, и работа возобновилась.

Вопрос с защитой моих сотрудников оказался сложным: математические Советы (куда мы обращались) отказывались поддержать работу Штильмана — метод "Пионер", мол, сомнителен, научно не обоснован. Я понимал, что защита возможна лишь в Совете ВНИИЭ, поскольку этот "сомнительный" метод блестяще проявил себя на энергетической задаче. Но и в нашем институте противодействие было сильным — считались с мнением математических светил.

Но нашлись союзники и среди математиков. Ещё в 1979 году академик В.М.Глушков, Н.И.Красовский и профессор В.А.Якубович дали согласие войти в Совет ВНИИЭ, что необходимо при защите "на стыке" двух специальностей (энергетики и математики). В 1983 году Виктора Михайловича уже не было в живых, Николай Николаевич и Владимир Андреевич подтвердили своё участие в защите.

Наконец в институте всё согласовано, и осталось получить лишь разрешение ВАК на защиту Штильмана. И здесь — полный "стоп". Сначала запрет (в нарушении собственных инструкций ВАК), затем при повторном запросе — молчание. Что делать? Снова пишу тому, кто председательствовал на злополучном совещании. Через неделю разрешение ВАК получено...

В декабре 1984 года защиты состоялись. Сначала выступал Резницкий, чтобы члены совета прежде всего ознакомились с результатами применения метода, а затем Штильман изложил суть метода. Всё благополучно завершилось. Гора с плеч."



Борис Штильман.

Из гл. "К достижению цели. Искусственный шахматист" в кн. Ботвинник, "Аналитические и критические работы 1928-1986. Статьи. Воспоминания", 1987е, с.519-520.

"А как же с шахматной программой ?

С ней дела слабее. Создаётся впечатление, может быть ошибочное, что математики не торопятся...

Ступень системы — зона была заменена на цепочку...

"Проходимость" цепочки ([которая] подсчитывается по **материальным** разменам на полях траектории) равна проходимости траектории нападения,... [при условии, что] игра в цепочке пришла бы к своему логическому завершению. Величина этой проходимости и является **"пятнышком"** цепочки.

Совокупность цепочек образует математическое отображение позиции. В процессе поиска хода оно изменяется. В этом состоит принципиальное отличие **"шахматного" метода решения переборных задач** от традиционных. Математики создают модель задачи, а затем приступают к решению. **Шахматист при поиске решения следит за изменением отображения задачи — оно помогает найти решение и при этом меняется в процессе самого решения.** Позиционное понимание шахматиста связано с тремя факторами: 1) соотношением материала, 2) усиливающейся надеждой на выигрыш материала и 3) собственно позиционной составляющей, базирующейся на владении полями доски и на **"пятнышках"** цепочек.

На этом же базируется и приоритет хода, который включается в перебор. Тот ход, что приводит к наиболее благоприятному изменению отображения, и является приоритетным."

Из гл. "К достижению цели. Искусственный шахматист" в кн. Ботвинник,

"Аналитические и критические работы 1928-1986. Статьи. Воспоминания", 1987е, с.521-522.

"В программе сейчас каждая фигура имеет так называемое **"пятнышко"**, отображающее проходимость пучка траекторий с этой фигурой и без фигуры... Экономнее **давать фигуре — участнице игры в цепочке** лишь **"метку"**, не высчитывая числа, отображающего роль фигуры в цепочке. **Лишь когда надо улучшать текущий оптимальный вариант в переборе** (см. **этюд Надареишвили**) **необходимо численно определять роль этой фигуры в игре** (для вычисления **приоритета**)".

Ботвинник,

"Шахматный метод решения переборных задач", 1989, с.27.

"Подпрограммы понимания и приоритета в шахматной программе в основном разработали Б.Штильман и В.Мирный. Они утверждали, что эти части программы в порядке, **хотя приоритет иногда и фальшивил.**"

Из Приложения 2 "Как создавался шахматный метод"

в кн. Ботвинник, "Шахматный метод решения переборных задач", 1989, с.103.

"И, наконец, **конъюнктурный размен**. Сейчас в программе есть и однократный и многократный конъюнктурный размен. Последний — когда на поле, куда ступает фигура, возможны взятия. Это и нелогично, поскольку на других полях также возможны взятия; но эти взятия не проверяются. Многократный размен требует большого расхода ресурсов, да и подпрограмма многократного размена весьма сложна. Введен он был, поскольку не видели иной возможности определения Mg^* . Однако теперь формализовано определение Mg^* и в однократном конъюнктурном размене с помощью **траекторий оттеснения и отвлечения** (в надежде, что фигура будет оттеснена или отвлечена). Это также предполагается включить в **новый вариант программы**. Добавим, что **замена пятнышек на метки потребует новой подпрограммы составления цепочек**".

Ботвинник,

"Шахматный метод решения переборных задач", 1989, с.27.

"В конце 1986 г. общий алгоритм подпрограммы составления и анализа дерева перебора был готов. М.Чудаков быстро составил программу перебора, и тогда тайное стало явным: в программе, и именно в понимании и приоритете, оказалось множество ошибок.

Да и выловить их было делом сложным. Программисты (не шахматисты) сделали программу

столь сложной, неоптимальной и громоздкой, она работала столь медленно, что **за год (!)** **реального продвижения в отладке задачи не было**. [Видимо, речь идёт о PW. Но это писалось в 1989 году после того, как уволились Мирный и Штильман. Сквозь эти строки "сочится" обида Ботвинника на уход Штильмана. Мой же 10-ти летний опыт программирования алгоритмов ПИОНЕРа показывает, что это нормальная ситуация — А.Т.]. Математики были самоуверены, не признавали моего шахматного авторитета. Любое шахматное дополнение в алгоритме годами встречало упорное сопротивление. Так, пресловутое Mg^* — жертвенная комбинация, введенная Греко в практику шахмат почти 4 века назад, — впервые представлено было для использования

в 1982 г.

Ранее была установлена чёткая процедура изменения алгоритма (и не только в шахматной программе): любое изменение обязательно должно быть представлено для обсуждения в письменном виде. После дискуссии руководитель принимает решение, обязательное к исполнению. Таких изменений и дополнений накопилось с 1974 г. около четырёхсот!

Увы, обязательности исполнения решений нередко и не было... Повторяем, письменное предложение относительно Mg^* было сделано впервые в 1982 г. — и принято. А осенью 1987 г. математики втихаря исключили Mg^* из формулы оценки позиции при обрыве варианта в дереве перебора.

Конфликт нарастал.

Со многим я мирился: с различными несоответствиями алгоритму мастера, с недисциплинированностью сотрудников. Но когда положение изменилось, **надо было сделать более экономный и близкий алгоритму мастера вариант программы** — занял жёсткую позицию...

Из Приложения 2 "Как создавался шахматный метод"
в кн. Ботвинник, "Шахматный метод решения переборных задач", 1989, с.104.

<http://atimopheev.narod.ru/AfterPIONEER/info/PIONEER/2.htm>

ИНФОРМАЦИЯ К РАЗМЫШЛЕНИЮ. БЛОК № 2:

Страсти по ПИОНЕРу

К истории "незаконченной" программы
(высказываются критики Ботвинника)

Рассказывает Михаил Донской

<http://dk.compulenta.ru/offline/2002/73/18985/>

"Михаил Донской: Я Билла Гейтса ни в чем не виню"



Вчера — один из создателей лучшей в мире для своего времени (1974 г.) шахматной программы "Каисса". Сегодня — руководитель команды разработчиков "Диско" и создатель "Лексикона" нового поколения. Завтра, наверняка, участник чего-то не менее увлекательного и актуального. Все это — Михаил Донской. Ему нравится решать "трудные и красивые задачи" в области компьютерных наук. Он называет себя "computer scientist". И не беда, что нет такого понятия в русском языке. Главное, что есть у нас такие люди. Кстати, эти люди обладают одной замечательной чертой: они всегда стремятся понять наши "пользовательские" нужды. Сам

Михаил Владимирович даже пытался создать "Лигу защиты пользователей от программистов". Впрочем, об этом вы узнаете от него самого. Предлагаем вам его интервью-монолог.

Искусственный интеллект и шахматы

Проблема искусственного интеллекта, (термин придумали Алан Тьюринг и Джон Маккарти), решена. Давным-давно и совершенно хулиганским способом — программой "Элиза". Это проблема — как сделать так, чтобы, беседуя через экран монитора, вы не знали, с кем беседуете — с человеком или с компьютером. Вот был момент, когда машина не умела играть в шахматы, а затем наступил момент, когда она обыграла чемпиона мира. Распознавание образов (распознавание трехмерных сцен, рукописного или печатного текста и так далее) — вторая задача из области искусственного интеллекта, которой я не занимался и не люблю ни в каких формах. Сейчас о задаче распознавания уже никто не говорит, потому что она очень просто решается.

В 1985 году само направление ИИ было "съедено" жуликами, действовавшими под лозунгом "экспертная система". В отличие от тех задач, которые решали мы, программисты (распознавание образов или создание шахматных программ), в случае с экспертными системами не было ни науки, ни научных методов. Их идея заключалась в следующем: "Давайте расспросим человека, как он принимает решения, и запишем это в программу". Появились какие-то безумные понятия типа "размытых множеств", не решающих ни одной задачи... Я бросил за этим следить 15 лет назад.

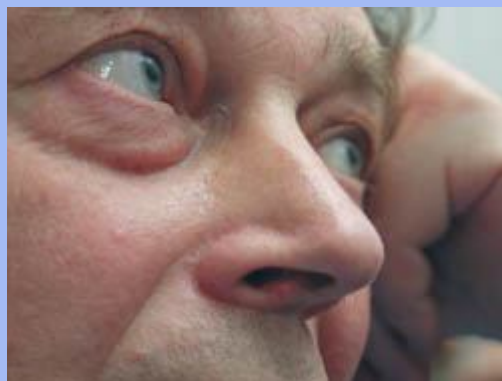
Искусственный интеллект — два разных направления: антропоцентрическое и машиноцентрическое. Одно говорит: давайте научим машину играть в шахматы, как человек, а второе — давайте научим ее играть посильнее. Первое направление тупиковое по определению: чтобы копировать человека, надо знать, как он играет. **Научить компьютер мыслить, как человек, — задача безумная и неконструктивная.** Михаил Ботвинник, написавший свой собственный шахматный алгоритм, думал, что он знает. (Кстати, **единственное место, где господин Ботвинник изложен технически правильно, — это книжка "Машина играет в шахматы", в которой Георгий Максимович Адельсон-Вельский аккуратно изложил алгоритм Ботвинника. Сам Ботвинник сделать это был не в состоянии. Он был энергетиком — не математиком.**) У него были очень неслабые идеи, ведь все-таки он был умный и интересный человек. Но если говорить о **результатах работы**, как сказал ему Кэн Томпсон, человек, сделавший сначала ЮНИКС, а потом шахматную программу: **"в 81-м году**

рассуждать об алгоритмах, не имея программ, неприлично". У Ботвинника была программа ("Пионер"), но она не играла в турнирах никогда.

Все задачи, которые были решены: и шахматы, и распознавание образов — это были задачи самого передового фронта. Когда задача решена, естественно, она уходит с этого фронта. Рано или поздно встает другая. Теперь вопрос — какая задача решается сегодня искусственным интеллектом? Слушаю внимательно и ничего не слышу... Поэтому я и ушел.

Про себя и про "Диско"

И, кстати, очень интересная миграция произошла: со многими ребятами, которые действительно получали хорошие результаты в области ИИ, мы встречались потом на конференциях по проблемам пользовательского интерфейса. Потому что там та же самая изюминка была: тяжелая задача. А сделать программу удобной — тяжелая задача. И есть люди, которые находят вкус и удовольствие в решении тяжелых задач. Открывается новая область, мы там некоторое время работаем, потом за нами идет толпа ребят защищать диссертации, печатать книжки — и в этой области больше нечего делать. Мы переходим в следующую.



Я занимался очень разными вещами в жизни, очень часто делал уникальные вещи. Но есть во всем этом нечто общее — это трудные красивые задачи. Вот смотрите. С клиентом можно работать двумя разными способами: первый — делать то, что ему нужно, второй — "втюхивать" ему то, что есть. 99 процентов работают вторым способом, потому что первым — трудно. Моя позиция такая: пользователю не нужно объяснять, как ему хорошо, ему надо делать хорошо. Но дело в том, что заказчиков, которым нужно, чтобы им повесили лапшу на уши, полным-полно. Такой заказчик до меня и дойти не успеет. Его тут же, в дверях, перехватят 10 человек. А вот если у него действительно трудная задача, если его уже в 15-и местах "послали" подальше со словами "вы слишком много хотите", тогда это мой заказчик. Потому что все знают, что я делаю в срок, делаю качественно и то, что от меня хотят.

Мы все время балансируем между Западом и Россией. Если смотреть на историю компании, в 1994-м она была организована в Америке, когда здесь все было плохо. В 1996-м году в Америке был небольшой спад, а здесь — подъем. Мы перебазировались сюда. В 1998-м — обратно. Теперь — снова сюда. Европу вот "зацепили" — Швецию с Францией. Так и работаем — где лучше, где мы нужны.

Наша фирма имеет горизонтальную структуру. Маленькие компании — они обычно горизонтальные. Я сейчас пытаюсь выстраивать вертикаль, и это очень тяжело. Проблема роста всегда же связана с построением вертикали. Сейчас нас 18 человек — 10 программистов и 8 менеджеров, дорастем и до 50. Кризис в Америке нас ведь тоже остановил. Вы не представляете, как было классно во время этого бума — мы работали быстро и хорошо. Например, у кого-то есть гениальная идея, нас просят сделать прототип, мы его делаем, они нам платят, а затем получают свои инвестиции. Всем хорошо. Сегодня, когда все всё потеряли, люди хотят быстро обернуть



деньги. Проекты, которые не обещают окупаемости через 12 месяцев, там сегодня вообще не рассматриваются. Мы открыли новую линию — корпоративные решения на карманных компьютерах. И американские инвесторы поставили нашим американским партнерам условием срок окупаемости проекта не 36 месяцев, как это было раньше, а 12.

Компьютер и общественное сознание

Я считаю, что если человек не умеет работать на компьютере, но умеет снимать кино — то он ничем не хуже меня. Просто он пытается сделать кино мне понятным, а я пытаюсь сделать компьютер понятным ему. Был такой журнал "Андрей", с голыми девушками. Я не знаю, что с ним стало, но лет пять назад "Плэйбой" в России еще не было, а "Андрей" уже был. И однажды главный редактор Алексей Вейцлер заказал мне статью про компьютеры. Он потребовал, чтобы название было "Кто идиот?", а статья могла быть про что угодно, связанное с компьютером. Я написал ему в ответ ровно этот вопрос. На самом деле, кому нужна эта статья в таком журнале? Он говорит: "Ну, не скажи, мы между фотографиями печатаем очень серьезные статьи. Вообще, — говорит, — я тебе обещаю, что твоя статья будет рядом со статьей Васи Аксенова". Договорились. Статью я ему написал — про религиозное отношение к компьютеру. Суть ее была такой, коротко...

Есть только два феномена у человека, где он вину изначально принимает на себя: в общении с Богом и с компьютером. Но почему именно компьютер занял такое божественное место? Слава Богу, сейчас он потихоньку оттуда уходит. Понемногу люди начинают понимать, что если у них проблемы с компьютером, то это проблемы компьютеров, а не их самих. Я не обладаю божественным знанием о компьютерах. Общественное мнение должно давить на компьютерщиков. Это то же самое, что у нас каждый год происходит с горячей водой. Общественному сознанию внушили мысль, что раз в году надо менять трубы. И дело здесь ни в рынке, ни в деньгах. Пока общество это терпит, это будет продолжаться. В Америке есть такая организация — Electronic Frontier Foundation. Они много чего делают. Организовать такую же в России мне не удалось. Я хотел создать "Лигу защиты пользователей от программистов". В нее должны были входить только гении от компьютеров, только самые известные люди в этой области. Они обязаны были присягнуть "хартии" в том, что главное для них — пользователь, что они будут следить за тем, чтобы их коллеги не вешали пользователям лапшу на уши и т.д. А такое обещание требует знания того, а что ты сам умеешь, выполняешь ли ты задачи, которые удобны пользователю. Я, например, не боюсь поставить свою подпись под таким заявлением. А много ли таких? Вот потому и не удалось.

"Микрософт" и Билл Гейтс

Закончится ли эпоха "Микрософта"? Может, да, может, и нет. Они могут образумиться... А вот как вы думаете, эпоха IBM закончилась или нет? За годы кризиса акции всех компаний упали минимум в два раза, в т. ч. "Микрософт", у других — в сотни раз, третьи ушли с рынка. Кроме одной — IBM. Это единственная компания, которая кризис пережила более или менее спокойно. Так что этот зверь еще на арене. Мы не видим его, потому что он не на арене персональных компьютеров. Он на арене



ИНФОРМАЦИЯ К РАЗМЫШЛЕНИЮ. БЛОК № 3:

После ПИОНЕРА

Современные компьютерные "гроссы"

МОДЕЛЬ ++ (SmarThink и др.)

Рабочая группа по искусственному интеллекту

02.10.2001

Попытки достичь синтеза Ботвинниковской теории траекторий и классического переборного метода завершились успехом! Это обещает стать настоящей сенсацией в мире компьютерных шахмат.

Специальная версия **SmarThink** стала первой полностью функциональной программой (кроме так и не вышедшей Chess Computer Sapiens (ex."Пионер") Ботвинника), способной решать множество задач, перед которыми Crafty, Deep Fritz и другие сильнее в мире программы бессильны. [Подробнее](#) в ближайшее время на нашем сайте.

22.09.2001

Продолжается разработка прототипов **SmarThink**. Текущий рейтинг альфа-версии (при использовании дебютной библиотеки Deep Fritz 6) около 2400 пунктов ELO.

29.05.2001

Создание высокопроизводительной шахматной системы может потребовать от двух до трех месяцев усилий, однако потенциал как никогда хорош. Если наши прогнозы сбудутся, то Mchess9 будет иметь рейтинг не ниже 2450. Большой проблемой по-прежнему остается дебютная библиотека, — считают Николай Оленин, Сергей Марков и Геннадий Узилевский.

12.05.2001

Вышла демка MCHESSE на GameBoy. Компания "**Cosmigo**" ведет работы по созданию продвинутого графического интерфейса.

7.05.2001

Сергей Марков и Павел Анохин завершают работу по переносу MCHESSE на Advanced GameBoy.

Ориентировочная дата окончания 13.05.2001

30.04.2001

Вышла версия 3.00beta MReversi PRO. Частично переработан генератор ходов (использованы элементы теории битовых таблиц), что позволяет программе просматривать на IP-233 MMX просматривать свыше 100000 позиций в секунду. В 4-ой версии предполагается рост скорости перебора еще на 150-200% за счет использования таблиц транспонирования и табличного расчета эвристики вместо распределенного.

Внесены улучшения в интерфейс. [Скачать Markoff's Reversi PRO 3.00beta](#)

29.04.2001

Создание распределенной системы перебора для Reversi в сочетании с доработкой генератора ходов на основе теории битовых таблиц, а также реализация Prob-Cut отсека позволит провести матч с Keyano,

Logistello или Hannibal уже в начале следующего года, — считает Сергей Марков.

28.04.2001

Завершилась студенческая научно-исследовательская конференция в ОрелГТУ. От группы по ИИ с докладами на конференции выступали С.Марков, С.Чапкин, С.Леденев, М.Барг, Т.Бородина, Д.Кулаков и П.Анохин. Тезисы некоторых докладов помещены в раздел "тексты".

Сайт "Рабочей группы по искусственному интеллекту"

<http://www.aigroup.narod.ru/news.htm>

<http://aigroup.narod.ru/details1r.htm>

Подробнее о SmarThink

История

Работа над **SmarThink** была начата в 2001 году. Это не было моим первым опытом в шахматном программировании, но моя первая шахматная программа (Markoff's chess) (написание которой было начато в 1999, когда мне было 18 лет) была простой репродукцией идей авторов "Каиссы".

Перебор

Основная идеология SmarThink — интенсивное использование специфических шахматных знаний не только в оценочной функции, но для рационального построения дерева перебора.

Каркас перебора — алгоритм nega-scout с некоторыми небольшими изменениями. Однако SmarThink использует большое количество техник углубления/отсечения не известных широкой публике. Эти техники основаны на сложном анализе, включающем **применение некоторых идей М.М.Ботвинника**.



SmarThink также использует множество широко известных методов, таких как SEE, отсечение с использованием пустого хода, единичные продления, каскадный перебор, расширенное отсечение бесполезных узлов (extended futility pruning) и "сбривание" (razoring). Однако большая часть этих техник модифицирована. Например, вместо использования расширенного отсечения бесполезных узлов и "сбривания" в их "естественном" виде, SmarThink использует гибкую технику вычисления границы отсечения, которая получила название "точного отсечения". Этот метод обеспечивает более аккуратное отсечение в случае большого значения позиционной составляющей оценки и в некоторых других случаях.

Сайт "Рабочей группы по искусственному интеллекту"

<http://aigroup.narod.ru/details1r.htm>

ИНФОРМАЦИЯ К РАЗМЫШЛЕНИЮ. БЛОК № 4:

После ПИОНЕРа

Современные компьютерные "гроссы" (продолжение)

http://www.osp.ru/cw/2005/10/038_1.htm



Шахматный гений: человек или компьютер?

В инструкции к известной шахматной программе **Fritz 8**, в 2003 году сыгравшей вничью матч с Гарри Каспаровым, написано, что при использовании достаточно быстрого компьютера она обыгрывает 99,99% людей. Означает ли это, что искусственный интеллект в данной области уже стал сильнее человеческого? Если судить по результатам — то, казалось бы, да широко освещавшиеся шахматные поединки человека и машины в последние несколько лет приносили успех компьютерам.

Последним известным достижением компьютерных систем стал трехкруговой матч-турнир трех известных гроссмейстеров против трех известных шахматных программ осенью 2004 года. Играли *Руслан Пономарев* (чемпион мира 2003 года; однако сегодня по рейтингу ЭЛО он лишь 15-й), чемпион мира среди юношей 12-14 лет *Сергей Карякин* и болгарин *Веселин Топалов*, третий в мировом шахматном рейтинге. Компьютеры представляли действующий чемпион мира, израильская программа **Deep Junior 9.0**, программа **Fritz**, а также **Hydra**. Компьютеры выиграли с перевесом в три очка.

Нельзя утверждать, что это самые сильные на сегодня шахматные программы: в матче не участвовали серебряный и бронзовый призеры последнего компьютерного чемпионата мира по шахматам — немецкая программа **Schredder 8.5** и **Diep3d 7.5** соответственно. (Российские программы, увы, в этом чемпионате не участвовали.)

Большинство компьютеров, использовавшихся программами-участниками этого чемпионата мира, работали с 64-разрядными микропроцессорами AMD — Opteron и Athlon64. Вероятно, это связано с их высокой целочисленной производительностью. Остальные программы работали с микропроцессорами Intel с ядром Pentium 4.

Кстати, все три призера чемпионата были распараллелены и работали на 4-процессорных системах SMP-архитектуры на базе Opteron. Тенденция распараллеливания шахматных программ ныне должна еще более усилиться: закону Мура, возможно, приходит конец (в части, относящейся к росту тактовой частоты микропроцессоров и их производительности для нераспараллеленных программ), а потому пути повышения производительности, кроме распараллеливания, не остаётся.

"Шейх" — сильнейший игрок мира

Распараллеливание шахматных программ — очень сложная задача. Конечно, для них уже давно начали применяться средства обмена сообщениями типа MPI. Можно упомянуть, например, программу **Zugzwang**, а также **Cilkchess**, разработку Массачусетского технологического института, которая на чемпионате мира 1995 года работала на 1800, а в 1999-м — на 512 процессорах. Однако сами по себе эти программы по сравнению с современными были малоэффективны, да и процессоры за последние годы стали гораздо быстрее.

Интересные данные о распараллеливании современных шахматных программ на недавней телеконференции по высокопроизводительным кластерам представил Винсент Дипэвен, автор **Diep3d**. По его словам, эффективные шахматные алгоритмы используют общую таблицу хеширования (своеобразный кэш в оперативной памяти, чем он больше, тем, теоретически, лучше; на практике **Diep3d** использует кэш емкостью несколько сот мегабайт).

Поиск лучшего хода осуществляется итерационно — сначала на один полуход, затем на два и т.д. (Напомним, что полуход — это один ход белых или черных.) При просмотре позиций на один полуход глубже требуемое время возрастает в несколько раз, т.е. время расчета растет экспоненциально с глубиной анализа. Учитывая, что из-за перестановок в порядке ходов одни и те же позиции могут возникать в разных ветвях дерева поиска, процессоры при распараллеливании сразу должны проверять — не была ли уже рассмотрена получившаяся позиция.

Отказ от общей таблицы хеширования очень сильно ослабляет работу шахматной программы, что не может быть скомпенсировано распараллеливанием даже на большом числе процессоров. Поэтому эффективны компьютерные архитектуры с общим полем памяти (SMP, ccNUMA) и кластеры — если их межсоединение поддерживает распределенную общую память. Это справедливо, например, для межсоединения Quadrics.

При таком распараллеливании возникают частые обмены небольшими порциями данных между процессорами, т.е. важна задержка межсоединения многопроцессорной системы кластера. Типичной операцией, по данным Дипэвена, является чтение 4-64 байт из памяти удаленного узла кластера.

Знаменитый шахматный суперкомпьютер **Deep Blue** обрабатывал, как известно, 100 миллионов позиций в секунду, но из-за ограничений при работе с хеш-таблицей осуществлял поиск на глубину 10-12 полуходов. Сегодня такую глубину поиска можно получить на высокопроизводительных ПК. По оценке Дипэвена, глубина поиска современной шахматной программы на современном компьютере составляет до 20 полуходов (если не считать эндшпиля). Сегодня сильнейшие программы оценивают от 150 тысяч позиций в секунду (однопроцессорная версия **Diep3d**) до 1,5 миллионов позиций в секунду (**Fritz**) при работе на одном процессоре.

Последователем **Deep Blue** с аппаратной точки зрения можно считать программу **Hydra**. Она работает на Myrinet-кластере с 16 двухпроцессорными узлами, оснащенными процессорами Intel Xeon и программируемыми процессорами, реализованными в виде плат FPGA (именно аппаратной поддержкой "шахматной игры" отличалась, как известно, и **Deep Blue**).

В будущем, как сообщил Дипэвен, нас ожидает знакомство с настоящим шахматным монстром, — программой **Sheikh**, которая также будет работать с FPGA и включать 1024 процессора. Создание



такого суперкомпьютера сложно и дорого, его финансирует один из принцев их Арабских Эмиратов.

По мнению специалистов, если бы удалось создать алгоритм игры в шахматы, имеющий "крупнозернистый" параллелизм (т.е. требующий гораздо меньшее число обменов данными на единицу расчетной работы, чтобы задержка межсоединения не ограничивала производительность), то шахматные программы на многопроцессорных системах стали бы гораздо сильнее.

Другой проблемой разработки шахматных программ является отладка. Еще в старые времена, когда в СССР велась разработка программы "Пионер" (руководил этим коллективом многолетний чемпион мира Михаил Ботвинник), программисты жаловались на проблемы отладки. И сегодня далеко не все версии шахматных программ достаточно хорошо отлажены, поэтому они могут допускать ошибки. Однако не надо забывать, что человек также склонен к ошибкам — скажем, по причине усталости. Такого источника ошибок у компьютера быть не может (сбой теоретически может быть, но даже если забыть о его низкой вероятности, можно ведь устроить и отказоустойчивую конфигурацию).

А что же искусственный интеллект? Да, игра в шахматы — классическая область приложения методов искусственного интеллекта, в которой применяется много эвристических алгоритмов для организации эффективного поиска наилучшего хода. Это реализуется, большей частью, с помощью метода "грубой силы", используя высокую производительность компьютеров и распараллеливание при эффективной организации переборной задачи. Возможно, в широких массах ждали несколько иной реализации искусственного интеллекта — с процессом принятия решения, напоминающим человеческий подход, самообучение и проч. Да, некоторые программы действительно являются более простыми — например, та же **Hydra**, играющая в атакующем стиле и не имеющая "человеческого" понимания позиционной игры. Но **Fritz 8**, например, может комментировать выбор хода вполне человеческими терминами, например, "занятие открытой линии".

www.osp.ru::Издательство "Открытые системы":

Информационные технологии::Computerworld::Технологии::

"Шахматный гений: человек или компьютер ?"

http://www.osp.ru/cw/2005/10/038_1.htm

<http://atimophev.narod.ru/AfterPIONEER/info/PIONEER/5.htm>

ИНФОРМАЦИЯ К РАЗМЫШЛЕНИЮ. БЛОК № 5:

Послесловие

Люди за шахматной доской

<http://www.berkovich-zametki.com/Nomer22/Barlas2.htm>

"О красоте шахмат

(размышления писателя и болельщика о стиле Ботвинника и Таля)",

<http://atimophev.narod.ru/EncyclopediaChess/Info/index.html>

В.Линдер, И.Линдер ,
"Энциклопедия шахмат". **Ботвинник**

(см. CD "Энциклопедия шахмат", Москва, 1 сентября 2000 года)

Глава 1. Жизнь и судьба

ДЕТСТВО И ЮНОСТЬ.
ЛИЧНОСТЬ.
УЧЕНЫЙ.
АЛГОРИТМ МАСТЕРА.
ШКОЛА ЮНЫХ ДАРОВАНИЙ.
ПОЛИТИЧЕСКИЙ КРУГОЗОР.
ГАСТРОЛИ.
КУРЬЕЗЫ.
НИДЕРЛАНДЫ.
ВЕЛИКОБРИТАНИЯ.
НИДЕРЛАНДЫ.

ДЕТСТВО И ЮНОСТЬ.

Михаил Ботвинник родился 17 августа 1911 года в Репине, под Петербургом. Его мать была зубным врачом, а отец — зубным техником. Моисей Ботвинник обладал огромной физической силой

и "мог схватить за рога самого сильного быка в стаде и валил его на землю". Однако его младший сын ничем не напоминал Геркулеса — спортом не занимался и нередко болел. В 1920 году отец оставил семью, но продолжал помогать материально и опекать своих сыновей — Мишу и Исю.

Подчиняясь желанию матери, Михаил начал посещать музыкальную школу, хотя больше его увлекала фотография. Как-то одна из маминых пациенток подарила ему книгу Мюллера о гимнастике, и с тех пор болезни были преданы забвению, а гимнастика стала неотъемлемой частью жизни Ботвинника.

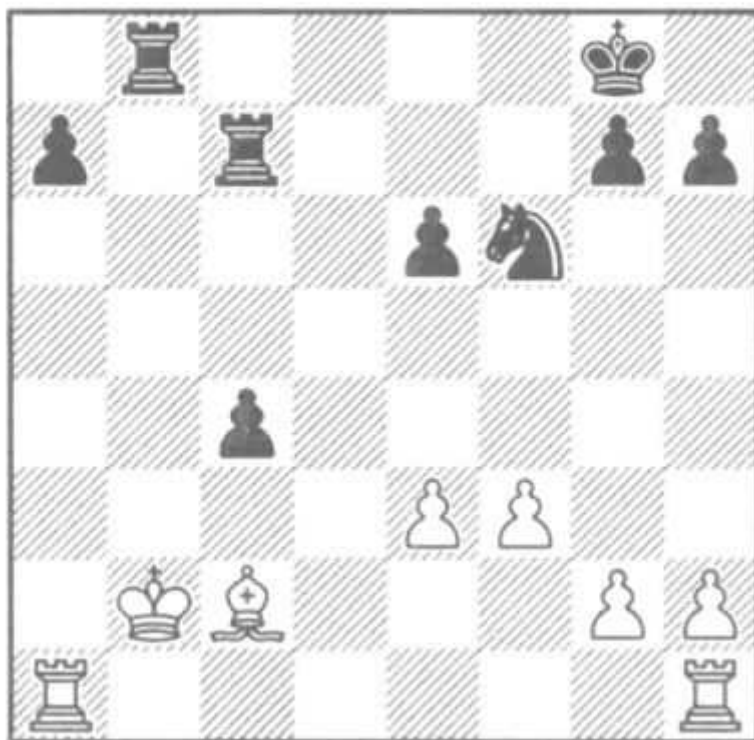
В 12 лет Михаил Ботвинник научился играть в шахматы. Вскоре он познакомился и с первыми шахматными книгами. Одной из них была книга "Основы шахматной игры" Хосе Рауля Капабланки. "Первая моя шахматная книга, из которой я получил систематизированное представление о шахматах", — писал Ботвинник. Как и в случае с книгой Мюллера, юноша быстро впитал в себя все необходимые знания, и уже через год он стал членом городского шахматного собрания. Для этого ему пришлось срочно "повзрослеть" на три года, так как туда принимали лишь с 16 лет.

Как вспоминал Ботвинник, его выручили очки — они придавали ему необходимую солидность. Новичок быстро и уверенно продвигался по лестнице спортивной иерархии. Третий разряд, второй, первый!.. И это всего за один год! Судьбе было угодно, чтобы 14-летний Ботвинник сыграл партию с чемпионом мира. 20 ноября 1925 года Капабланка в свободный от Московского международного турнира (см. в разделе Капабланка) день приехал в Ленинград и отправился в Малый зал филармонии, где его ожидали сильнейшие перворазрядники города. Самым юным участником сеанса был Михаил Ботвинник. Зал был полон любителей шахмат. Каждый болельщик считал себя вправе подсказывать юному игроку единственный правильный ход, и чтобы сосредоточиться, Миша закрыл уши руками. Несмотря на ажиотаж, царивший вокруг, он играл спокойно и уверенно. Четко разыграл ферзевый гамбит и, использовав неудачное положение белого короля, начал атаку. Чемпион мира решил отдать пешку и перевести игру в окончание, следуя, по-видимому, неписаному гроссмейстерскому правилу — "с молодежью в эндшпиль!".

Но и это не спасло. Ботвинник планомерно улучшал позицию, реализуя свой материальный перевес, и гроссмейстер сдался.

Капабланка — Ботвинник, Ленинград, 1925

1. d4 d5 2. c4 e6 3. Kc3 Kf6 4. Cg5 Kbd7
 5. e3 Cb4 6. cd ed 7. Фb3 c5! 8. dc?
 Фа5 9. С:f6 К:f6 10. 0—0—0 0—0
 11. Kf3 Ce6 12. Kd4 Лac8 13. c6 С:c3
 14. Ф:c3 Ф:a2 15. Cd3 bc 16. Kpc2 c5
 17. К:e6 Фа4+ 18. b3 Фа2+ 19. Фb2
 Ф:b2+ 20. Кр:b2 fe 21. f3 Лc7 22. Ла1
 c4 23. bc dc 24. Cc2 Лb8+



25. Крc1 Kd5 26. Ле1 c3 27. Ла3 Kb4
 28. Ле2 Лd8 29. e4 Лc6 30. Ле3 Лd2
 31. Ле:c3 Л:c2+ 32. Л:c2 Л:c2+. Бе-
 лые сдались.

На следующий день, когда Ботвинник пришел в школу (известную до революции под названием Выборгское восьмиклассное коммерческое училище Германа), его встретили как героя.

Михаил учился хорошо. Учителя не возражали против его страстного увлечения шахматами и благосклонно относились к кратковременным отлучкам. Осенью 1926 года 15-летнего Ботвинника включили в состав команды Ленинграда для участия в матче со сборной Стокгольма. Купленные перед отъездом в Швецию роговые очки, костюм и шляпа "борсалино" прибавили солидности. "Как денди лондонский одет, он, наконец, увидел свет", — цитировал он любимого поэта. В Стокгольме Ботвинник на 5-й доске играл с 21-летним Гестой Штольцем (будущий известный гроссмейстер) и добился победы (1,5:0,5).

1. d4 d5 2. c4 e6 3. Kc3 Kf6 4. Cg5 Ce7
5. e3 0—0 6. Kf3 b6 7. Лc1 Cb7 8. Cd3
Kbd7 9. 0—0 Ke4 10. С:e7 Ф:e7 11. cd
ed 12. К:e4? de 13. Л:c7 Cc8 14. Cb5
ef 15. Ф:f3 Фd6? 16. Фc6! Фb4
17. Ф:a8 Ca6 18. Ф:f8+! К:f8 19. С:a6
b5 20. Л:a7 Ф:b2 21. Cc4 Ke6 22. Cb3
h4 23. d5(!) Kd8 24. Лd7 Фf6 25. h3, и
вскоре черные сдались.

Партия была опубликована в шахматном отделе газеты "Известия" (1 декабря 1926) с комментариями мастера Н. Григорьева. Подводя ее итог, он писал: "Партия не отличается правильностью, но изобретательной игре молодого ленинградца она делает честь".

Как вспоминал Ботвинник, один из организаторов шахматной жизни в Ленинграде, шахматист и переводчик шахматной литературы Самуил Осипович Вайнштейн (1894-1942) буквально заставил его прокомментировать свои партии со Штольцем, а через два года привлек к участию в работе над книгой о матче Алехин-Капабланка, которую писали мастера Г.Левенфиш и П.Романовский.

Оценивая анализы юного ленинградца, Вайнштейн воскликнул: "Сам Боголюбов так не анализирует!" Сравнение с претендентом на мировое первенство было, несомненно, лестно для Ботвинника. Но он рано научился критически оценивать свою игру и свои возможности. "Привычка анализировать объективно весьма важна для совершенствования шахматиста. Несомненно, это и содействовало моим успехам в ближайшие годы", — вспоминал Ботвинник.



В 16 лет Ботвинник стал шахматным мастером. 1927.

Сыграв на выпускном вечере роль Эрнста в пьесе Оскара Уайльда с символичным названием "Как важно быть серьезным", Ботвинник простился со школьной скамьей. Ему еще не исполнилось 16 лет, а в институт принимали с семнадцати. Летом 1927 года он принял участие в отборочном турнире к чемпионату СССР. В двухкруговом состязании шести Ботвинник занял 2-е место за Петром Романовским и вскоре дебютировал в чемпионате страны (см. СССР чемпионаты), где поделил 5-6-е места и выполнил норму мастера. После чемпионата Михаил стал готовиться к поступлению в институт: он мечтал учиться в Ленинградском политехническом, а его любимыми предметами были математика и физика.

"Драконовские" правила приема — 95% рабфаковцев и 5% экзаменующихся — не испугали серьезного юношу. В сентябре его приняли на математический факультет университета, а в феврале 1928 года Ботвинник перешел в Политехнический.

С этого момента в его жизни шахматы и наука всегда будут идти "параллельным курсом", мешая друг другу. Занимаясь наукой, Ботвинник откладывал шахматы. Играя в соревнованиях, забывал про электротехнику... Студенческие годы — это особенный и незабываемый отрезок жизненного пути, который "экспресс времени" минует почти без остановок, оставляя в памяти "станции" с названиями предметов и экзаменов, с фамилиями преподавателей и однокурсников. У Михаила Ботвинника эти яркие воспоминания перемежались с удачными и неудачными участиями в шахматных сражениях.

За четыре года (1927-31) он прошел не только курс электротехники, теоретической механики, физики, но и школу военных лагерей, суровую практику на Днепрострое, принял участие в двух чемпионатах СССР и впервые стал чемпионом страны (1931), победил в первенстве Ленинграда (1931). Окончив институт, Ботвинник был направлен по распределению в Лабораторию высокого напряжения имени А.А.Смурова.

Это была путевка в жизнь — студенту предстояло стать ученым! СЕМЬЯ. Причудлива и удивительна схожесть трех чемпионов мира — Эма-нуила Ласкера, Макса Эйве, Михаила Ботвинника. Три доктора наук, три долгожителя среди шахматных королей, три однолюба, у всех трех были только дочери (у Ласкера — приёмная).



Балерина Гаянэ Ананова. В кругу семьи.

"1 мая 1934 года отправился я на Васильевский остров, — вспоминал Ботвинник, — к Я.Г.Рохлину. К тому времени мой приятель женился на молодой солистке балета Валентине Лопухиной. Опаздывал: все уже собрались. Сели за стол, глянул я на свою соседку справа — обомлел... И появилась через год жена — жгучая брюнетка с черными-пречерными глазами, стройная и изящная. От нее исходило очарование". Это была любовь с первого взгляда! Гаянэ Ананова (Ганочка — звали ее друзья и муж) закончила хореографическое училище знаменитой Агриппины Вагановой и посвятила сцене 24 года. Постоянный экзерсис — упражнения у станка, необходимые для выполнения танцевальной техники, — поддерживал ее балетную форму. Его "станком" был письменный стол и шахматная доска. Балерина и шахматист. В первом слове чувствуется какая-то легкость и даже ветреность, от второго веет серьезностью и даже скукой... Да, они были совершенно разными — и идеально дополняли друг друга. Она была мила, добра, верила в Бога. Он — строг, принципиален, верил в победу коммунизма. Она посвящала себя семье, он считал необходимым служение обществу. Ее моральная поддержка и постоянное присутствие в зале помогали ему в трудную минуту, и он был настойчив в общении с руководством, оговаривая необходимость поездок жены в Ноттингем, на "АВРО"-турнир, в Гронинген, Гаагу... Когда Гаянэ не могла его сопровождать, то давала житейские наставления: "В день партии не отвлекайся, ни на что не обращай внимания. Бери пример с Улановой: в день спектакля она с утра ни с кем не разговаривает. Помни, что у человека одна нервная система".

В августе 1941 года супруги Ботвинник эвакуировались в Молотов (Пермь) вместе с Театром оперы и балета имени Кирова, где служила Гаянэ. Здесь в апреле 1942 года у них родилась дочка Оля. Весной 1944 года получили двухкомнатную квартиру в Москве, и она казалась хоромами после однокомнатной на шестерых в Молотове. Но любимым местом проживания для всей семьи стала дача, которая была построена по чертежам Ботвинника в 1950 году под Москвой в поселке Николина Гора. Здесь Ботвинник готовился к очередным матчам на мировое первенство, здесь отдыхал. "Он всегда заботился о том, чтобы хорошо отдохнуть — восстановить работоспособность, — вспоминает дочь Ольга, — Зимой, когда был моложе, ходил на лыжах, потом чистил снег на даче, летом разметал дорожки, иногда ходил на байдарке". Шло время. Росла семья. Ольга вышла замуж. "...Появился на свет божий внук Юрочка. Потом еще и внучка Леночка появилась... И бабушка их вырастила", — писал в воспоминаниях о жене Ботвинник. Заботы о внуках способствовали улучшению здоровья

Гаянэ, нередко страдавшей от душевной депрессии. В 1985 году Гаянэ Давидовна и Михаил Моисеевич отметили золотую свадьбу. А через два года, 4 декабря 1987 года, Гаянэ умерла. Ботвинник пережил жену почти на восемь лет, успев поучаствовать в воспитании правнучки Машеньки и правнука Алеши.

ЛИЧНОСТЬ.

Ботвинник жил в эпоху, легко поднимавшую на пьедестал, но столь же легко ломавшую и калечившую многие судьбы. Он жил в стране, где сегодняшний кумир мог оказаться завтра поверженным идиолом, а фанфары нередко сменялись траурным маршем. Он принадлежал удивительному времени и относился к редкой когорте людей, не ставших его пленниками.

Алехин говорил: "...посредством шахмат я воспитал свой характер". Ботвинник мог бы сказать, что благодаря своему характеру он стал чемпионом. "Он был, как американцы говорят, "Self made man" (человек сам себя сделавший)", — писала о Ботвиннике его дочь Ольга.

Коллективизация, индустриализация и "шахматизация" всей страны происходили одновременно. Последняя была наиболее удачной и самой безболезненной, но нуждалась в своем Стаханове, в своем символе. Комсомолец Михаил Ботвинник заслуженно стал правофланговым в многочисленной армии советских шахматистов. Его отличали честность, убежденность и принципиальность, а также знание своей миссии — принести Родине звание чемпиона мира.

Помимо шахматного таланта и умения отстаивать свои убеждения у молодого специалиста, окончившего Ленинградский политехнический институт, было еще немало других достоинств — он хорошо знал русскую литературу, отдавая пальму первенства Александру Пушкину, был остроумным собеседником, прекрасным танцором, в совершенстве освоившим фокстрот и чарльстон. "Никогда не думала, что шахматисты танцуют", — услышал он однажды комплимент из уст самой Галины Улановой. Начинаящий ученый Ботвинник уже добился первых успехов в электротехнике и не собирался останавливаться на достигнутом. Умение просто и доходчиво излагать свои мысли помогало ему как при аналитической работе над шахматами, так и при написании диссертации.

Ни частое общение с "сильными мира сего" — прокурором республики и председателем шахматной секции Крыленко, ни призы и награды — машина в подарок от Орджоникидзе за победу в Москве (1935), орден "Знак Почета" за успех в Ноттингеме (1936) — не сделали его лицемером. Когда считал нужным, соглашался подписать письмо-рапорт товарищу Сталину о своих успехах, когда считал для себя невозможным, отказывался подписать письмо о сфабрикованном "деле врачей" (1953), а еще четверть века спустя не поставил свою подпись под письмом советских гроссмейстеров, осуждающих оставшегося на Западе Виктора Корчного (1976).

Патриарх отечественных шахмат.



Сын зубного техника Моисея Ботвинника в середине 1930-х годов стал гордостью страны. Его имя знали во всех уголках Советского Союза, на него равнялись комсомольцы, с него брали пример пионеры. Колоссальную работоспособность обеспечивал раз и навсегда устоявшийся жесткий режим. Он ставил перед собой цель и планировал методы ее достижения. "План занятий самого умного мальчика в мире М.М.Ботвинника", — не без доброй иронии написала осенью 1936 года его жена Гаянэ, когда муж начал "вкалывать" по 12 часов в сутки над кандидатской диссертацией.

Война отодвинула достижение главной цели — звание чемпиона мира по шахматам. Сильная близорукость освободила от армии, но могла не спасти от блокадного Ленинграда. Не подвело природное чувство опасности, развитое в шахматных сражениях. Через два дня после своего 30-летия Ботвинник с женой уехали с театром, а менее чем через месяц началась блокадная эпопея, унесшая жизни многих тысяч людей, и среди них был его старший брат, талантливый изобретатель Ися Ботвинник, создавший в Ленинграде первую систему уличных светофоров...

"Глас народа священен", — сказал Сенека Старший. Глас народа назвал Ботвинника еще при жизни "Патриархом советской шахматной школы". Его авторитет был неоспорим, а его мнение — определяющим. На партию с мэтром настраивались, как на "последний бой", одевая парадные костюмы и приводя в свидетели исторического события самых близких родных и лучших друзей. Когда ему исполнилось 60, он нашел в себе мужество сказать "хватит!" и перестал участвовать в соревнованиях. Свой опыт и знания передавал ученикам. Среди воспитанников великого Учителя — великие Ученики: Анатолий Карпов и Гарри Каспаров (см. [Школа юных дарований](#)).

Эпоха во многом предопределила настороженное и недоверчивое отношение Ботвинника к новым встречам и поистине большевистскую непримиримость к тем, кого считал своими врагами по жизни. Но друзьям или просто хорошим знакомым он всегда считал своим долгом оказать помощь. Говорят, ему не было равных по составлению писем в высшие инстанции, а на ковре начальственных кабинетов он держался с достоинством и никогда не выглядел просителем.

Вера в свои силы у Ботвинника была безгранична. Уверенность в конечном успехе компьютерной программы "Пионер" помогла ему найти свое место в жизни после "шахматного дембеля". Масштабность мышления определяла масштабность целей. Вспоминает его племянник Игорь Ботвинник: "Еще в сентябре 1984 направил в ЦК КПСС записку (на нескольких страницах) по экономике. Был готов к любым тяжким последствиям (по тем временам это была страшная крамола),

но "я обязан это сделать..." Создавая экономическую программу, думал об обездоленном народе. Говорил, что политик, "взявший ее на вооружение, может въехать в рай на белом коне". Программа "Economical computer sapiens" была закончена при жизни и впоследствии передана 18 общественным деятелям (список был продиктован в последние дни жизни).

Он не отделял себя от своей страны и верил, что Россия поднимется. Ученый и Гуманист. Случился Чернобыль — обратился наверх по поводу размещения атомных станций. Считал, что строить надо их в безлюдных районах Крайнего Севера, а затем энергию передавать на "материк". Работу же вести "вахтовым методом".

До конца своих дней думал о работе, жалел, что не успел закончить шахматную программу. Не хватило времени, средств...

По признанию дочери, Ботвинник со школьной скамьи запомнил немецкую поговорку:
"Деньги потеряны — ничего не потеряно,
Здоровье потеряно — много потеряно,
Мужество потеряно — всё потеряно."

УЧЕНЫЙ.

"Нет царского пути к геометрии", — сказал Евклид Птолемию. Нет привилегированных троп в науку! Доступ в ее храм открыт лишь для натур мыслящих и ищущих. Свой поиск в электротехнике Ботвинник начал еще студентом, проходя практику на Днепрострое в 1931 году. И уже тогда понял, что "без проб и ошибок" трудно найти истину. Через год он стал аспирантом электромеханического факультета, занимался под руководством выдающегося советского электротехника Л.А.Горева. По окончании аспирантуры защитил в 1937 году в Индустриальном институте Ленинграда кандидатскую диссертацию на тему: "О влиянии колебаний напряжения на малые колебания ротора синхронной машины". В своей работе впервые показал, что возможна устойчивая передача электрической энергии на большие расстояния, если у генераторов применить специальное регулирование, как его потом называли "сильное" регулирование. Во время эвакуации был сотрудником высоковольтной лаборатории в городе Молотов, предложил оригинальный проект "прыгающего" танка и получил авторское свидетельство на "приспособление к танку для осуществления прыжка". Впоследствии Ботвинник вспоминал о своем изобретении: "Слишком уж фантастическим оно показалось. — Возможно. Я не специалист, но как знать, может, когда-нибудь на Луне, Марсе или звезде Альфа Центавра космонавты будут преодолевать неровности неземных ландшафтов на космических танках, оборудованных таким приспособлением".

В электротехнической лаборатории.



В 1950 году в издательстве "Госэнергоиздат" вышла тиражом 1500 экземпляров книга чемпиона мира по шахматам и ученого-электротехника Михаила Ботвинника "Регулирование возбуждения и статическая устойчивость синхронной машины". Экземпляр редкого издания хранится у одного из авторов этой книги с дарственной надписью: **"Многоуважаемому Исааку Максовичу Линдеру от М.М.Ботвинника. 9.10.52"**.

Очередным звеном в цепи научных исследований Ботвинника стала защита докторской диссертации, состоявшаяся через полтора месяца после окончания его матча на первенство мира с Давидом Бронштейном — 28 июня 1951 года. Тема в точности повторила название вышеупомянутой брошюры.

В научной лаборатории у Ботвинника не было стола. Он считал, что как только у ученого появляется фундаментальный стол, тот перестает быть мыслителем.

"Я никогда, кроме как во время войны, ничего не изобретал специально, все вытекало у нас из основной темы работы", — говорил Ботвинник. Изучение проблемы создания регулируемых энергетических машин переменного тока принесло научной группе Ботвинника еще один триумф. 17 сентября 1958 года их изобретение было внесено в реестр государственных изобретений СССР за номером 119590, то есть вскоре после победы Ботвинника в матче-реванше над Василием Смысловым. Можно только удивляться способности Ботвинника переключаться от шахмат к электротехнике и при этом добиваться крупных достижений.

Вскоре книга М.М.Ботвинника "Асинхронизированная синхронная машина" была издана в СССР и позднее в Англии. В начале 1960-х годов ученого Ботвинника увлекла совершенно новая идея — создание "искусственного интеллекта" - шахматной программы "Пионер", играющей в силу современного гроссмейстера. Реализации этой, на первый взгляд, фантастической идеи он посвятил более 30 лет жизни.

АЛГОРИТМ МАСТЕРА.

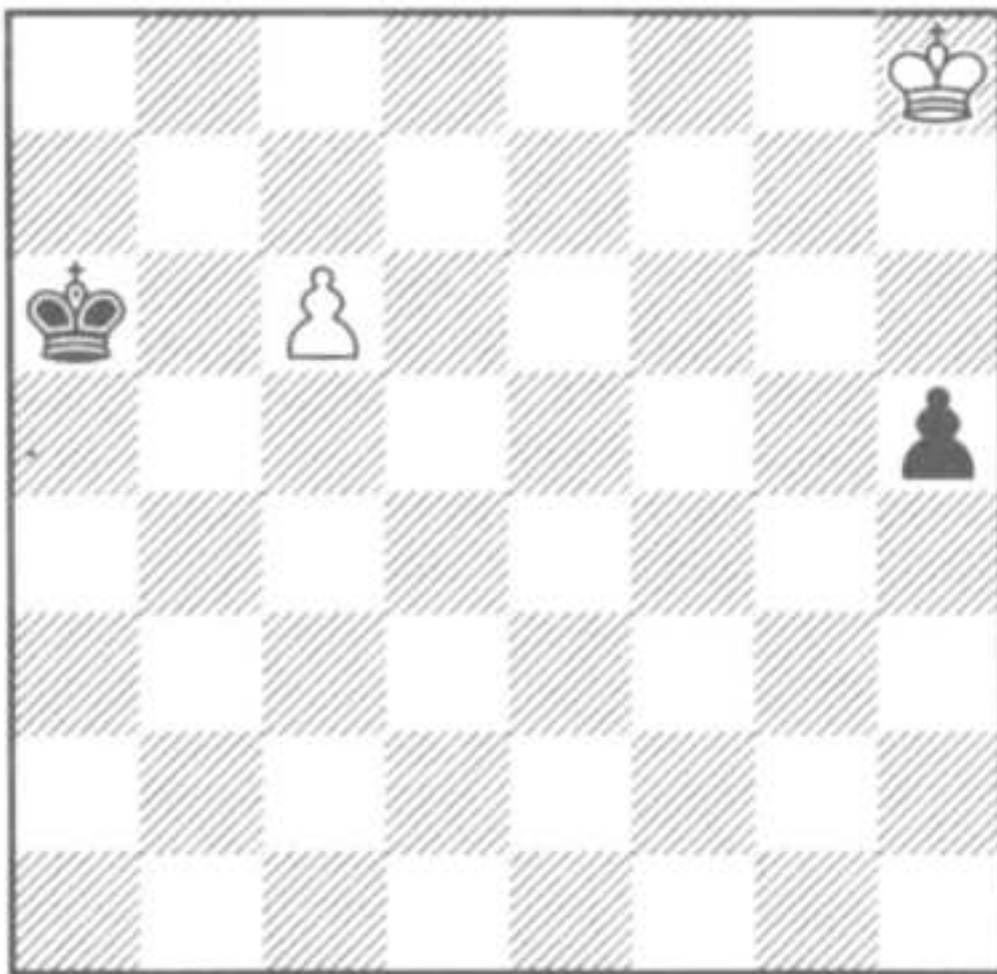
Идея создания "электронного шахматиста" возникла у Ботвинника еще в 1958 году во время теледискуссии с Максом Эйве (см. [Нидерланды](#)). С тех пор и до последних дней жизни она неотступно преследовала первого советского чемпиона мира.

С самого начала, когда ЭВМ еще играла на уровне начинающего любителя, она пыталась "объять необъятное" в любой позиции, ведя поиск решения путем полного перебора вариантов. Тогда Ботвинник поставил перед собой задачу сократить "дерево перебора" и ограничить длину рассчитываемых вариантов. Ведь полное "дерево перебора" содержит по расчету математиков около 10^{120} позиций! И это навело его на мысль — изменить саму цель поиска — вместо точной игры с конечным матом достигать неточной игрой выигрыша материала, что дает резкое сокращение перебора.

Новый подход к исследованию проблемы "ЭВМ и шахматы" Ботвинник стал пропагандировать в публичных выступлениях. Еще в 1960-61 годах он прочитал в Берлине, в Университете им. Гумбольдта, лекцию на тему "[Люди и машины за шахматной доской](#)". Затем опубликовал статью в "Комсомольской правде". А 13 мая 1966 года организовал диспут в Центральном шахматном клубе в Москве с участием математиков и шахматистов. Встречался он и с Клодом Шенноном. В 1968 году в издательстве "Наука" вышла книга Ботвинника "[Алгоритм игры в шахматы](#)"; через три года она была издана на [английском](#) языке в Нью-Йорке. В ней он сформулировал метод моделирования мышления шахматного мастера при выборе хода, построенного на позиционной оценке, отмечающей все побочные и ненужные ходы и варианты.

Ботвинник показал перспективность "неточной цели игры" при решении отдельных задач экономики, имеющих переборной характер, в частности, при планировании ремонтов оборудования электростанций в масштабах Единой энергосистемы СССР. Это помогло ему в 1972 году пробить "китайскую стену" непонимания в Госкомитете по науке и технике (ГКНТ), Министерстве энергетики и Главном вычислительном центре Госплана СССР. Было получено согласие открыть научную тему для работы над шахматной программой и выделено на ее исследование "машинное время".

В интервью еженедельнику "64" Ботвинник упомянул о поиске программистов — и вскоре был завален письмами — 20 из Москвы, 10 — из других городов страны, по одному — из Голландии и Австралии (!). Четыре года спустя его безымянная программа получила название ПИОНЕР ("Пионер"). К тому времени она неплохо разбиралась в дебюте и эндшпиле, а ее логическое мышление напоминало мышление шахматиста. Первым достижением "Пионера" явилось решение известного этюда Рети.



Ничья

1. Kpg7 h4 2. Kpf6 h3 3. Kpe6 h2
4. c7; 2...Kpb6 3. Kpe5 h3 4. Kpd6 h2
5. c7.

За ним последовали решения отдельных этюдов Каминера и Надареишвили и, наконец, гордостью Ботвинника стало нахождение "Пионером" выигрыша в позиции из партии [Ботвинник—Капабланка](#). По мере усиления дееспособности "Пионера" Ботвинник считал своим долгом делать это достоянием широкой общественности. В 1975 году в издательстве "Советское радио" вышла его книга ["О кибернетической цели игры"](#), через четыре года в том же издательстве появилась новая книга ["О решении неточных переборных задач"](#). В приложении к шахматной игре эта тема была развита Ботвинником в книге ["Шахматный метод решения переборных задач"](#), вышедшей в 1989 году в издательстве "Советский спорт".

В основу своих исследований, как уже отмечалось, Ботвинник стремился положить метод позиционной оценки, который использует мастер, когда ищет ход. Но, увы, есть в шахматах и факторы, не поддающиеся моделированию — интуиция и, в определенной мере, фантазия мастера, порою противоречащие формальной логике, но составляющие одну из основ шахматного искусства. [Быть может, поэтому априори была неразрешимой сама идея создания искусственного](#)

шахматного интеллекта в том виде, как она была задумана и на протяжении долгих лет составляла мечту шестого чемпиона мира и ученого.

И хотя в конце жизни Ботвинник все более убеждался, что в решении проблемы создания "электронного шахматиста" человечество достигало все большего успеха, идя по другому пути — резкого увеличения быстродействия и объема памяти ЭВМ, он не сдавался, надеясь на "познание и формализацию алгоритма шахматного мастера". Он отметал мысль о том, что будущий "электронный шахматист" погубит древнюю и мудрую игру. Ботвинник был оптимистом и в ответ на эти обвинения отвечал: "Многие боятся, что изобретение такой машины принесет техническую смерть шахматам. Я в это не верю. Скоро сто лет изобретению автомобиля, а люди с удовольствием соревнуются в беге на стадионе. Я думаю, что шахматная машина принесет еще большую популярность шахматам".

ШКОЛА ЮНЫХ ДАРОВАНИЙ.

С юных лет Ботвинник приучил себя к самостоятельности, самоконтролю, самодисциплине. Он был творческой, независимой личностью. "У Вас нет чувства стадности", — сказал ему как-то известный математик Н.А.Криницкий. В обществе, за все и всегда голосовавшем единогласно, подобный комплимент дорого стоил.

Принцип самостоятельности стал основополагающим и в педагогической деятельности Ботвинника. Первыми примерными шахматными учениками 25-летнего Ботвинника стали ученые, с которыми он занимался в середине 1930-х годов в "комнате Дон Кихота" в ленинградском Доме ученых. Вскоре его подопечными стали юные шахматисты, но гораздо более высокой квалификации. 27-летний учитель теперь преподавал в кабинете Александра III. В конце 1930-х годов Аничков дворец "превратился" в Дворец пионеров, в котором открылся и шахматный клуб. "Занимались мы по воскресеньям, — вспоминал Ботвинник, — один раз в две недели (человек 10-12) — один у демонстрационной доски докладывал, другие слушали и критиковали. Разгорались дискуссии, атмосфера бывала накаленной. Докладчики намечались заранее, они сообщали о выполненных заданиях, притом самых различных: теоретическая коллекция эндшпилей, комментирование партий, анализ какого-либо дебюта и т. п. Характер заданий определялся шахматными качествами ученика: скажем, он неудачно разыгрывал начало партии или эндшпиль, или небрежно анализировал свои партии — именно это и определяло тип и тему задания. К каждому слушателю подход был индивидуальный".

Одним из его учеников того периода был будущий международный гроссмейстер Марк Тайманов, который с благодарностью вспоминал учителя и его метод: "Упор делался на широту и точность анализа, обстоятельность, а главное — на самостоятельность выводов. Ботвинник требовал от своих учеников тщательного и критического разбора иггранных ими турнирных партий. Теперь, оглядываясь назад, я понимаю, как это было мудро: Ботвинник приучал нас не только к кабинетной работе за шахматной доской, но и к литературным новинкам, столь необходимым в профессиональной шахматной жизни".

В 1939 году Ботвинник с королевской щедростью поделился с шахматным миром своим опытом и взглядами на систему подготовки, опубликовав в турнирном сборнике, посвященном 11-му чемпионату СССР, статью "О моих методах подготовки к соревнованиям. Турнирный режим".

Надо быть сильно уверенным в своих силах, чтобы в ранге претендента на мировое первенство раскрыть тайны и особенности творческой лаборатории. Кроме того, это был шаг Просветителя и Учителя.

В середине 1960-х годов в Москве спортивным обществом "Труд" была организована шахматная школа одаренных юных шахматистов, и ее первым руководителем стал Ботвинник. Три раза в год во время каникул двадцать юношей из разных городов страны приезжали для занятий в этой школе. Среди его учеников были Анатолий Карпов из уральского города Златоуст, Юрий Балашов из города Шадринск, Наум Рашковский из Караганды, Юрий Разуваев из Москвы. Все они стали международными гроссмейстерами, а Карпов — чемпионом мира.

Ботвинник всегда напоминал юным шахматистам, что шахматы — это не только борьба умов, но и борьба нервов. "Часто побеждает тот, — писал он, обращаясь к молодежи, — у кого больше выдержки, кто не теряется в трудных положениях, сохраняет самообладание до конца партии, у кого сильнее воля". Ботвинник не советовал играть "без передышки", турнир за турниром.

"Чтобы играть успешно, нужно испытывать шахматный голод", — считал он. И нередко говорил ученикам: "Не играйте много, оставляйте время, чтобы думать о шахматах".

Ветеран шахмат учил ребят самостоятельно мыслить, работать, анализировать. Интересно, что когда однажды он предложил своим ученикам исследовать отложенную на Олимпиаде в 1962 году позицию с Фишером, 13-летний бакинский школьник Гарри Каспаров нашел еще один путь к ничьей, ранее не обнаруженный ни Ботвинником, ни другими гроссмейстерами.



Летняя сессия "Школы Ботвинника-Каспарова" в литовском городе Друскининкай. Среди учеников — В.Крамник, С.Тивяков, А.Широв.

Это уже был представитель очередной волны юных шахматных талантов, в их числе С.Долматов, А.Юсупов, Л.Псахис, А.Харитонов, Я.Эльвест, Э.Розенталис, А.Соколов, С.Ионов, А.Ненашев, Е.Ахмыловская, Н.Иоселиани, Л.Зайцева. Сплошные претенденты, чемпионы, гроссмейстеры. Зимняя и весенняя сессии школы Ботвинника проводились в домах отдыха под Москвой, осенняя — на берегу Черного моря в пионерском лагере "Орленок" (близ Туапсе). Около

40 лет прошло с момента первых учительских опытов Ботвинника, но его метод оставался прежним и продолжал приносить прекрасные плоды. "Убежден, — подчеркнул Гарри Каспаров в 1985 году, после завоевания им звания чемпиона мира, — что пять лет, проведенных в школе Ботвинника (1973-78), сыграли решающую роль в моем формировании как шахматиста и определили путь дальнейшего совершенствования".

Многие из учеников Ботвинника становились не только известными шахматистами, но и хорошими тренерами (Балашов, Юсупов, Долматов, Разуваев), а Гарри Каспаров, став чемпионом мира, продолжал помогать Учителю воспитывать новые таланты. Школа стала именоваться "Школа Ботвинника — Каспарова" (см. раздел Каспаров). В марте 1988 года Ботвинник последний раз участвовал в ее учебной сессии.

ПОЛИТИЧЕСКИЙ КРУГОЗОР.

"Прекрасно служение родине хорошими делами, но неплохо и служение ей хорошими речами", — сказал еще римский историк Гай Саллюстий (86-35 до н. э.). Ботвинник был патриотом и гражданином своей Родины, служа ей и делом, и речью, и пером. Широта кругозора, не ограничиваемого рамками 64-клеточной доски, позволяла "отделять плевелы от пшеницы". Поездки за рубеж и возможность сравнивать жизнь "тут" и "там" наводили на размышления и позволяли делать выводы, порой не вполне соответствующие "линии партии". Но преданность ей и партийный билет были святы для Ботвинника, никогда не использовались им в карьеристских целях.

И все же честность и принципиальность плюс определенная смелость и понимание своего "королевского" положения давали импульс к действию. На протяжении трех непростых десятилетий в жизни страны (1954-84) Ботвинник трижды обращался в ЦК КПСС. Первое письмо академику и секретарю ЦК КПСС П.Н.Поспелову он отправил 29 мая 1954 года. Оно называлось "Возможна ли социалистическая революция на Западе без третьей мировой войны?".

На нескольких страницах Ботвинник дал свой анализ политической ситуации в мире в век "холодной войны". В противостоянии двух лагерей — социалистического и капиталистического — чувствовалась угроза нового мирового столкновения, а изобретение ядерного оружия грозило ядерной катастрофой. Ботвинник подробно, по пунктам, предлагал свой план действий по изоляции монополистов без выстрелов и бомбардировок. «В какие же условия надо их поставить, чтобы у них не было необходимости в атомной войне? — задается вопросом Ботвинник и тут же дает ответ: — Для этого, по-видимому, надо не отнимать у капиталистов "рая" полностью, не отнимать сладкой жизни у их семей и т.п. Если теперь монополисты тратят на свои потребности известную часть присваиваемой прибавочной стоимости (доход по Марксу), то не следует ли сохранить им некоторую долю этого дохода (скажем, 25%), чтобы не было у них необходимости браться за атомную бомбу?

Небезынтересно отметить, что и программа британской компартии предусматривает выплату частичной компенсации тем собственникам, "которые останутся лояльными по отношению к народному правительству..."

Мне кажется, что если гарантировать (в странах Запада) мелкой буржуазии сохранение 100% дохода после революции, то можно изолировать монополистов от народа, избавить человечество от атомной катастрофы и создать условия для скорой социалистической революции на Западе».

Ответом на письмо стала "Записка секретаря ЦК КПСС П.Н.Поспелова об ошибках М.М.Ботвинника" от 19 июня 1954 года с угрожающей концовкой: "«Заметки» М.М.Ботвинника представляют интерес как проявление буржуазной идеологии лейбористского типа и боязни капиталистического окружения.

Полагаю, что следует вызвать М.Ботвинника в отдел пропаганды и агитации ЦК и разъяснить ему антимарксистский характер его заметок. Если же он будет настаивать на своих некоммунистических взглядах, то он не может, мне кажется, оставаться членом партии."

27 декабря 1954 года Ботвинник пишет второе письмо П.Н.Поспелову, в котором соглашается, что допустил ряд промахов, но не понимает, почему его позиция воспринята как лейборизм?

"Вы указали, Пётр Николаевич, что мои предложения, направленные на решение этой задачи, наивны. Я не могу не принять Ваше указание к сведению и руководству. Однако, если эти предложения неуместны, то, на мой взгляд, обязательно должны найтись другие предложения. Марксизм-ленинизм освещает народам путь к светлому будущему; он должен указать человечеству и путь избавления от атомной катастрофы. Мне кажется, что сегодня это можно сделать: завтра, быть может, будет поздно".

Четверть века спустя, 12 декабря 1978 года, Ботвинник обращается к новому секретарю ЦК КПСС М.В.Зимянину с письмом по другому поводу — о программе "Пионер", с просьбой оказать всемерное содействие его работе и способствовать вывозу программы в Западную Германию или США, где есть возможность закончить работу по созданию искусственного интеллекта. В течение двух последующих месяцев Ботвинник настойчиво напоминает о своей записке, ибо считает, что "окончанием работы по программе принесет немалую пользу Советскому Союзу".

Наконец, 9 февраля 1979 года в отделе науки и учебных заведений ЦК КПСС состоялось совещание по просьбе М.Ботвинника, итогом которого стало заключение С.Г.Щербакова — "не один М.Ботвинник заботится о развитии науки, об этом думают многие ученые".

Программа "Пионер" оказалась "невездной"!

Прошло еще семь лет, и фамилия Ботвинник вновь упоминается в кулуарах ЦК КПСС с негативным оттенком. По секретной информации КГБ СССР от 17 мая 1984, "состоялась беседа экс-чемпиона мира по шахматам М.Ботвинника с бывшим советским гражданином Файнбергом М.А., выехавшим из СССР в Израиль в 1979 году. В настоящее время Файнберг проживает в США, работает корреспондентом в антисоветском издательстве «Новое русское слово», регулярно выступает в эмигрантской печати с враждебных СССР позиций".

Зимянин обращается к зав. отделом пропаганды ЦК КПСС Б.И.Стукалину: "Подумайте, как призвать к порядку тов. Ботвинника М.М. Его поведение цинично, совершенно недопустимо с

гражданских позиций".

В результате Ботвинника вызвали "на ковер" к заместителю председателя Спорткомитета В.А.Ивонину, и Стукалиным была составлена "Справка отдела пропаганды ЦК КПСС" от 13 июня 1984 с грифом "секретно". В ней, в частности, говорилось, что тов. Ботвинник М.М. "подтвердил, что во время пребывания в США у него были беседы с Файнбергом, но смысл части его высказываний автором искажен. Вместе с тем он отметил, что отдельные мысли из этого интервью им высказывались ранее в советской печати и в публичных выступлениях".

"Тов. Ботвиннику было указано на недопустимость с его стороны заявлений, которые могут нанести ущерб нашей стране или носят оскорбительный характер в отношении советских шахматистов.

Учитывая поведение М.Ботвинника и нездоровый интерес, который проявляют к нему наши идейные противники, полагаем целесообразным впредь ограничивать его зарубежные поездки".

Когда в мае 1993 года все вышеперечисленные письма готовились к печати в журнале "Исторический архив" (1993, № 1-2), Ботвинник подытожил все вышесказанное: **"Быть может, когда прочтут все эти материалы, меньше будет препятствий в работе. Тогда прошлое протянет руку настоящему"**.

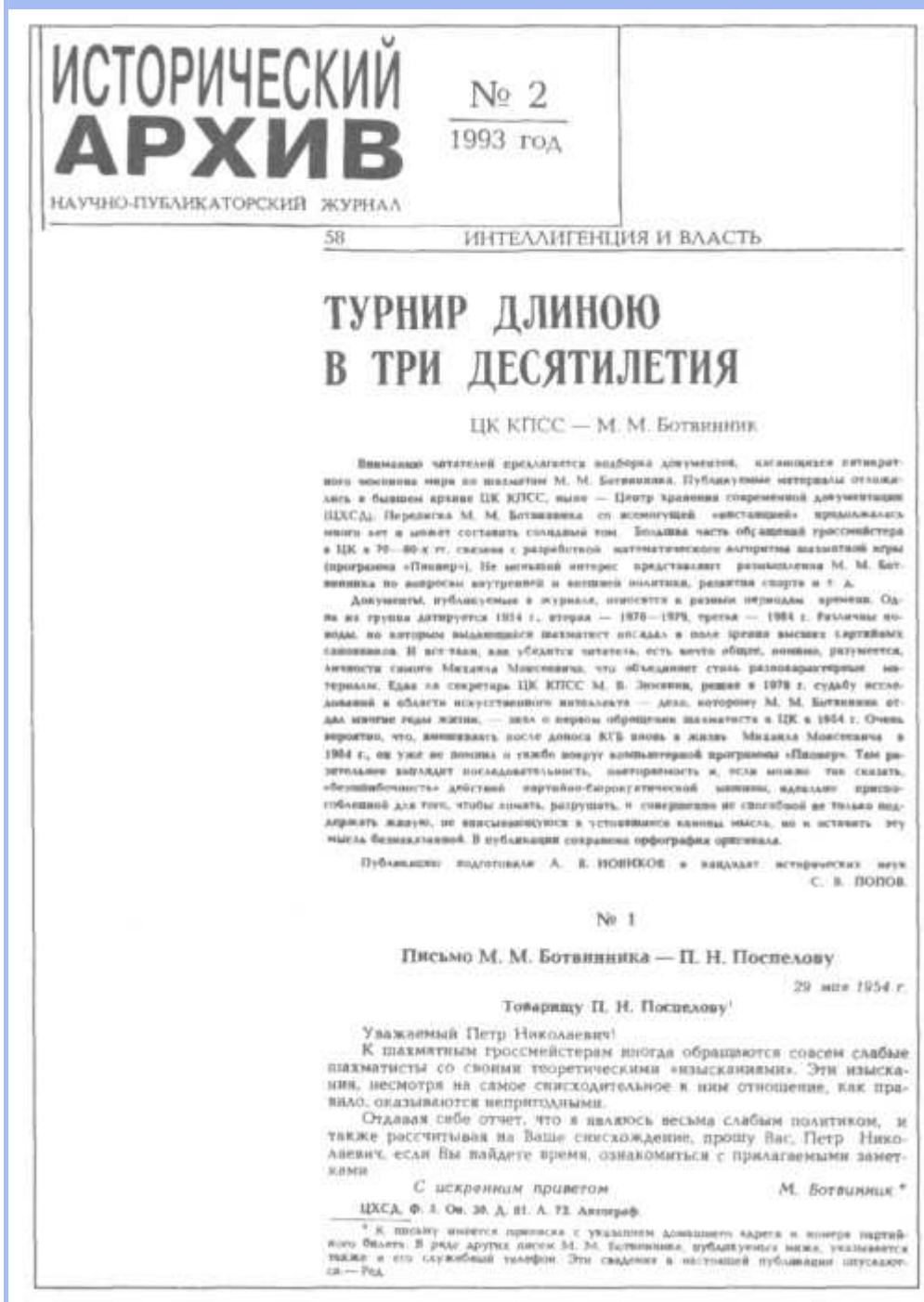
ГАСТРОЛИ.

Имя Ботвинника обладало удивительной магией. За его матчевыми и турнирными выступлениями следили с интересом во всем мире. Его книги выходили огромными тиражами и всегда пользовались спросом, переиздавались и переводились во многих странах. Его лекции собирали полные залы. Сыграть против него в сеансах почиталось за честь и доставляло многим радость и в СССР, и за рубежом.

Хотя найти "окно" для длительных гастролей в строго расчерченном ботвинниковском календаре было нелегко, он выкраивал для них время, ибо считал своим долгом всемерно способствовать популяризации шахмат в мире, выступая не только в соревнованиях, но и с сеансами и лекциями, давая интервью и публикуя статьи в общей и специальной прессе. Вполне естественно, что более часто имели возможность видеть и слушать его, играть с ним в сеансах москвичи и ленинградцы. Но в разное время приезжал он и во Владимир, Тулу, Ярославль, Ростов-на-Дону, Саранск, Минск, Ригу, Одессу, Ереван, Баку, Ашхабад и многие другие города и республики Советского Союза. Дважды — в августе 1965 и 1968 годов — Михаил Ботвинник вместе со своими голландскими друзьями Максом Эйве и Вилемом Мюрингом исколесили Сибирь и Дальний Восток. Они были гостями Свердловска, Новосибирска, Иркутска, Красноярска, Хабаровска, Владивостока. Их выступления с сеансами и лекциями получили широкий отклик в прессе. К примеру — корреспонденция В.Щербака о сеансе с часами Ботвинника во Владивостоке в газете "Красное знамя" (29 августа 1968), озаглавленная "Ботвинник принимает вызов":

"За шахматными столиками, сдвинутыми в круг, сидят игроки. Они волнуются, ерошат волосы, подолгу думают над каждым ходом. Партнер у всех один, но какой — сам Ботвинник!"

Десять перворазрядников, среди которых большинство студентов, "бросили перчатку" знаменитому гроссмейстеру, экс-чемпиону мира.



Первая страница публикации переписки М.М.Ботвинника с ЦК КПСС (1954-84) в журнале "Исторический архив" (1993, № 2).

Несмотря на свои 57 лет, Михаил Моисеевич по-юношески бодр и энергичен. После каждого его хода по рядам зрителей шелестит шепот; одни — тщательно записывают партии, другие —

просто следят за игрой прославленного шахматиста.

Трехчасовое сражение закончилось. Только трое из десяти — студенты В. Баранов, В.Коваленко и Л.Шабаров — сумели противостоять натиску экс-чемпиона мира и свели свои партии вничью. Остальные испытали горечь поражения. Но проиграть Ботвиннику, перед которым в течение многих лет складывали оружие лучшие шахматисты мира, — не стыдно!

Михаил Моисеевич подробно проанализировал игру всех участников сеанса, с уважением отозвался о способностях своих молодых партнеров, призвал их больше учиться и тренироваться, повышать свое мастерство. После выступления, встреченного аплодисментами, Ботвинника берут в плотное кольцо почитатели его таланта. Посыпались вопросы, просьбы дать автограф...

Даже когда гроссмейстер покинул Дом физкультуры, направляясь в гостиницу, за ним длинным шлейфом потянулись любители. Маститый и начинающие шахматисты шли рядом, степенно беседуя о своих шахматных делах".

Столь же широкий отклик и интерес вызывали лекции и беседы Ботвинника во время других гастролей. Он был остроумен, порою резок, но всегда откровенен в своих оценках и ответах. И к мнению Патриарха советских шахмат (так часто именовала Ботвинника советская пресса) относились с особым интересом и уважением. Для примера — несколько ответов Ботвинника на вопросы слушателей Рижского университета шахматной культуры после его лекции, состоявшейся вскоре после матча на первенство мира Карпов-Корчной в Мерано (1981):

- Как Вы оцениваете итоги матча на звание чемпиона мира в Мерано в творческом отношении?
- Претендент играл не на должном уровне. А Карпов почти не делал ошибок. Как Капабланка в лучшие годы.
- Считаете ли Вы правильным современный регламент проведения первенств мира?
- Не нравится большой состав участников межзональных турниров, матчи претендентов, а также матч на звание чемпиона мира до 6 побед. Целесообразнее проводить матч на звание чемпиона мира из 20-24 партий и матч-турнир для претендентов.
- Какие особенности личности Г.Каспарова позволили ему столь рано вырасти в шахматиста мирового класса?
- Это исключительный шахматный талант, но он субъективен и скоропалителен в принятии решения. Очень общителен, искренен, мало жизненного опыта. По таланту напоминает Алехина.
- Каков, по Вашему мнению, оптимальный возраст для спортивных достижений в шахматах?
- Оптимальный возраст для достижения шахматных высот — от 30 до 40 лет. Надо развивать позиционное понимание, чтобы компенсировать снижение счетной силы вариантов. У шахматиста-исследователя сила игры может сохраниться до 50 лет.
- Можно ли сравнить судьбу Фишера с судьбой Морфи?
- Да.
- Кто был самым великим чемпионом мира?
- Капабланка. Он играл интуитивно.
- Кого из шахматных журналистов Вы считаете наиболее объективным?
- Таля.

Велик был интерес к выступлениям и сеансам Ботвинника и за рубежом. Большей частью они

проводились после участия в турнирах. Особенно часто ему довелось играть в голландских турнирах. Здесь он бывал и как председатель общества "СССР-Нидерланды" (см. [Нидерланды](#)). После Гастингского турнира 1966/67 года Ботвинник совершил большое турне "по шахматному Альбиону" — так писал он о своих английских гастролях в воспоминаниях (см. [Великобритания](#)).

Еще будучи чемпионом мира, Ботвинник совершил с С.Флором турне по Швейцарии и ФРГ. Первое из них состоялось с 26 января по 6 февраля 1956 года и ознаменовалось сеансами в Цюрихе, Базеле, Люцерне и Золотурне. В центре внимания шахматной общественности был, конечно, сеанс с часами в Цюрихе против восьми сильнейших шахматистов страны, которые двумя годами ранее представляли команду Швейцарии на 11-й Всемирной олимпиаде в Амстердаме. Чемпион мира выиграл 6 партий, проиграл одну — Куперу и одну свел вничью — с Циммерманом.

Ботвинник — Гроб, Цюрих, 1956 Сеанс с часами

1. Kf3 Kf6 2. c4 d5 3. cd K:d5 4. e4 Kf6 5. Kc3 e6 6. d4 c5 7. d5 a6 8. Cg5 Фb6 9. C:f6 gf 10. Фd2 h5 11. Ce2 Kd7 12. 0—0 h4 13. a4 Ch6 14. Фc2 Cf4 15. a5 Фc7 16. Лfd1 Ke5 17. K:e5 C:e5 18. h3 Cd7 19. Ka4 C:a4 20. Л:a4 Лc8 21. Лc4 Ф:a5 22. b4 Фа3 23. Л:c5 Лd8 24. de Cd6 25. Л:d6 Л:d6 26. Лc8+ Kpe7 27. Фc7+ Kp:e6 28. Cg4+ f5 29. C:f5+ Kpe5 30. Фc5+. Черные сдались.

В конце сентября 1959 года Ботвинник совершил трехнедельное путешествие по ФРГ вместе с гроссмейстером С.Флором и мастером Л.Абрамовым. Сеансы одновременной игры чемпиона мира в Бремене, Гамбурге, Нюрнберге и Ганновере вызвали настоящий шахматный ажиотаж. Ботвинник, как правило, играл на 25 досках. В одном из сеансов он, по его собственному признанию, выступил неудачно (+9, — 1, = 15), но с удивлением прочел на следующее утро в газете, что "Ботвинник разбил бременцев".

Сеанс Ботвинника в ФРГ.



Во время гастролей Ботвинника интересовало буквально все — он посетил знаменитый

издательский дом А.Шпрингера в Гамбурге, древний королевский замок в Нюрнберге, был гостем президента Западногерманского шахматного союза доктора Вильдхагена, известного к тому же изданием библиотеки партий ведущих шахматистов мира, и вручил ему 400 партий для тома "Ботвинник", присутствовал на открытии очередного чемпионата ФРГ, посетил спектакли французской балетной труппы.

Из Германии Ботвинник и Флор отправились в Швецию, куда их пригласил президент ФИДЕ Фольке Рогард. Шведы помнили тот факт, что свою первую зарубежную поездку 15-летний школьник Миша Ботвинник совершил именно в Стокгольм (см. [Детство и юность](#)). И вот 35 лет спустя чемпион мира Михаил Ботвинник — вновь в столице Швеции, на этот раз в качестве почетного гостя. А в следующем году на съезде шведских шахматистов (1960) было принято единодушное решение наградить Ботвинника золотой медалью Шахматного союза Швеции за большие заслуги в развитии шахматного искусства.

В 1973 году Ботвинник посетил 15 городов Западной Германии, в том числе Киль, Гамбург, Бремен, Кёльн, Бонн и др. Наряду с сеансами ежедневно выступал на пресс-конференциях, по радио и телевидению. Одним из организаторов этой поездки был гроссмейстер Лотар Шмид, главный арбитр матча Спасский-Фишер. Совершая турне вместе с гроссмейстером по переписке Яковом Эстриным, Ботвинник посетил в Триберге 84-летнюю вдову Е.Д.Боголюбова, которая рассказала о последних годах жизни гроссмейстера и поделилась своими воспоминаниями о русских участниках турнира 1914 года в Мангейме А.Селезневе, И.Рабиновиче, П.Романовском.

В декабре 1975 года Ботвинник прочел лекцию в Западном Берлине о положении в шахматном мире. Он, в частности, сказал: "Появление Фишера на шахматном Олимпе, интерес к его личности привели к росту популярности шахмат на земном шаре — 2/3 государств ООН входят в ФИДЕ. Но, увы! Кратковременная активность Фишера вызвала и события в ФИДЕ, те самые споры и ссоры, связанные с матчами 1972 и 1975 годов, споры, которые были невозможны в период 1949-69 годов, когда действовала справедливая конституция борьбы за первенство мира. Возможно, что такая ситуация в ФИДЕ привлекает нездоровый интерес со стороны широкой публики, но вряд ли это способствует созданию подлинно творческой атмосферы в среде шахматных корифеев.

Для пессимизма все же нет оснований. Хочется верить, что молодое поколение с большим рвением будет служить шахматной богине Каиссе".

Среди памятных для Ботвинника поездок в последующие годы — путешествия „за океан — в Торонто (1978) и Нью-Йорк (1983) на чемпионаты мира среди компьютеров; в Брюссель (1991), где проходили четвертьфинальные матчи претендентов и где он отметил свое 80-летие.

В 1990 году Итальянская шахматная ассоциация наградила его почетной премией имени Джоаккино Греко — *Una vita per gli scacchi* ("За жизнь для шахмат"). Оценивая вклад этого шахматиста эпохи Возрождения, Ботвинник писал: "Греко был ярким представителем итальянской шахматной школы, которая ввела в шахматную практику комбинацию как полноценный элемент алгоритма мастера".

Так всей своей неутомимой и многогранной деятельностью способствовал прогрессу и популяризации шахматного искусства в мире один из великих шахматистов 20 века Михаил

КУРЬЕЗЫ.

Жизнь не обделила Ботвинника и в этом. Уж очень веселые ему достались параллели и меридианы — не соскучишься!

Победная фамилия. Ботвинник часто бывал в Нидерландах.

— Знаете ли Вы, как по-голландски звучит Ваша фамилия? — спросил Ботвинника один из любителей шахмат. — "Бот вин ик". В переводе означает — "бот выигрываю я".

Тридцать лет спустя Ботвинник рассказал об этом эпизоде своему другу г-ну Гаудкелу — одному из руководящих деятелей общества дружбы "Нидерланды-СССР". Тот хохотал от души. Оказывается, "бот вин ик" имеет тот же смысл, что "выиграть на дурачка!".

Волшебная пешка. 9 мая 1948 года Ботвинник играл последнюю партию матч-турнира на первенство мира с Эйве и, сделав белыми ход 14. b2—b4, решил предложить ничью. После некоторых раздумий голландский гроссмейстер согласился. О том, что было дальше, вспоминал виновник торжества: "Волнение и шум в зале были неописуемыми. Игру на другой доске пришлось приостановить. Лишь через несколько минут главный арбитр турнира Милан Видмар сумел успокоить публику. Друзья увели меня, чтобы отпраздновать победу.

Спустя некоторое время кинооператоры спохватились, что они не "увековечили" момент совершения моего последнего хода 14. b4, который принес советской стране звание чемпиона. Тогда они обратили внимание, что у демонстратора партии Я. Эстрина костюм того же цвета, что и у новоиспеченного чемпиона мира. Кинозрители и не подозревали, что "исторический" ход b2—b4 за шахматным столиком в кинокадре совершила рука не чемпиона, а демонстратора.

На этом "история" пешки "b" не закончилась. Ее унесла как талисман Елизавета Быкова в уверенности, что эта пешка поможет и ей стать чемпионкой мира. И это действительно свершилось!

Между прочим, и скромный демонстратор, который прикоснулся к этой воистину "волшебной" пешке, стал впоследствии чемпионом мира в игре по переписке".

Скверная примета. На 16-й Всемирной олимпиаде (1964) во время матча СССР-Испания экс-чемпион мира Михаил Ботвинник играл с международным мастером Антонио Мединой. Неожиданно Ботвинник встал и обратился к капитану своей команды гроссмейстеру Александру Котову: "Мой противник не дает мне сосредоточиться. Он все время подсвистывает".

Когда Котов пожаловался капитану испанской команды, тот огорченно покачал головой и сказал:

—	Плохо	дело!
—		Почему?

— Видите ли, если Медина начинает свистеть, значит его позиция совершенно безнадежна!

Проявил характер. Ботвинник всегда с пристрастием относился к поступкам своего любимого ученика Гарри. И когда он, по настоянию "свыше", сменил фамилию умершего отца — Вайнштейн на фамилию матери и стал Каспаровым, Михаил Моисеевич очень сердился. — Я, например, в свое время проявил характер и не сделал подобного шага! — гордо заявил он. — А как фамилия вашей мамы? — спросил кто-то из присутствующих. Ботвинник улыбнулся: — Рабинович!

НИДЕРЛАНДЫ.

Семь международных турниров, матч-турнир на первенство мира и Всемирная олимпиада — таков голландский послужной список Михаила Ботвинника.

Ни с чем не сравнимое царство велосипедов, каналов, тюльпанов. Здесь Ботвинник договорился о матче на первенство мира с Александром Алехиным после окончания "АВРО"-турнира (1938), здесь превзошел национального кумира доктора Макса Эйве (Гронинген, 1946), здесь заложил фундамент исторической победы в матч-турнире на первенство мира (1948). Здесь он выиграл знаменитую партию у Капабланки. И не случайно в 1960 году Михаил Ботвинник стал председателем правления общества дружбы "СССР — Нидерланды". В своей книге "К достижению цели" (1978) он писал: "Так сложилась моя шахматная судьба, что в этой стране я выступал не один десяток раз. Шахматистов в Голландии много: интеллигенты и рабочие, взрослые и дети, католики и протестанты — в шахматы играют во всех слоях общества... Общество дружбы "СССР — Нидерланды" объединяет как многих советских специалистов, связанных с культурой, экономикой, искусством и историей голландского народа, так и всех интересующихся этой своеобразной и красивой страной. Наше правление в своей деятельности стремится укрепить добрые отношения между двумя народами".



Пути-дороги российского шахматного рыцаря Михаила Ботвинника в Голландии были устланы тюльпанами. Дружеский шарж Игоря Соколова.

Во время одной из поездок Ботвинника в Нидерланды осенью 1958 года ему довелось по просьбе его друга доктора Макса Эйве выступить в телевизионной передаче, посвященной роли ЭВМ в жизни современного общества. И когда Эйве задал вопрос чемпиону мира: "Будет ли ЭВМ играть в шахматы сильнее человека?" — Ботвинник, не задумываясь, ответил: "Да!" И... получил 100 гульденов!

В книге "От шахматиста к машине" он, шутя, писал: "Известно, что все начинается от Евы... Но в моей творческой деятельности многое начиналось не от Евы, а от Эйве. Именно он осенью 1934 года выхлопотал приглашение на рождественский турнир в Гастингс — это был мой первый международный турнир. И вот теперь после вопроса Эйве я стал думать, как же обучить компьютер хорошо играть в шахматы" (см. [Алгоритм мастера](#)).

По капризу судьбы именно здесь, в Нидерландах, на турнире в Лейдене (1970), Ботвинник завершил свою спортивную карьеру. Впечатляют статистические итоги его голландских выступлений: пять первых мест в международных турнирах — Гронинген (1946), Вагенинген (1958), Амстердам (1963 и 1966), Нордвейк (1965), однажды разделил первый приз (1-2-е места) в Бевервейке (1969), 3-е место в "АВРО"-турнире (1938) и 3-4-е места в Лейдене (1970). В восьми турнирах он одержал 41 победу, 37 партий сыграл вничью и 8 проиграл (69,2% очков). Показал лучший результат на 1-й доске на Всемирной олимпиаде в Амстердаме (1954), набрав 8,5 очка из 11 (+6, -0, = 5, 77,3%). Уверенно выиграл он Гаагскую половину матч-турнира на первенство мира (1948): 6 очков из 8 (+4, -0, =4, 75%).

Бывал Ботвинник на родине Эйве и с другой миссией. Так, в июне 1988 года по просьбе шахматного мецената и общественного деятеля Бессела Кока он провел вместе с Алексеем Шировым и Геннадием Сосонко специальную учебную сессию для 19-летнего талантливого шахматиста Йероена Пикета. "Результатом наших десятидневных занятий, — рассказывал Ботвинник, — были "диагноз" и "лечение", записанные в рабочей тетради сессии". Через год Пикет стал гроссмейстером, а несколько лет спустя — одним из ведущих шахматистов Нидерландов и Европы.

И еще один интересный штрих популярности Ботвинника в Нидерландах. Даже такой романтик шахмат, как гроссмейстер Ян Тимман, под влиянием прежде всего Ботвинника, заявил в 1974 году: "Я считаю себя учеником советской шахматной школы... Мой главный "путеводитель" — Ботвинник с его научным подходом к шахматам, глубоким проникновением в тайны позиции, умением навязывать партнеру свою манеру игры".

ВЕЛИКОБРИТАНИЯ.

Ботвинник участвовал в четырех английских турнирах, приезжая сюда каждый раз в новой роли — дебютанта международных состязаний, претендента на мировое первенство, чемпиона мира и экс-чемпиона!

В 1934 году 23-летний советский мастер Михаил Ботвинник впервые выехал за рубеж для участия в Гастингском рождественском турнире (1934/35). В памяти навсегда осталась тяжелая

дорога через всю Европу в "сидячем" вагоне; теплоход, следующий по маршруту Остенде — Дувр; неприветливый английский полицейский на паспортном контроле. Правда, стоило ему увидеть приглашение Гастингского клуба, как его поведение резко изменилось: сам заполнил все анкеты и показал, где стоит поезд, направляющийся в Лондон. Полицейский любил шахматы!

Через полтора года Ботвинник вместе с молодой женой Гаянэ приехал на "турнир чемпионов" в Ноттингем (1936). Следуя мудрому совету Эм. Ласкера, чета Ботвинник прибыла за несколько дней до начала ответственного состязания, чтобы успеть акклиматизироваться. На следующий день после приезда в отель "Виктория Стейшн" Ботвинник с женой были гостями президента шахматной ассоциации Ноттингема и организатора турнира господина Дерби шера.

Турнир показал миру, что за "железным занавесом" подросла неплохая шахматная смена эмигрировавшим из России корифеям Алехину и Боголюбову.

В 1960-е годы Ботвинник еще дважды играл в Гастингских турнирах и оба раза выигрывал первый приз.

Ботвинник всегда с большой симпатией писал о Великобритании.

В очерке "По шахматному Альбиону", напечатанному в журнале "Новый мир" (1967, № 11), он, рассказав о своих впечатлениях от гастрольной поездки после окончания Гастингского турнира, между прочим, тонко передал свойственный англичанам (и в скобках заметим — и ему) юмор... Будучи в Глазго, например, Ботвинник удивил шотландцев знанием стихов Роберта Бёрнса, так как язык этого великого поэта малодоступен современному англичанину. И когда он сказал, что читал поэта в переводах Маршака, то маэстро Барри Вуд заметил:

— Это замечательно, осталось лишь перевести Маршака, и англичане сумеют читать Бёрнса...

При посещении Палаты общин в Лондоне у Ботвинника завязалась беседа о шахматах и международной политике с одним джентльменом, выделяющимся аристократическими манерами.

— Как Вы оцениваете международную обстановку? — спросил он Ботвинника.

— **Пессимистически. Мир навечно разделен на два непримиримых лагеря - шахматистов и нешахматистов.**

В 1981 году в Лондоне вышли его книги "К достижению цели", "От шахматиста к машине". В обращении к читателю Ботвинник писал: "Мои некоторые турнирные выступления были связаны с британской шахматной жизнью, поэтому мне приятно и почетно, что книга "К достижению цели" выходит в Англии"; а во введении к другому своему произведению: "Надеюсь, что эта книга поможет дальнейшему развитию британских шахмат, которые ныне так высоки, как никогда ранее в XX веке".

Два года спустя, в 1983 году, англичане попросили Ботвинника написать "Предисловие" к выходившей в издательстве "Пергамон-Пресс" книге "Британские шахматы". В нем шестой чемпион мира прежде всего исключительно высоко оценил роль Англии в прогрессе шахмат в 19 веке. "В истории шахмат британские шахматы сыграли выдающуюся роль. Имена Стаунтона, Мак-Доннелла,

Блэкберна, Берна известны всему шахматному миру. Первый международный турнир (1851) состоялся именно в Лондоне".

Отметив далее с сожалением, что в 1-й половине 20 века в стране "выдающихся мастеров уже не было", Ботвинник выразил надежду на скорый успех молодых англичан. В этом он убедился, давая сеансы после окончания турнира в Гастингсе, 1966/67, в трех университетах (Ноттингеме, Кембридже и Оксфорде): "...выяснилось — в Англии выросло новое молодое шахматное поколение, столь необычно сильным было сопротивление моих противников. Видимо, начались какие-то сдвиги в духовной жизни народа, если шахматы стали популярней.

С тех пор прошло 15 лет, и ожидания оправдались. Появились молодые гроссмейстеры. На молодежном командном первенстве мира английская команда успешно конкурирует с советской. Выходит много шахматных книг".

И далее Ботвинник пророчески предсказал появление в ближайшее время в Англии маэстро экстра-класса в лице Шорта. Он писал: "Надо полагать, есть надежда, что скоро в Англии такой выдающийся шахматист появится — через несколько лет им может оказаться юный Шорт. Сейчас ему лишь семнадцать. Но партии его легко узнать — его фигуры не передвигаются, а "живут" на доске. Хотелось бы пожелать ему стать не только сильным практиком (сейчас это модно, но шахматный век практика лет на десять короче века исследователя), но и шахматным исследователем. Это закрепило бы надолго интерес к шахматам на Британских островах, что, несомненно, было бы к выгоде всего шахматного мира".

Нужно ли говорить, что матч Шорта с Каспаровым на мировое первенство десять лет спустя после этих строк (Лондон, 1993) явился ярчайшим подтверждением предвидения Ботвинника (см.раздел Каспаров).

Глава 5.

Времени неподвластно

ЭПИЛОГ.

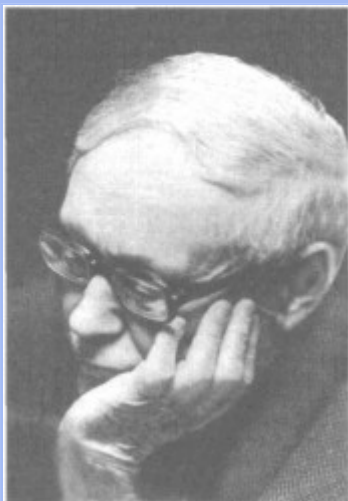
ЛИТЕРАТУРА.

ЧЕМПИОНЫ МИРА О БОТВИННИКЕ

ФОНД "МИХАИЛ БОТВИННИК".

БИБЛИОГРАФИЯ.

ЭПИЛОГ.



Поединок Ботвинник—Время постепенно достиг "эндшпиля", в котором соперник экс-чемпиона мира имел несомненный и прежде всего психологический перевес... Но Ботвинник держался уверенно и спокойно. Хотя вокруг рушилось многое из того, что ранее казалось непоколебимым. В конце 1950-х годов он вместе с Владимиром Алаторцевым добился получения особняка на Гоголевском бульваре для шахматного клуба и многое сделал для превращения его в центр шахматной жизни страны. С начала 90-х годов ставший всем родным шахматный клуб принадлежит Федерации шахмат и далеко не всегда используется по назначению...

Вместе с Максом Эйве боролся Ботвинник за то, чтобы ФИДЕ правило шахматным миром, и вот в начале 90-х годов Гарри Каспаров объявляет о том, что он играет на первенство мира вне рамок этой международной организации (см. в разделе Каспаров). Не стал благом для отечественных шахмат и распад Советского Союза, и лишение прежней государственной поддержки шахматного движения в стране.

Чуть "поправив" московского поэта Николая Глазкова (1919-79), Ботвинник мог бы с полным основанием повторить: "Я на мир взираю из-за столика, Век двадцатый — век необычайный. Чем столетие интересней для историка, Тем для современника печальней!"

Поединок Ботвинник—Время перешел в стадию "эндшпиля".

Переоценка ценностей на склоне лет — дело неблагодарное, и Ботвинник никогда ею не занимался. Немало из того, о чем он мечтал в 1954 году (см. [Политический кругозор](#)) в конце концов сбылось, а то, за что мог подвергнуться он анафеме, теперь возносилось на щит.

В конце жизни Ботвинник старался завершить два дела — составление своей экономической программы и программы шахматной...

"Возможности человека ограничены, — говорил Ботвинник. — Объем экономической задачи ему не под силу. Ему должен помочь компьютер. Компьютер дает объективное решение задачи. Программе все равно, какая форма собственности. Она даёт максимальную прибыль. Задача управления экономикой проще шахмат. Экономическую программу я закончил. А шахматную — её всё равно не закончить. Она сложнее, чем экономическая..."

О последних днях жизни рассказала в очерке "Мой отец Ботвинник" его дочь Ольга Фиошкина:

"И три дня диктовал тезисы по идеологии шахматной программы. За день до смерти сказал, что идеологию закончил.

Дал указания: "Никаких пышных похорон. Никаких шахматистов. Хочу уйти спокойно!"

Фактически слег, в том смысле, что перестал вставать, он только за два дня до смерти.

Беспомощность его угнетала: "Зачем жить в таком состоянии?"

Сам закрыл глаза. Скоро лицо его стало спокойным, умиротворенным. Таким и хоронили".

Умер М.М.Ботвинник 5 мая 1995 года.

Прах его покоится на Новодевичьем кладбище в Москве.

ЛИТЕРАТУРА.

Если собрать статьи, очерки, воспоминания, опубликованные в шахматной печати СССР и во многих странах мира о Ботвиннике, они составят несколько солидных томов. В них будут представлены крупнейшие шахматные авторитеты и сотни видных журналистов и литераторов 20 века. О Ботвиннике писали все чемпионы мира — как его предшественники Эм.Ласкер, Х.Р.Капабланка, А.Алехин и М.Эйве, так и последующие шахматные короли — В.Смыслов, М.Таль, Т.Петросян, Б.Спаский и, конечно же, А.Карпов и Г.Каспаров, которые испытали на себе влияние школы патриарха советских шахмат... Несомненный интерес представляют очерки и воспоминания шахматистов, в соперничестве с которыми возмужал его гений в России, — П.Романовского, В.Алаторцева, Г.Левенфиша, А.Котова, И.Болеславского, С.Флора...

Первая книга, всецело посвященная Ботвиннику, вышла в 1946 году в Филадельфии (США) и принадлежала перу известного американского мастера и историка шахмат Фрэда Рейнфельда — "Ботвинник непобедимый". Приведя 62 его партии, в том числе выигранные у Алехина, Капабланки, Кереса, Решевского, Файна, Видмара, Рейнфельд фактически предсказал ему победу в предстоящей битве за звание чемпиона мира: "Буквально во всем шахматном мире Ботвинник считается величайшим из современных мастеров. Ботвинник является глубоким, проникновенным знатоком шахматной игры. Он великолепно умеет концентрировать свои мысли, волю и упорство. Советский чемпион яростно сражается в отчаянном положении, он не падает духом при неудачах. Успех не кружит ему голову".

Среди книг о Ботвиннике, появившихся еще при его жизни, выделяются также работы, вышедшие в Германии, — Ганса Мюллера "Ботвинник учит шахматам" (1967) и известного советского гроссмейстера и теоретика шахмат Алексея Суэтина "Шахматный гений Ботвинника" (Берлин, 1990).

Но самым крупным трудом о шестом чемпионе мира был трехтомник В.Д.Батуринского, изданный в Москве в 1965-69 годах, — "Шахматное творчество Ботвинника". Монография замечательна прежде всего собранием большого числа партий — 660 турнирных и матчевых, 40 тренировочных. В трехтомник вошли и многие работы по теории, истории, методам подготовки и другим проблемам.

Наряду с этим фундаментальным трудом появилось в СССР и за рубежом также несколько книг, посвященных матчам Ботвинника на первенство мира. В их числе монография М.Таля "Матч

Ботвинник — Таль" (Рига, 1961) с блестящими комментариями всех партий матча 1960 года и книга его тренера А.Н.Кобленца "Воспоминания шахматиста" (1986), где в ряде глав раскрывалась закулисная история матча.

После кончины М.Ботвинника в шахматной периодике и в книгах о шахматах все чаще появляются материалы, авторы которых стремятся осмыслить то новое, что привнес шестой чемпион мира в шахматное искусство, его роль в мировой истории шахмат. Представляют интерес, например, публикации гроссмейстеров Людека Пахмана "К кончине "русской шахматной легенды" доктора М.М.Ботвинника" в журнале "Рокаде Еуропа" (6 июня 1995) и Генны Сосонко "Его путь в бессмертие" в журнале "64 — Шахматное обозрение" (1997, № 3), очерк гроссмейстера Алексея Суэтина "Командор" в его книге "Шахматы сквозь призму времени" (М., 1998). Хотя некоторые положения этого очерка спорны, общий вывод симптоматичен: "Вклад Ботвинника в методы ведения позиционной игры, равно как и способы подготовки к соревнованиям, поистине неоценим.

Творческий путь Ботвинника представляет целую школу шахматного искусства. Его опыт исследования ряда типичных позиций является исторической вехой в познании тайн шахмат. То, что было им сделано в 30-50-х годах, надолго пережило свое время".

Одно несомненно — жизнь и богатейшее творческое наследие М.М.Ботвинника еще ждут своего глубокого исследователя, который представит все совершенное им на благо шахматного искусства.

ЧЕМПИОНЫ МИРА О БОТВИННИКЕ

Эм.Ласкер. Дебютные построения Ботвинника, заслуживающие тщательного анализа, глубокое понимание позиции, обнаруживаемое им в миттельшпиле, выгодно отличают его игру (1936). Ноттингемский турнир был триумфом Ботвинника. Он и его жена произвели на английскую публику прекрасное впечатление, как шахматист же он превзошел все ожидания (1936).

О достижениях Ботвинника говорить не приходится: они говорят сами за себя. В Москве и Ноттингеме собрались лучшие из лучших мастеров шахматного искусства, и никто не мог продемонстрировать превосходства над ним... Ботвинник — кандидат в чемпионы мира (1937).

Х.Р.Капабланка. Я убежден в том, что Ботвинник, например, выиграл бы матч у гроссмейстера Эйве, который, как известно, будет играть с Алехиным матч на первенство мира (1935).

Успех Ботвинника (в Московском международном турнире 1935) должен принести ему большое удовлетворение. Это случается не так часто, чтобы молодой шахматист добился столь блестящей победы в очень сильном по составу турнире (1935).

Гроссмейстер Ботвинник достиг уже значительной силы. Я думаю, что в предстоящем турнире в Ноттингеме борьба за 1-е место будет между Алехиным, Эйве, Ботвинником, Флором и мною (1936).

Ботвинник, находящийся в прекрасной спортивной форме, хорошо вел весь турнир [Ноттингем]

и прошел его без единого поражения. Ряд партий он разыграл в лучшем стиле (1936).

А.А.Алехин. Замечательный успех [в Ноттингемском турнире] наиболее выдающегося из молодых шахматистов Ботвинника, чемпиона Советского Союза, не явился неожиданностью, так как он себя уже показал в двух больших Московских турнирах 1935 и 1936 годов. Его достижение в Ноттингеме подтверждает, что он является наиболее вероятным кандидатом на звание чемпиона мира. Я лично считаю, что он имеет все шансы, чтобы стать чемпионом мира в ближайшие годы. Помимо огромного таланта, он обладает всеми спортивными качествами, которые имеют решающее значение для успеха, — бесстрашием, выдержкой, точным чутьем для оценки положения и, наконец, молодостью.

По сравнению с сильной и корректной игрой советского чемпиона другие молодые гроссмейстеры производят значительно меньшее впечатление.

М.Эйве. Ботвинник, великий комбинационный шахматист, тонкий позиционный мастер, ювелир эндшпиля, — всесторонний боец (1963).

"Мировой рекорд" Ботвинника слишком хорошо известен, чтобы на нем останавливаться. 13 лет владел он титулом чемпиона мира, более тридцати принадлежит к немногочисленной когорте шахматистов экстра-класса.

Что характерно для Ботвинника, для его стиля? Прежде всего — желание бороться. Желание взять инициативу в свои руки, даже играя черными.

Ботвинник всегда отличался разносторонностью. Его можно сравнить с Эмануилом Ласкером, но гораздо более оснащенным техническим мастерством в дебютах. Как аналитик Ботвинник до сих пор никем не превзойден, его анализ отложенный позиций всегда являл собой верх совершенства.

Во время соревнований Ботвинник мог служить примером корректности, но он упорно отстаивал свои права, когда обсуждал регламент проведения матча или турнира. Ботвинник был честолюбив, однако никогда не вдавался в крайности. Я знаю его как доброго собеседника, хорошего коллегу, безупречно честного человека.

В течение многих лет мне посчастливилось оставаться другом Ботвинника, и он во многих случаях эту дружбу оправдывал. Хотя он, возможно, больше других хотел, чтобы я стал президентом ФИДЕ, я не раз подвергался с его стороны резкой критике в отношении некоторых решений. Замечания Ботвинника всегда давали пищу для раздумий и в некоторых случаях заставляли меня менять решения.

Различия во мнениях никогда отрицательно не сказывались на нашей дружбе (1981).

В.Смыслов. Наше соперничество с М. Ботвинником продолжалось более десяти лет, и я счастлив, что сыграл около ста партий с таким замечательным шахматистом. В то время мы оба находились в расцвете жизненных сил, и думаю, что творческие итоги наших встреч сыграли не последнюю роль в движении шахматной мысли.

Мы с Михаилом Моисеевичем принадлежим к шахматистам одного направления — классического. Но каждый из нас отстаивал свои принципы и планы.

Хочу добавить, что несмотря на острое соперничество и вполне естественные страсти вокруг наших поединков, мы с Ботвинником держались в пределах спортивной корректности. Михаил Моисеевич человек сложный, некоторые его требования казались в то время преувеличенными. Но все познается в сравнении. И коллизии прошлых матчей на первенство мира по сравнению с нынешними представляются детской забавой (1961).

М.Таль. Я встречался, наверное, со всеми сильнейшими шахматистами мира, разные бывали ощущения. Играя с Ботвинником, все время чувствовал себя в лучшем случае студентом. Мы все — школьники, студенты, может быть, аспиранты, он — профессор.

Экс-чемпион мира, доктор технических наук М. Ботвинник считает, что шахматы — это наука. У нашей шахматной школы научный подход к шахматам. И именно при научном подходе очень большое значение имеют домашняя подготовка, психологический момент, огромная техника, исключительная сила воли. Синтез всего этого и есть то, что Ботвинник внес в золотой фонд шахмат.

Т.Петросян. Все мы считаем себя учениками признанного лидера советских шахмат Михаила Моисеевича Ботвинника. И последующее поколение будет учиться на его партиях.

Б.Спасский. Михаил Моисеевич — наш патриарх, шахматный академик. Играть с ним очень трудно, но поучительно. И если при совместном анализе он скажет: "Вы, батенька, избрали не тот план", — не пытайтесь с ним спорить — он изрек истину в первой инстанции.

Шахматный мир устроен как огромная пирамида, и стоящий на вершине король призван ее укреплять. Это государство без границ имеет свое административное устройство — ФИДЕ. И правильно сказал Ботвинник, что шахматный король принадлежит не только себе.

Сам Ботвинник был прежде всего политической, государственной фигурой. Объявив себя создателем советской шахматной школы, он обязан был стать чемпионом мира и стал им. Ботвинник — убежденный коммунист-государственник. Правда, я был дружен с ним некоторое время и знал, что внешне сухой, он в действительности был человеком отзывчивым и теплым.

Р.Фишер. Наиболее сильное впечатление в Ботвиннике на меня произвела его самодисциплина. Он стал школой того, как избегать поверхностности. Я нахожусь также под впечатлением его самообладания и железной логики.

А.Карпов. Следующими (после Стейница) были изменения, намеченные Алехиным, но внедренные и развитые Ботвинником, — научный подход к шахматам.



Ботвинник именно в этом направлении и стал работать. Научный подход у него постепенно утвердился на первом плане. По-моему, он не занимался дома такими вопросами, как, скажем, новый ход или новая идея где-нибудь на 15-м ходу, в каком-то варианте. Он разрабатывал целую систему. Это было его счастье. Шахматы во многом были еще целиной, и он шел по ней "первым плугом". А сегодня нам приходится довольствоваться новинками на 12-м, 15-м ходу. Не всегда и до этого дойдешь! Ботвинник мог себе позволить делать большие перерывы, не играть подолгу, скажем, отойти от

Евгений Мансуров

**"Роберт Дж. Фишер: американский гений против шахматного компьютера"
из Части 4**

(Начало см. "Мир ПК-диск", 03-05/2004)

ФИШЕР ПРОТИВ ШАХМАТНОГО КОМПЬЮТЕРА

ИЮНЬ 2004

В конце 1986 года экс-чемпион мира Михаил Ботвинник завершил работу над алгоритмом программы ПИОНЕР — "мыслящего" компьютера с творческими возможностями человека. Он искал ясную цель неточной игры в шахматы и стремился сделать её основой нового алгоритма, принципы которого ознаменовали бы интеллектуальный прорыв, революционный рывок на качественно новую ступень компьютерного программирования. "Уже не один десяток лет, — рассказывал он о своей дерзновенной задаче на страницах журнала "64 — Шахматное обозрение" (СССР, 1987 г.), — я работаю над проблемой распознавания мышления шахматного мастера: как он находит ход без полного перебора? И сейчас можно утверждать, что этот метод в основном раскрыт..." Даже столкнувшись с необходимостью "технического" обоснования таких иррациональных понятий, как интуиция и творчество, Михаил Ботвинник никогда не терял уверенности в конечном успехе и был убеждён, что это случится ещё при его жизни. Вооружившись логикой, гроссмейстер призывал "снять мистический ореол с работы мозга шахматиста", а "какие-то волшебные законы шахматного искусства, называемые творчеством", рассматривал как "объективно существующие непознанные закономерности шахматной борьбы" (из статьи "Основы шахматного алгоритма", СССР, 1979 г.). "Ведь что такое фантазия? Это несознательная логика, но тем не менее — логика. Например, принято в шахматах считать жертвенную комбинацию фантазией. Но в нашу программу жертвенная комбинация входит составной частью" (из интервью М.Ботвинника для журнала "64 — Шахматное обозрение", СССР, 1987 г.).

МИР ПК — ДИСК. 2004. № 6. ШАХМАТЫ И КОМПЬЮТЕР

8/33

ФИШЕР ПРОТИВ ШАХМАТНОГО КОМПЬЮТЕРА

ИЮНЬ 2004



“Думаю, к работе над шахматной программой Ботвинник пришёл вполне закономерно, — свидетельствует гроссмейстер Давид Бронштейн (сборник "Давид против Голиафа", Россия, 2003 г. — Если вдуматься, чем он занимался всю жизнь?.. Без устали в течение всей партии высчитывал вероятностные траектории наших фигур; ну и заодно, разумеется, своих... Пытался найти алгоритм мышления шахматиста. И был уверен, что преуспел в этом”. О стремлении М.Ботвинника "поверить алгеброй гармонию" писал и нешахматный профессионал — драматург Леонид Зорин: “Он и тут ищет заветную прямую линию. Он чертит схемы и стремится разъять творческий процесс на элементы, подобно тому как Стендаль пытался анатомизировать любовь и найти безошибочный путь к взаимности... Но, в конце концов, если интуитивнейший Пастернак мечтал дойти "до оснований, до корней", почему убеждённый рационалист Ботвинник не может поддаться искушению извлечь из корней стихию творчества?” (из статьи "Прямая линия", журнал "Шахматы в СССР", СССР, 1968 г.).

Разумеется, М.Ботвинник понимал, что “гроссмейстеры, увы, не осознают принципов программы, которую они используют, когда сидят за шахматным столиком... А принципы эти должны быть раскрыты — иначе вряд ли можно будет продвинуться вперёд” (из статьи "Ещё о шахматной машине", журнал "Шахматы", СССР, 1965 г.). До своего последнего часа он свято верил в два главных постулата: 1) человек играет в шахматы по программе и 2) возможности искусственного интеллекта практически безграничны.



М.Ботвинник читает лекцию в университете. Днепропетровск, 1977 г.

ИНФОРМАЦИЯ К РАЗМЫШЛЕНИЮ.

БЛОК № 18:

СТРАСТИ ПО ПИОНЕРУ.

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ОДНОЙ НЕЗАВЕРШЁННОЙ ПРОГРАММЫ

АЛГОРИТМ

"Как и шахматный мастер, ПИОНЕР владеет двумя методами игры: алгоритмом поиска хода в оригинальной позиции и алгоритмом поиска хода в позиции, которая ранее частично или полностью уже встречалась. Для этого у ПИОНЕРА есть пока ещё небольшие библиотеки дебютов, миттельшпиля и эндшпиля. Другие шахматные программы, основанные на полном переборе всех возможных вариантов на определённое чисто полуходов вперёд, лишены возможности пользоваться библиотеками позиций из середины и конца игр. Кроме того, ПИОНЕР в принципе может сам пополнять свои библиотеки на основании опыта, полученного в сыгранных им партиях".

Из статьи кандидата технических наук **Валерия Родикова**,

"ЭВМ: Дорога к мастерству", журнал "64 — Шахматное обозрение", СССР, 1980 г., № 4.

"Программа состоит из двух основных частей. Можно сказать, что первая часть — фундамент. Здесь удалось передать компьютеру позиционное понимание и на этой базе компьютер находит тот ход, который, в первую очередь, надо включить в перебор. Уже есть несколько позиций из практики сильных шахматистов, из практики Капабланки, Алехина, Карпова, Каспарова, а также моей, когда компьютер указывает тот ход, который, по его мнению, надо прежде всего анализировать. И как правило, этот ход совпадает с тем, который эти выдающиеся шахматисты делали в партии... Наконец, вторая часть, собственно счёт вариантов и проверка того, какой ход должен быть сделан. Эта работа сейчас ещё только начинается. Но уже продумано всё до конца...

Из интервью доктора технических наук, экс-чемпиона мира **Михаила Ботвинника**

для журнала "Шахматы", СССР, 1987 г., № 11.

"Три основных этапа создания программы: машина должна уметь находить траекторию передвижения фигуры, потом она должна "научиться" формировать зону игры, зону местного боя на шахматной доске и уметь формировать совокупность этих зон. Первая часть работы выполнена давно. Сейчас закончена подпрограмма формирования зоны. В ближайшие дни начнётся её отладка. Если она пройдёт успешно, будет полная уверенность, что удастся и третий этап и машина начнёт играть".

Из интервью **Михаила Ботвинника**

для журнала "Шахматы", СССР, 1975 г., № 7.

"Таким образом, шахматная игра трактуется как трёхступенчатая система управления... Во всех шахматных программах рассматривается двухступенчатая модель: каждая фигура в отдельности и все вместе, что соответствует правилам игры. Изучение каждой фигуры может дать фальшивую оценку её роли на доске, а совокупность этих оценок — фальшивую оценку всей позиции. Между тем ПИОНЕР (так же, как и шахматный мастер) создаёт ещё промежуточную ступень — цепочку фигур. В цепочке действуют фигура атакующая и фигура атакованная, а также фигуры, поддерживающие нападение и препятствующие ему. Этой цепочке можно дать формализованную и достаточно надёжную оценку по вероятности

достижения цели — выигрыша материала. А по оценкам цепочек можно дать и формулу оценки всей шахматной позиции".

Из выступления **Михаила Ботвинника**

на семинаре по вопросам шахматной программы ПИОНЕР

и современным персональным компьютерам, Москва, СССР, 1988 г.

"Построение цепочки — весьма сложная процедура. Учитывается также число непроходимых полей на траектории атаки и время. Некоторые цепочки объявляются безнадёжными... Передача машине позиционного понимания — наиболее сложная задача из решаемых программой ПИОНЕР".

Из статьи младшего научного сотрудника ВНИИЭ **М. Чудакова**

"Как дела, ПИОНЕР?", журнал "Шахматы в СССР", 1987 г., № 3.

ИНФОРМАЦИЯ К РАЗМЫШЛЕНИЮ.

БЛОК № 18:

СТРАСТИ ПО ПИОНЕРУ.

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ОДНОЙ НЕЗАВЕРШЁННОЙ ПРОГРАММЫ (продолжение)

"Так достигается позиционное понимание на достаточно высоком уровне и появляется возможность определения приоритета ходов на том же уровне. Приоритет теперь определяется просто: поочерёдно "пробуются" ходы, и тот, что связан с наилучшим изменением оценки позиции, получает наивысший приоритет. В перебор включаются только ходы, имеющие этот наибольший приоритет. В дереве перебора поэтому ходов мало".

Из выступления **Михаила Ботвинника**

на семинаре по вопросам шахматной программы ПИОНЕР

и современным персональным компьютерам, Москва, СССР, 1988 г.

"Оценка позиции складывается из материала, позиционной составляющей, надежды на выигрыш материала. Материал — фигуры на доске. Позиционная составляющая оценки — сумма нескольких слагаемых. Первое — поражаемость (состоит из цепочек, где мишени беззащитны). Второе — непоражаемые цепочки (характеризует скрытую, ещё не проявившуюся активность фигур). Третье — контроль полей. Вопреки общему мнению, в программе считается, что наиболее ценен не только контроль центра, но и полей в лагере противника. Четвёртое — пешечная структура (этот вопрос ещё требует детальной разработки, на данном этапе учитываются лишь проходные пешки). В оценочную функцию входит так называемая надежда. Она возникает при жертве, увеличивающей проходимость на какую-либо мишень. Когда надежда неосновательна, это устанавливается в переборе".

Из статьи младшего научного сотрудника ВНИИЭ **М. Чудакова**

"Как дела, ПИОНЕР?", журнал "Шахматы в СССР", 1987 г., № 3.

"Иногда (а может быть, частенько!) мышление шахматиста окружают мистическим ореолом: работу мозга шахматиста представляют как какое-то чудо, волшебное и совершенно необъяснимое явление... Если мы хотим составить шахматную программу, то должны решительно отказаться от всего этого мусора с чудесами, гениями, непонятными законами и прочим "творчеством". Мы должны принять, что непознанные закономерности шахматной борьбы объективно существуют и что они могут и должны быть познаны так же, как и непознанный метод мышления гроссмейстера".

Из статьи доктора технических наук, профессора, экс-чемпиона мира **М.Ботвинника**

"Основы шахматного алгоритма", СССР, 1979 г.



В творческой лаборатории Ботвинника

ИНФОРМАЦИЯ К РАЗМЫШЛЕНИЮ.

БЛОК № 18:

СТРАСТИ ПО ПИОНЕРУ.

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ОДНОЙ НЕЗАВЕРШЁННОЙ ПРОГРАММЫ (продолжение)

"Я исхожу из гипотезы, что шахматист-человек мыслит по определённой программе. Эта идея легла в основу программы ПИОНЕР... Преимущества, которые даёт наш метод, даже при использовании универсальной (то есть не специализированной) ЭВМ позволит компьютеру достичь гроссмейстерского уровня игры — по окончании нашей работы. А при специализированном компьютере и говорить нечего".

Из интервью **Михаила Ботвинника**

для журнала "64 — Шахматное обозрение", СССР, 1982 г., № 15.

"Наш компьютер будет делать ход так же и по тому же методу, как это делает шахматный мастер. Это в отличие от всех тех программ, которые уже играют и используют очень сильные

компьютеры".

Из интервью **Михаила Ботвинника**

для журнала "Шахматы", СССР, 1987 г., № 11.

"На наших глазах гипотеза превращается в непреложную научную истину: метод поиска хода шахматным мастером действительно пригоден для решения сложных переборных задач с помощью вычислительной техники. Метод, названный ПИОНЕР, уже даёт практические результаты и постепенно завоёвывает признание. Программа учится выделять лучшие ходы, не передвигая фигур, подобно тому, как это делает мастер в сеансе одновременной игры. Такая предварительная процедура позволит разумно организовать перебор ходов, свести его к анализу позиции..."

Из статьи кандидата технических наук **Александра Резницкого**

"ПИОНЕР в пути", журнал "64 — Шахматное обозрение", СССР, 1986 г., № 16.

"Каждые два года в институте, связанном с электроэнергетикой, где он работал, рассматривалась целесообразность продолжения работы над ПИОНЕРОМ. И каждый раз собирался учёный совет, который решал — закрывать тему или нет? Я многим обязан Михаилу Моисеевичу, поэтому честно приезжал на заседания и рассказывал, что ПИОНЕР — это гениальная программа и она должна развиваться. После чего Ботвинник заявлял, что раз уж автор КАИССЫ хвалит ПИОНЕР, то она чего-нибудь да стоит. Учёному совету ничего не оставалось, кроме как доблестно утверждать продолжение разработки".

Из статьи генерального директора компании DISCO **Михаила Донского**

"Крупные фигуры", журнал "ИнфоБизнес", Россия, 2002 г.; № 198.

"Именно поэтому М.Ботвинник имеет гарантированное машинное время на IBM 370/148 (компьютер Московской Олимпиады) для продолжения работы над своими идеями в машинных шахматах, и он до сих пор является одним из руководящих научных работников института, несмотря на то что время ухода на пенсию давно позади".

Из статьи "**Ботвинник в Дельфте**" в издании ICCA Journal (журнал, издаваемый

Международной ассоциацией компьютерных шахмат), Нидерланды, 1985 г.

"Сейчас проходят обкатка программы и её испытания... На меня большое впечатление произвело построение в программе человеческого образа мышления... К сожалению, в распоряжении Михаила Моисеевича и его сотрудников имеется лишь маломощный старенький компьютер со скоростью обработки информации 0,5 MIPS (миллион операций в секунду), что, естественно, тормозит работу. Когда в руках Ботвинника будет ЭВМ, способная во много раз быстрее решать и значительно более сложные задачи, тогда он сможет полностью реализовать проект ПИОНЕР".

Из интервью профессора **Хайнца Моера** (ФРГ)

для журнала "64 — Шахматное обозрение", СССР, 1988 г., № 14.

ИНФОРМАЦИЯ К РАЗМЫШЛЕНИЮ.

БЛОК № 18:

СТРАСТИ ПО ПИОНЕРУ.

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ОДНОЙ НЕЗАВЕРШЁННОЙ ПРОГРАММЫ (продолжение)

"... Это неудивительно, ведь победитель последнего чемпионата мира программа CRAY BLITZ использует ЭВМ с быстродействием в 500 раз большим, чем ПИОНЕР. Если удастся использовать более производительный компьютер, можно надеяться на скорое окончание работ".

Из статьи младшего научного сотрудника ВНИИЭ **М.Чудакова**

"Как дела, ПИОНЕР?", журнал "Шахматы в СССР", 1987 г., № 3.

"Со своей стороны я приложу все старания, чтобы у профессора Ботвинника была возможность работать с современным высокоскоростным компьютером".

Из интервью профессора **Хайнца Моера** (ФРГ)

для журнала "64 — Шахматное обозрение", СССР, 1988 г., № 14.

"... Кажется, только Гарри Кимович Каспаров хочет мне помочь. Он даже подарил мне компьютер ATARI Deutschland (западногерманский филиал американской фирмы). Но, может быть, потому, что чемпион мира высоко себя ценит и не боится никаких компьютеров".

Из статьи **Михаила Ботвинника**

"Мир машинных шахмат", журнал "64 — Шахматное обозрение", СССР, 1987 г., № 11.

"Осталась только техническая реализация, если можно так выразиться. И я не сомневаюсь, что это довольно быстро будет сделано... Программа будет делать ходы так же и по тому же методу, как это делает шахматный мастер".

Из интервью **Михаила Ботвинника**

для журнала "Шахматы", СССР, 1987 г., № 11.

"Мы надеемся, что по завершении работы ПИОНЕР сумеет превзойти мастера Д.Леви, что является признанным эталоном силы шахматной программы".

Из статьи **Михаила Ботвинника**

"Об искусственном шахматном мастере",

сборник "Аналитические и критические работы 1928-1986:

Статьи, воспоминания", СССР, 1987 г. — с. 236.

"Во всяком случае, в своё время путь, по которому мы сегодня идём, вызывал недоверие и насмешки многих. Сейчас смеха не слышно, зато у нас появились единомышленники, что, конечно же, воодушевляет".

Из интервью **Михаила Ботвинника**

для журнала "Шахматы", СССР, 1975 г., № 7.

"Сейчас всё-таки ситуация не та, что лет 20 назад. Тогда над нами смеялись. Теперь уже не смеются. Но не верят в успешное завершение работы".

Из интервью **Михаила Ботвинника**

для журнала "64 — Шахматное обозрение", СССР, 1987 г., № 11.

"Трудно решить: восхищаться ли Ботвинником за его стремление решить научную задачу и упорный оптимизм ("Если меня спрашивают, когда программа будет закончена, я всегда отвечаю: "Скоро"...) или переживать вместе с ним ограниченные возможности работы и проблематичность пути, по которому он настойчиво продолжает двигаться".

Из статьи "**Ботвинник в Дельфте**" в издании ICCA Journal (журнал, издаваемый

ИНФОРМАЦИЯ К РАЗМЫШЛЕНИЮ.

БЛОК № 18:

СТРАСТИ ПО ПИОНЕРУ.

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ОДНОЙ НЕЗАВЕРШЁННОЙ ПРОГРАММЫ (продолжение)

CONTRA

ВОПРОС: "Ведутся ли где-нибудь работы над алгоритмом, аналогичным Вашему?"

М.БОТВИННИК: "Насколько я знаю, не ведутся, что не мешает критиковать нашу работу..."

Из интервью доктора технических наук, экс-чемпиона мира **Михаила Ботвинника**
для журнала "64 — Шахматное обозрение", СССР, 1987 г., № 11.



М.Ботвинник в вычислительном центре г.Зиген (ФРГ, 1973 г.)

"Исключительность" обычно вызывает полемику... Свои идеи М.Ботвинник изложил в книге "[Компьютеры, шахматы и перспективное планирование](#)", которую Ганс Берлинер охарактеризовал как неясную и лишь слегка развернутую в более поздней публикации (1982 г.).

Из статьи "[Ботвинник в Дельфте](#)" в издании ICCA Journal (журнал, издаваемый Международной ассоциацией компьютерных шахмат), Нидерланды, 1985 г.

"Дело в том, что среди математиков преобладает отрицательное отношение к ПИОНЕРУ: затея эта-де, мол, безнадежная, мышление человека в принципе не формализуется и не алгоритмизируется, для составления такой сложной программы должны много лет трудиться десятки программистов, методы мышления человека непригодны для ЭВМ, алгоритм для ЭВМ

должны составлять **математики, а не профаны** и т.д...."

Из статьи **Михаила Ботвинника** "

"Шахматы и принятие решений",

сборник "Аналитические и критические работы 1928-1986:

Статьи, воспоминания", СССР, 1987 г.

ИНФОРМАЦИЯ К РАЗМЫШЛЕНИЮ.

БЛОК № 18:

СТРАСТИ ПО ПИОНЕРУ.

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ОДНОЙ НЕЗАВЕРШЁННОЙ ПРОГРАММЫ (продолжение)

"Надо сказать, что достигнутые им результаты в этой области пока не совсем соответствуют затраченным усилиям. И если бы речь шла о ком угодно, но не о Ботвиннике, можно было бы отнестись к его алгоритму скептически. Но слишком уж значительна фигура Михаила Моисеевича, слишком велик его авторитет, чтобы усомниться в окончательном успехе. Судить о достоинствах алгоритма, о качестве программы можно только после их реализации на ЭВМ, тем более в решении такой сложной задачи, связанной с проблемой "искусственного интеллекта". Поэтому дискуссии, посвящённые программе ПИОНЕР, пока преждевременны".

Из статьи кандидата технических наук, мастера **Евгения Гика**

"Встречи чемпионов — людей и машин",

журнал "64 — Шахматное обозрение", СССР, 1987 г., № 14.

"Была создана такая программа ПИОНЕР, которая была в своей области чуть ли не пионером. Тем не менее, хорошо известно, что эта программа не сыграла ни одной шахматной партии, хотя, насколько я помню, разрабатывалась более 20 лет. Так как она не могла продемонстрировать каких-то успехов, при всём уважении к Михаилу Моисеевичу — он, конечно, человек великий, — но мне казалось, что эти годы он потратил как-то не совсем плодотворно. Жалко, что он преждевременно ушёл из шахмат и занялся областью, которая была далека от него. Он был специалистом в электротехнике. В какой-то момент он попал в ловушку. Ему показалось, что он может передать свои знания машине, как он их чувствует".

Из [интервью](#) математика-программиста мастера **Александра Битмана**

для радиостанции "Свобода", 2002 г.

"Я пришёл к выводу, что, как действующий шахматист, я не так уж и нужен. Но зато никто не сможет заменить меня в деле создания шахматной программы для ЭВМ, основанной примерно на том же алгоритме, которым пользуется мастер-человек. Думаю, моё решение было правильным. Во всяком случае, давно я себя так хорошо не чувствовал..."

Из интервью **Михаила Ботвинника**

для журнала "Шахматы", СССР, 1975 г., № 7.

"И профессор Эйве не верил, что проблема искусственного гроссмейстера может быть решена. Тем не менее он внимательно и с симпатией следил за моей работой в этой области. И хотя он оставался скептиком, всё же понимал великое значение решения этой задачи. И однажды заявил мне: "Если Вам удастся решить задачу создания программы гроссмейстера, то всё то, что сделали Вы в жизни до этого, — ерунда!"

Из статьи **Михаила Ботвинника**

"Пятый чемпион", журнал "Юность", СССР, 1982 г., № 5.

ИНФОРМАЦИЯ К РАЗМЫШЛЕНИЮ.

БЛОК № 18:

СТРАСТИ ПО ПИОНЕРУ.

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ОДНОЙ НЕЗАВЕРШЁННОЙ ПРОГРАММЫ (продолжение)

"Главное, чтобы программа играла в шахматы. А как, чёрт с ним. Яркий образец другого подхода к шахматам — это Михаил Моисеевич Ботвинник. Он поставил перед собой задачу отразить свой собственный шахматный опыт, понять, как играет шахматный мастер, и воткнуть в программу этот **алгоритм шахматного мастера**. Я добавлю в скобках, **как он его понимал...**"

Из **интервью** генерального директора компании DISCO **Михаила Донского**
для радиостанции "Свобода", 2002 г.

"Любой из шахматных алгоритмов, моделирующий игру мастеров (а именно по такому пути, как считает М.Ботвинник, пойдут создатели будущих программ), сохраняет стиль своего творца. Так и в **ПИОНЕРЕ сконцентрировано шахматное творчество её автора**".

Из статьи кандидата технических наук **Валерия Родикова**

"ЭВМ: дорога к мастерству", журнал "64 — Шахматное обозрение", СССР, 1980 г., № 4.

"Для проверки программы используется широкий спектр разнохарактерных позиций, в основном из партий самого М.Ботвинника и других чемпионов мира. Есть в "досье" программы примеры творчества и нынешней шахматной элиты".

Из статьи кандидата технических наук **Александра Резницкого**

"ПИОНЕР в пути", журнал "64 — Шахматное обозрение", СССР, 1986 г., № 16.

ВОПРОС: "**Будет ли Ваша программа для ЭВМ своеобразным произведением, которое всегда даст ответ: как бы сыграл в данной позиции Ботвинник?**"

М.БОТВИННИК: "Нет. Такая программа является математическим описанием разработанного метода игры в шахматы любого мастера".

Из выступления **Михаила Ботвинника**

в Центральном лектории общества "Знание", Москва, СССР, 1979 г.

"Для Таля, например, было глубоко оскорбительно, что бездушная машина может играть в

столь творческую игру. Неадекватность Ботвинника по отношению к шахматным программам заключалась совсем в другом. Ему потребовалось 20 лет, чтобы понять, что **предложенный им алгоритм игры в шахматы является таким же переборным (правда, чуть в другом пространстве), как и классический алгоритм Шеннона**".

Из послесловия **Михаила Донского**

в книге Д.Бронштейна и С.Воронкова "Давид против Голиафа", Россия, 2003 г. — с. 323.

"...Из Совета по кибернетике Академии наук... пригласили выступить на семинаре в Доме учёных — весьма кстати... Мне показалось, что семинар прошёл неудачно, вопросов много, но никто не выступил... Потом вместе с Г.Адельсон-Вельским подходит его новый сотрудник М.Донской. "Мы совершенствуем нашу программу", — говорит Георгий Максимович. "А для дерева перебора выделяются ходы, имеющие смысл, или ходы включаются без разбора?" — "В перебор идут все ходы"? "Это бесперспективно", — заявляю категорически... В разговор вступает М.Донской: "Это вы так думаете, а мы думаем иначе!" Вот и нашёл товарищей по работе..."

Из книги **Михаила Ботвинника**

"У цели", Россия, 1997 г. — с. 224-225.

"Ботвинник всегда утверждал, что создать программу, играющую в силу чемпиона мира, может только чемпион мира (и из его слов было понятно, какой именно) путём моделирования своего процесса мышления. История показала, что шахматное программирование — это в первую очередь программирование, а уже потом — шахматное".

Из послесловия **Михаила Донского**

в книге Д.Бронштейна и С.Воронкова "Давид против Голиафа", Россия, 2003 г. — с. 323.

ИНФОРМАЦИЯ К РАЗМЫШЛЕНИЮ.

БЛОК № 18:

СТРАСТИ ПО ПИОНЕРУ.

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ОДНОЙ НЕЗАВЕРШЁННОЙ ПРОГРАММЫ (продолжение)

"Разумеется, первооснова закладывается математиком — автором алгоритма... Но бывает, что совершенный алгоритм "гробится" любительским программированием. 20 лет у меня из головы не выходит фраза М.Донского, сказанная им в Репино на Международном конгрессе по искусственному интеллекту: "В программе ПИОНЕР М.М.Ботвинника заложены глубокие идеи, но кто же представляет в программе шахматную доску массивом 8x8 ?"... "

Из [статьи](#) доктора физико-математических наук, профессора **А.Н.Терехова**

"[Программирование плюс... что?](#)", Read.Me, № 7-8, СПб., Россия, 1995 г.

"Даже если бы ПИОНЕР был реализован в виде программы, а не существовал как алгоритм, он вряд ли участвовал бы в чемпионатах мира..."

Из статьи генерального директора компании DISCO **Михаила Донского**

"Крупные фигуры", журнал "ИнфоБизнес", Россия, 2002 г.; № 198.

"Однако играть ПИОНЕР практические партии не в состоянии. Программа велика, она содержит более 300 тыс. символов. Программисты — это люди, а людям свойственно ошибаться. Как минимум один процент символов ошибочен — стало быть, ошибок более 3 тыс. Ошибки приводят к курьёзам. Во время анализа ПИОНЕРОм позиции из партии Ботвинник—Капабланка [АВРО-турнир, 1938 г. — Е.М.] чёрный король вдруг стал ходить, как... конь! Оказалось, что несколько лет назад была допущена описка в подпрограмме рокировки..."

Из статьи **Михаила Ботвинника**

"Шахматы и принятие решений",

сборник "Аналитические и критические работы 1928-1986:

Статьи, воспоминания", СССР, 1987 г. — с. 242."

ВОПРОС: "Кто из шахматистов сотрудничает с Вами в разработке программы ПИОНЕР?"

М.БОТВИННИК: "Из титулованных — никто. Со мной работают 4 молодых шахматиста. Два "чистых" (они не играют в шахматы) и два кандидата в мастера..."

Из интервью **Михаила Ботвинника**

для журнала "64 — Шахматное обозрение", СССР, 1987 г., № 11.

"В моей шахматно-компьютерной работе возникло немало объективных трудностей: отъезд за рубеж нескольких сильных программистов, сотрудничавших со мной, недостаточность материально-технических средств и т.д...."

Из последнего интервью **Михаила Ботвинника**

для газеты "Московский комсомолец", Россия, 22.02.1995 г.

"Несколько лет Ботвинник на свои деньги покупал самое необходимое оборудование, из своего кармана оплачивал работу небольшой группы единомышленников-программистов. Однако без наличия мощной электронной вычислительной машины запустить проект ПИОНЕР было невозможно..."

Из статьи **Светланы Сетунской**

"Жизнь в клеточку. Михаилу Ботвиннику было много дано и много запрещено",

сайт "Новой газеты", Россия, 18.03.2004 г.

"После чемпионата компьютеров в Торонто (1977) я был одержим идеей завершить программу ПИОНЕР на ЭВМ с большим быстродействием. Мои сотрудники утверждали, что слабый компьютер — главное препятствие в работе. Д. Каландер приглашал в Миннеаполис на ЭВМ Cyber 176, а мой новый друг — директор вычислительного центра университета в Мангейме, профессор Ганс Мойер — на IBM 370/168. Я пытался реализовать одно из этих предложений. Куда ни обращался — получал отказ".

Из книги **Михаила Ботвинника**

"У цели", Россия, 1997 г. — с. 240-241.

ИНФОРМАЦИЯ К РАЗМЫШЛЕНИЮ.

БЛОК № 18:

СТРАСТИ ПО ПИОНЕРУ.

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ОДНОЙ НЕЗАВЕРШЁННОЙ ПРОГРАММЫ (продолжение)

"Ботвинник договорился с учёными из американского города Миннеаполис о подключении ПИОНЕРА к мощнейшей американской компьютерной программе Cyber 176. Этот вопрос решался на специальном совещании в ЦК партии, куда были приглашены ведущие учёные в области автоматики и электроники. Ботвиннику отказали. Отказ мотивировали так: "Если американцы узнают, что в СССР для ПИОНЕРА нет производительной ЭВМ, то слабость советской вычислительной техники станет очевидной, и они нанесут упреждающий ядерный удар". Превентивного ядерного удара со стороны Америки не последовало, но и ПИОНЕР Ботвинника не заиграл — отечественных технологий для реализации его идеи не нашлось".

Из статьи **Светланы Сетунской**

"Жизнь в клеточку. Михаилу Ботвиннику было много дано и много запрещено",

сайт "Новой газеты", Россия, 18.03.2004 г.

"Ботвинник всё время жаловался, что в Советском Союзе плохие компьютеры, и однажды ему предоставили машинное время в Ганноверском университете. Ботвинник должен был поехать со всей своей командой, которая полностью состояла из "простых еврейских программистов". Когда ему по понятным причинам отказали, он подал жалобу в отдел науки ЦК. В итоге срочно собралось специальное заседание, главной целью которого было придумать более или менее приличный повод и ширму для отказа. Сказать Ботвиннику прямо, что евреи "невыездные", никто не решался — рамки приличий пытались соблюдать: формально у нас была дружба народов и полный интернационализм. Все, кроме Ботвинника, понимали сложившуюся ситуацию. В итоге, когда фантазия участников заседания иссякла, Гурий Иванович Марчук, в то время президент Сибирского отделения Академии наук, сказал: "Программа ПИОНЕР настолько хороша, что вывоз её за границу можно сравнить только с вывозом секрета атомной бомбы".

Из статьи генерального директора компании DISCO **Михаила Донского**

"Крупные фигуры", журнал "ИнфоБизнес", Россия, 2002 г.; № 198.



Макс Эйве и Михаил Ботвинник в Доме дружбы (Москва, 1967 г.)

ИНФОРМАЦИЯ К РАЗМЫШЛЕНИЮ.

БЛОК № 18:

СТРАСТИ ПО ПИОНЕРУ.

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ОДНОЙ НЕЗАВЕРШЁННОЙ ПРОГРАММЫ (продолжение)

"Я подумал и решил послать работу [монографию об алгоритме игры в шахматы, СССР, 1964 г. — Е.М.] президенту Академии наук М.Келдышу; написал, что готов работать по этой теме там, где нужно. Позвонил профессор М.Шура-Бура (он тоже специалист по прикладной математике) и предложил повидаться... Оказывается, академик Келдыш поручил Шуре-Буре решить вопрос о возможности начать работу... "Идите к Адельсон-Вельскому в ИТЭФ, там готовая шахматная программа, с ними и советуйтесь..." Пошёл в ИТЭФ, часа три говорили мы с Адельсон-Вельским. "Зерно истины в этом есть, — сказал Георгий Максимович. — Мы охотно бы работали вместе с вами над этим алгоритмом, но что делать? Нам запрещают работать и над нашей программой. Вот если бы получить указание от Академии наук..." Я обрадовался — нашёл товарищей по работе. Потом выяснилось, что хитрил Адельсон-Вельский. Его группа продолжала свою работу, и программа КАИССА вскоре играла в матче с калифорнийской программой Котока-Маккарти [матч по переписке, ноябрь 1966 г. — август 1967 г. — Е.М.]. Снова написал письмо президенту Академии наук... Только вернулся в Москву [в апреле 1965 г. — Е.М.], звонит Шура-Бура: "Мстислав Всеволодович просил передать, что ответа, на второе письмо не будет..." Всё стало ясно! Но читал ли мои письма президент Академии наук?.."

Из книги **Михаила Ботвинника**

"У цели", Россия, 1997 г. — с. 196, 201, 202.

"Существует легенда, будто Ботвинник стоял у истоков компьютерных шахмат. На самом деле он не был специалистом в компьютерной области, и все ограничивалось лишь общими рассуждениями. Контакты с сильными программистами заканчивались разрывом, и ни одна его идея не была реализована. Однако авторитет Ботвинника в мире был столь велик, что он легко публиковал свои интуитивные соображения, читал лекции, даже создал лабораторию".

Из статьи **Евгения Гика**

"Осень патриарха. Еврейско-армянская битва во славу русского народа",

"Московский комсомолец", Россия, июнь 2003 г.

"Свою точку зрения я пытался высказать и в последние годы. Могу перечислить средства массовой информации, куда я обращался и где меня не публиковали. Это "Правда", "Аргументы и факты", "Известия", "Советская Россия", "Вопросы экономики", "Семья"... Тогда я заинтересовался: а будут ли публиковать мои статьи на шахматно-компьютерные темы? Обратился в "Труд" — отказали, "Комсомольская правда" — то же самое... Только один раз, 8 августа 1990 г., "Правда" опубликовала мою статью, что меня крайне удивило. Терез три недели написал другую. Но уже безуспешно".

Из выступления **Михаила Ботвинника**

в Центральном шахматном клубе СССР, Москва, 1991 г.

"Вообще в искусственном интеллекте с самого начала были два течения, то есть два философских подхода. Один — решить задачу и чёрт с ним как, а второй подход — попытаться понять, как это делает человек и повторить алгоритм человека... Мы, конечно, шли по первому пути. Главное, чтобы программа играла в шахматы. А как, чёрт с ним. Рано или поздно любая программа, по спортивному ли признаку или по чисто прагматическому, сворачивала на то, что задачу нужно решать. Искусственный интеллект, не искусственный интеллект, ну его к чёрту. Надо решить задачу. Само-то понятие искусственного интеллекта в каком-то смысле "пиарное", а не содержательное... Яркий образец другого подхода к шахматам — это Михаил Моисеевич Ботвинник... Тем не менее, очень интересно, что попытки повторять как делает человек ни разу не привели к успеху. И очень обидно, что Ботвинник так и не закончил свою программу. Она у него уже делала отдельные ходы, но по-настоящему шахматная программа проверяется в турнирах, и этой проверки не было".

Из [интервью](#) генерального директора компании DISCO **Михаила Донского**

для [радиостанции "Свобода"](#), 2002 г.

Решение задачи программисты-исследователи видели в практической игре, в достижении максимально возможного спортивного результата. А применение специализированных компьютеров (чего так не доставало М.М.Ботвиннику) позволяло им наращивать "скоросчётную" мощь своих программ-чемпионок. Что делать, идеалистов и романтиков вытесняли прагматики. И каждый, живя

и работая, проходил "тест на соответствие" — наступало время **коммерческого программирования**. Крупные фирмы, поставлявшие на рынки "компьютерный товар", стремились решить сразу две задачи: во-первых, довести до совершенства свою выставочную модель, которая после ряда модификаций выигрывала все "большие" и "малые" чемпионаты мира, и, во-вторых, — наладить массовый выпуск-сбыт серии персональных микрокомпьютеров, "родственных" всемирному чемпиону и рекламируемых как "надёжные партнёры человека в практической игре и его незаменимые консультанты при разборе партий". На эти два "чётко оформившихся, хотя и не теряющих взаимосвязи" направления указывал президент Ассоциации шахматного программирования СССР Александр Тимофеев: "Рекордные программы функционируют на специально спроектированном и изготовленном оборудовании. Необходимые средства выделяются в рамках обильно финансируемых межнациональных работ по созданию искусственного интеллекта. Примером такой программы служит Deer Thought, достигшая гроссмейстерской силы игры. А коммерческие программы предназначены для серийно выпускаемого оборудования; к ним предъявляются, помимо определённой силы игры, специфические требования (лёгкость освоения и эксплуатации, развитые сервисные возможности). При большом объёме продаж (десятки и сотни тысяч) они получают относительно недорогими и в то же время приносят изготовителям значительные доходы. Последние версии таких программ играют в силу 1-го разряда и кандидата в мастера" (журнал "Шахматы в СССР", СССР, 1989 г., № 7). И он же, президент Ассоциации отечественного шахматного программирования, был вынужден признать: "На обоих этих направлениях нам предстоит навёрстывать упущенное за время длительного застоя".



С 1980-х годов массовый выпуск шахматных компьютеров стал одной из основных задач коммерческого шахматного программирования

“Уже в начале 1980-х мы впервые почувствовали, что наступило время коммерческого программирования, — свидетельствует доктор технических наук, член-корреспондент РАН, генеральный директор компании Cognitive Technologies, один из создателей программы КАИССА, профессор Владимир Арлазаров (р. 1939) - Этот мир, конечно, своеобразен. Во-первых, потому что в него ведь вкладываются деньги, во-вторых, потому что из него извлекаются деньги... В результате широкой коммерциализации сразу всё засекретили. Хотя и существуют журналы по шахматным программам, но за последние 15-17 лет реальный обмен идеями сильно сошёл на нет, потому что на РС они стали огромным бизнесом” (из интервью "Развитие искусственного интеллекта в шахматных программах", журнал "Подводная лодка", Россия, 2001 г.).

Однако двигателем прогресса по-прежнему, как и во все времена, оставалась реклама, обусловленная "взаимной выгодой всех заинтересованных сторон". Так, Питер Прохазка, заместитель директора Шахматной федерации США, констатировал, что "после значительного спада, вызванного отходом Р.Фишера от участия в соревнованиях, в шахматной жизни страны.

Евгений Мансуров

"Роберт Дж. Фишер: американский гений против шахматного компьютера"

из **Части 5**

(Начало см. "Мир ПК-диск", 03-06/2004)

11. В поисках идеального образца

Межвременье 1980-х годов, когда налицо имелись признаки компьютерного кризиса, осталось позади. А в грядущие 1990-е годы эксперты вглядывались с вновь обретённым оптимизмом, предпосылкой для которого стало ускорение научно-технического прогресса. Применение специализированных компьютеров позволило увеличить "скоросчётную" мощь программ не на доли, а в разы. А использование многопроцессорных блоков дало возможность повысить *качественную* оценку позиции. С перспективами последнего направления — научить машину играть позиционно — и был напрямую связан дальнейший прогресс в создании искусственного шахматиста — от учебных программ Д.Принца, А.Бернштейна, А.Котока, Дж.Маккарти к "мыслящим" сверхпрограммам будущего.

В своих исследовательских лабораториях программисты готовились к интеллектуальному прорыву и, ожидая революцию идей, рассчитывали на геометрическую прогрессию успеха. Над решением каких задач работали они? Уточняли критерии переборной "А-Стратегии" ? Постигали таинственный смысл интуитивной "В-Стратегии" ? Или изобретали какую-нибудь универсальную "С-Стратегию" с достоинствами первых двух?

Оригинальное решение иногда удавалось найти в "русле" ограниченных возможностей — с устаревающей техникой, неточной методикой, недоработанной системой оценок, но с перспективой выхода в "открытый космос непознанного", если работать по принципу переборной комбинаторики (сойдя с высокого стиля, в пору говорить о "методе втыка").

Целесообразность принятия того или иного решения определялась опытом целого поколения. К

истине (или к практическому успеху?!) программисты шли методом проб и ошибок, не минуя столкновений идей и концепций, споров между романтиками и прагматиками, развенчивая, в увлечении полемикой, старых и создавая себе новых кумиров. В общем, всё как в большой науке, где есть свои возвеличенные "злодеи" и отверженные святые мученики...



ИНФОРМАЦИЯ К РАЗМЫШЛЕНИЮ.

БЛОК № 20:

В ПОИСКАХ "АЛГОРИТМА ПОБЕДЫ".

"Ещё Клод Шеннон понял, что основная проблема заключается в огромном количестве продолжений, поэтому он придумал два различных способа обработки информации: "А-Стратегия" изучает все возможные продолжения, а "В-Стратегия" отбрасывает ненужные варианты. На сегодняшний день мы знаем два основных типа шахматных программ: программы "грубой силы" и "отборочные"..."

Из книги **Фредерика Фриделя**
Schach am PC, Германия, 1995 г.

На схеме оба метода "мышления" можно воспроизвести так:



Из статьи младшего научного сотрудника ВНИИЭ **М. Чудакова**

"Как дела, ПИОНЕР?", журнал "Шахматы в СССР", 1987 г., № 3.

"Но, в принципе, все современные сильные программы, скорее, принадлежат к первому типу".

Из книги **Фредерика Фриделя**

Schach am PC, Германия, 1995 г.

"Истинные шахматы, как их задумал мудрец, отображают красоту логического мышления человека. А шахматы, которые демонстрируют машины, играющие на основе перебора вариантов, я бы назвал фальшивыми, не представляющими ценности".

Из последнего интервью доктора технических наук, экс-чемпиона мира **Михаила Ботвинника**

для газеты "Московский комсомолец", Россия, 22.02.1995 г.

"Основной алгоритм — переборный, тривиальный: если я пойду так, то у противника есть столько-то возможностей. Варианты растут в геометрической прогрессии и образуют цепочки... Цепочки объединяются в деревья, которые тоже растут в геометрической прогрессии. Так вот, встаёт важный вопрос: нужен ли полный, до самого конца, перебор — до всех матов, патов, тоекратных повторений и прочих окончаний игры по шахматным правилам? Ведь если алгоритм ведёт к позициям, которые не обязательны на этом "дереве", то, возможно, всё это "дерево" и не нужно рассматривать. Заметьте себе, что в диспозиции, где белые дают мат в один ход, можно построить такое же бесконечное "дерево", но рассматривать-то его не нужно, а достаточно найти этот единственный ход. Может, такая же ситуация и в шахматах в целом?"

Из интервью доктора технических наук, профессора **Владимира Арлазарова**

в статье "Развитие искусственного интеллекта в шахматных программах", Россия, 2001 г.

ИНФОРМАЦИЯ К РАЗМЫШЛЕНИЮ.

БЛОК № 20:

В ПОИСКАХ "АЛГОРИТМА ПОБЕДЫ" (продолжение).

"На Западе математики по-прежнему считают, что положение дел может "спасти" только полный перебор. Но когда это произойдёт — неизвестно. Нынешний президент Всемирной

ассоциации машинных шахмат английский математик и шахматный мастер Дэвид Леви сделал два противоречивых заявления. Как-то он сказал, что полный перебор приведёт к успеху через десять лет, а в другой раз — через сто. Думаю, что всё это произойдёт гораздо раньше и не по методу полного перебора".

Из интервью **Михаила Ботвинника**

для журнала "64 — Шахматное обозрение", СССР, 1987 г., № 11.



"Раньше считалось, что если удастся достичь достаточно большой глубины перебора, то машина сможет играть в силу гроссмейстера, а может быть, и лучше. В реальности всё оказалось сложнее. Выяснилось, что это предположение справедливо при условии достоверной оценки конечной позиции. Затруднение свелось к тому, что в позициях, тактически насыщенных, ходы выбирались действительно хорошие, в спокойных же позициях этого добиться не удавалось — выбор машины падал на далеко не самые лучшие ходы. Прогрессивный в своё время полный перебор уступает сейчас место более глубоким идеям. Каким же образом научить машину строить "человеческое" дерево расчёта, а не "баобаб"? Ответ однозначен — программа должна включать в перебор лишь перспективные ходы, как это удаётся опытным мастерам".

Из статьи младшего научного сотрудника ВНИИЭ **М. Чудакова**

Как дела, ПИОНЕР?", журнал "Шахматы в СССР", 1987 г., № 3.

"Так вот, я думаю, что *человек думает по схеме полного перебора*. То есть буквально так, как в программе строится сегодня решение логической задачи. Конечно, со всеми отсечениями и улучшениями, которые на сегодня придумал Брудно. И теми, что придумал Адельсон-Вельский, Арлазаров и Усков. И даже теми, что они придумают завтра. И не только они. Доказывать это я не берусь. Внутреннее чутьё говорит мне, что, кроме такого прямого перебора, ничто не может привести к точным решениям. А думание-то ведь их находит! И все соображения, что на полный перебор никаких скоростей не хватит, меня хотя и смущают, но не сдвигают. Потому что я не вижу других возможностей для точных решений. В общем, как сказал Мартин Лютер: "Здесь я стою, и не могу иначе..." А Е.М.Ландис думает по-другому. Он считает, что **главное в мышлении (думании) — ассоциации. Ассоциации не только с объектами, но и с логическими схемами решений. И с более сложными конструкциями — ассоциации с ассоциациями и т.д. — на всё более высоких уровнях. А что перебор возможностей, хотя и тоже есть, но играет, так сказать, подчинённую роль. Что ассоциации обрезают лишние ветви в дереве возможностей. И благодаря этому — углубляют возможную "этажность" рассмотрения-перебора.** Выглядит всё это очень складно, но для меня совсем неубедительно. Потому что — кто же тогда решает, что есть ассоциация, а что — нет? Впрочем, нет смысла опровергать собеседника, не давая ему слова. Боюсь, что я и так исказил его точку зрения. Хотя и старался не сделать этого".

Из книги математика **Александра Кронрода**

"Беседы о программировании", Россия, 2004 г. — с. 139.

ИНФОРМАЦИЯ К РАЗМЫШЛЕНИЮ.**БЛОК № 20:****В ПОИСКАХ "АЛГОРИТМА ПОБЕДЫ" (продолжение).**

"С самого возникновения шахматных программ и до сего дня основным методом их игры является перебор по принципу, известному любому шахматисту: "я — так, он — так, а я потом — так". И так далее. Конечно, 50 лет программирования шахмат даром не прошли, и методы ведения такого перебора сильно изменились. Но изначально сами шахматы фигурировали только в наборе возможных продолжений (правила ходов в игре) и в оценке позиций, которой приходится пользоваться потому, что досчитать партию до конца нет (пока) никакой возможности... На заре шахматного программирования все только и пытались построить идеальную позиционную оценку, и лишь потом заметили, что, углубляя перебор, можно выигрывать с плохой позиционной оценкой у программ с хорошей оценкой, но маленьким перебором. Поэтому вторая волна программистов (в том числе и мы в КАИССЕ) работала в основном только над тем, как углубить перебор за заданное время. Несмотря на вошедшее в моду с лёгкой руки Ботвинника выражение "грубый перебор", уже лет 30 в переборе шахматных программ ничего грубого нет, наоборот, используются очень тонкие методы..."

Из послесловия **Михаила Донского**

в книге Д.Бронштейна и С. Воронкова "Давид против Голиафа",

Россия, 2003 г. — с. 320-322.

"Основа достижений — метод полного перебора. Но это не тот brute force, что был 40 лет назад. Он был дополнен методом Альфа-Бета отсечения, а сейчас вводятся ещё два способа сокращения перебора (бит-борт и транспозишн Тейбс). Но главное — это использование специализированных блоков перебора и оценки позиций. Положил этому начало Кеннет Томпсон — он сделал блок, который при выборе хода перебирал и оценивал 30 миллионов позиций. В 1980 г. в Линце его программа BELLE победила в 3-м чемпионате мира. Идеи Томпсона ныне получили успешное развитие".

Из выступления директора вычислительного центра Северо-Западного

университета США, профессора **Бенджамина Миттмана**

перед зрителями шахматного чемпионата СССР, Москва, 1988 г.

"... И первое, что было сделано, — это замена статической оценки динамической, когда по окончании глубины перебора каждая сторона могла удовлетвориться оценкой, а могла и попытать счастья в форсированных вариантах. Динамическая оценка резко увеличила надёжность игры программ, потому что какой толк от проходной пешки, которую на следующем ходу разменивают или, того хуже, просто съедают. Следующим серьёзным продвижением было сокращение перебора: отказ от рассмотрения всех ходов на уровне за счёт отсечения "бессмысленных". Тут шахматные знания сыграли плохую шутку с авторами программ. Никакое

шахматное определение бессмысленного хода не работало (всегда находилась позиция, где "бессмысленный" ход, как это шахматное понятие ни формализуй, был лучшим), зато отлично работали чисто математические методы. Улучшило силу игры программ и использование таблицы перестановок. В ней запоминаются все встретившиеся в переборе позиции, и каждый раз для возникающей в переборе позиции проверяется, нет ли её в таблице и нельзя ли использовать ту информацию, что уже накоплена в ней. В КАИССЕ мы использовали метод аналогий, где искали не идентичные позиции, а похожие варианты... Параллельно шла работа над "железом". Мало того, что в несколько раз увеличилась скорость универсальных компьютеров, но и создавались специальные шахматные процессоры; в последнее время — даже специализированные многопроцессорные системы..."

Из послесловия **Михаила Донского**
в книге Д.Бронштейна и С. Воронкова "Давид против Голиафа",
Россия, 2003 г. — с. 320-322.

С одной стороны, человеческий мозг казался идеальной моделью для технического "воспроизведения" по законам Божественной гармонии и красоты. А с другой — хотелось переступить грань возможного, создать машину, которая была бы "умнее" самого человека-творца. Тогда оставалось за малым — вычислить формулу интуиции с помощью brute force ("грубой силы"). Например, Михаил Ботвинник, сам, как известно, не причислявший себя к сторонникам "тотального расчёта", не исключал того, что "закономерности и методика мышления гроссмейстера сравнительно элементарны — играют же в шахматы дети, и неплохо!" (из статьи "Основы шахматного алгоритма", СССР, 1979 г.). А академик П.Симонов в своё время определил сознание как "свойство мозга совершать операции с информацией". Но тогда возникал законный вопрос — "если учёные признают эту формулировку для homo sapiens'a, то почему отказывают в "сознании" кибернетическим устройствам, способным оперировать информационными массивами и быстрее, и точнее человека?" (И.Царёва "Непознанное, отвергнутое или сокрытое?", Россия, 2000 г.).

Имея в своём распоряжении практически неисчерпаемые возможности для точного расчёта и создания хитроумных математических моделей, эксперты, быть может, сами того не ведая, переосмысливали литературного Сальери, взявшего на себя труд "поверить алгеброй гармонию" и "вычленив" тайну творчества. Причём пищу для оптимизма давал не *результат*, а именно *прогресс* в решении этой сверхзадачи. "Математизация" же процесса мышления освящалась заверениями, что любые открытия, приближающие человечество к разгадке его существования, будут сделаны не во вред, а только во благо гениальных Моцартов! Мир виртуальной реальности, где царствует компьютер, представлялся ещё одним сподручным средством познания окружающей нас действительности, таким же полезным и необходимым, как мир книг, и зрелищно-информационным, как мир телевидения. Однако не с гибельным ли восторгом учёные открывали не что иное, как ящик

Пандоры? Считались ли они с опасностью вытеснения, грозящей от более совершенной искусственной расы? И были ли готовы к борьбе за существование, если открыто признать, что теория Дарвина распространяется и на столкновение интеллектов? Экс-чемпион мира Василий Смыслов еще в начале 1990-х годов рисовал мрачную перспективу: “Есть Бог — Творец, есть человек, его создание. Создавая человека по своему образу и подобию, Бог заложил в нём и творческое начало. Нет ничего противоестественного в том, что и человек пытается создать Нечто, на него самого похожее. И если случается, что человек восстает против Бога, то почему это Нечто (назовём его компьютером) не может бунтовать против своего творца?” (журнал "64 — Шахматное обозрение", СССР, 1991 г.) Во всяком случае, первые признаки иномирной экспансии видны уже весомо, грубо, зримо: “Демоны, рожденные нашими мыслями, обретают физическую плоть, и уже недалёк тот день, когда они смогут активно вмешиваться в происходящее” (И.Царёва "Непознанное, отвергнутое или сокрытое?", Россия, 2002 г.).

Закономерный итог, предначертанный самой эволюцией человеческого развития, или очередной "вывих" научно-технического прогресса ?

“Древние не зря считали, что мир развивается по спирали, — пишет о драматическом противостоянии "человек-машина" Ирина Царёва ("Непознанное, отвергнутое или сокрытое?", Россия, 2000 г.). — Проследите цепочку: мертвая неорганика — органика — органическая жизнь — органический разум — неорганическая жизнь — неорганический разум. Виток замыкается, но на более высокой ступени. И кибермозг можно рассматривать как логичный этап этого эволюционного пути”.

Однако, если Апокалипсис и ждали, то с другой стороны.

“В более широком смысле homo sapiens — это самосознание природы, голова её и чувствилище, — отмечал доктор философских наук, профессор Георгий Куницын в интервью для журнала "64 — Шахматное обозрение" (СССР, 1981 г.). — В свете этого мысль о создании искусственного человека (предполагается, куда более совершенного, чем люди) — плод незрелости гуманизма... Эта мысль, стоит её осуществить, имеет целью поменять человека и машину (в виде "искусственного разума") местами”.

Мысль, действительно, антигуманная — уж слишком весомо и значимо это главенство человека на вершине эволюционной пирамиды! “Человек привык считать себя "царём природы". Право на это звание наши предки завоевали в ожесточённой борьбе с другими

видами. Победу принесли не более острые зубы и не более крепкие мышцы, а такие эфемерные на первый взгляд качества, как разум и сознание. И на долгие годы на эволюционном Олимпе воцарилось равновесие, установленное, казалось бы, раз и навсегда... Мы гордо полагали, что

прямолинейная логика машин никогда не сравнится с многоплановостью человеческой души, личности, интеллекта, общения” (И.Царева "Непознанное, отвергнутое или сокрытое?", Россия, 2000 г.).

И вдруг рассматривается ситуация, когда “...наисовершеннейшее творение природы и истории — человек — низвергается до уровня второстепенности, необязательности. Зачем?” (Г.Куницын). “В самом деле, почему человек так стремится поработить себя машинами? Насколько велика их власть над людьми? Неужели весь прогресс человечества в том только и заключается, чтобы в конечном итоге построить такой мир, в котором сам человек станет звеном избыточным, а потому неизбежно исчезнет ?” (Р.Богатырев "Этот странный придуманный мир", журнал "Компьютерра", Россия, 1996 г.). На эти вопросы, заочно и задолго до острого "фазиса" этой проблемы, ответил Михаил Ботвинник: “При всей отвлечённости шахмат решение проблемы обучения машины сложной шахматной игре явилось бы серьёзным шагом на пути создания сильного логического помощника, в котором так нуждаются люди в XX веке. Это — острая нужда. В прежней своей истории люди прогрессировали достаточно гармонично, и логическая сила человека более или менее соответствовала его энергетическим возможностям (или физической силе). В середине нашего [XX-го — Е.М.] столетия энергетические возможности людей возросли неслыханно, человек овладел энергией атома, а умственные способности существенно не изменились. Возникшую диспропорцию устранил только скачкообразное усиление логических способностей человека. Сделать это можно путём создания неслыханно сильного логического помощника — хорошо программированной вычислительной машины...” (из статьи "Ещё о шахматной машине", журнал "Шахматы", СССР, 1965 г.). “Судите сами. С 1897 по 1997 год скорость передвижения возросла примерно в 100 раз, мощность источников энергии — в 1000 раз, мощность оружия — в 100 000 раз, скорость обработки информации — в 100 000 000 раз... Человеческий мир эволюционирует с непостижимой для космических масштабов скоростью, где заметные изменения накапливаются в течение миллионов лет. И в этом не было бы ничего плохого, если б не естественные ограничения” (И.Царёва "Непознанное, отвергнутое или сокрытое?", Россия, 2000 г.).



Но пока "лирики" спорили с "физиками", программисты получили ещё один весомый аргумент "за", в поддержку продолжения их работы — не обращая внимание на проклятия и дифирамбы, компьютер начал-таки побеждать шахматистов самого высокого, гроссмейстерского ранга. Правда, эксперты находили в этих победах что-то иррациональное, не объяснимое логикой шахматных идей. “Это не игра в шахматы! — утверждал Давид Бронштейн в книге "Давид против Голиафа" (Россия, 2003 г.). — С компьютером я чувствую себя как начинающий! Вот почему они иногда у меня выигрывают. Само сознание, что вы играете против чего-то, что вы не можете видеть, парализует вашу волю, — и вы теряете способность соображать. Дело не в позиции, а психологии! Я

играю против монстра! И он знает, что он монстр. И вы знаете, что он монстр...”

А в отдельных ходах этого железного монстра даже “слышалась дьявольская, нечеловеческая музыка !

“Как не задуматься, если в блице "железяки" стали частенько обыгрывать людей, — отмечал гроссмейстер Сергей Макарычев в статье "Блеск и нищета электронных страшилок" (журнал "Шахматы в России", 1996 г.), — причём делать это каким-то кривым способом, демонстрируя в начале игры её полное "непонимание", а затем вылавливая на какой-нибудь швиндель. Каждый раз речь вроде бы шла о банальном зевке. Но количество "зевков" было таким, что не оставалось сомнений в их объективном характере, в том, что человек чересчур доверяет своей интуиции и не видит главное направление, откуда может нагрянуть беда. Слишком часто сильные фигуры, форпосты или пешечные цепи оказывались



миражами, рассыпавшимися в коротких тактических стычках. Компьютер "ничего не понимал", но в критических ситуациях действовал на редкость эффективно!”

В начале игры создавалось впечатление, что оппонент белкового шахматиста безобиден и податлив, как домашний кот умеренной пушистости. А когда иллюзии развеивались, как утренний туман, вдруг вырисовывался стоглавый "железный монстр"! Программист Дэйв Слейт из Северо-Западного университета в Ливингстоне (США) даже нашёл аналогию... с чудовищем из морской бездны. “Шахматная ЭВМ, — пояснил он корреспонденту еженедельника Science News (США, 1988 г.), — чем-то напоминают притаившуюся акулу. Она не блещет умом и не отличается находчивостью, но, как только почувствует запах крови, — тут уж пощады не жди! Если вы подготавливаете свою атаку достаточно замаскированно, она может ничего не заметить и оказаться застигнутой врасплох, но стоит вам выдать свои намерения, как она моментально разрушит все ваши планы”. “Я однажды играл с машиной, — вспоминал о начале компьютерного "бума" гроссмейстер Давид Бронштейн (из интервью для журнала "64 — Шахматное обозрение", СССР, 1987 г.), — и, знаете, было не по себе: я понимал, что машина всё видит и ничего не забывает”. “Она будет обладать отличной памятью и завидной выносливостью, она будет равнодушна к шуму в зале и к корреспонденциям шахматных журналистов...” — ещё задолго до начала компьютерной эры отмечал

достоинства "виртуального" соперника экс-чемпион мира Михаил Ботвинник (из статьи "Люди и машины за шахматной доской", журнал "Шахматы в СССР", 1961 г.). И, наконец, ещё одно ценное, но трудно доступное человеку, качество: "Даже в проигранной позиции компьютер невозмутимо ищет лучшие ходы" (Д. Бронштейн). Одним словом, холодный ум, твёрдая рука и железные нервы!

ИНФОРМАЦИЯ К РАЗМЫШЛЕНИЮ.

БЛОК № 21:

"ЭЛЕКТРОННЫЙ МОЗГ" В МИРЕ ШАХМАТ.

"Это большая разница — играть с гроссмейстером или с компьютером... Я чувствую, что нервничаю, начинаю его бояться... Потому что он всё считает! Но я даже не знаю, это шахматы или нет?.. Если окажусь в трудной позиции, попробую выжить. Это игра... Трудная игра! Очень трудная... Может, какие-то шансы у меня ещё есть?

Из комментариев гроссмейстера **Давида Бронштейна**

в сборнике "Давид против Голиафа", Россия, 2003 г.

"Что-то есть в компьютере от лукавого! Компьютер не обладает творческой сущностью..."

Из интервью экс-чемпиона мира **Василия Смыслова**

для газеты "Спорт-экспресс", Россия, 9.09.2000 г.

"Это продукт научно-технического творчества. К тому же это — быстро самосовершенствующаяся система, в отличие от нас. "Искусственник" не имеет генетических связей с нами. Он способен уйти вверх от природного человека очень скоро... Зачем нужен подобный "интеллект"?"

Из интервью доктора философских наук, профессора **Георгия Куницына**

для журнала "64 — Шахматное обозрение", СССР, 1981 г., № 20.

"Преимущество компьютера в том, что он полностью сконцентрирован на игре, он как бы напоминает, что защитные силы бесконечны. Наверное, это действительно так — но не для человека!.. Мозг человека невольно помнит сотни и тысячи событий, о чём-то думает, нервничает, заботится о вашем организме, о том, чтобы вы не устали... Очень много забот у нашего мозга. И я даже не знаю, какая его часть играет в шахматы. А компьютер не устаёт..."

Из комментариев гроссмейстера **Давида Бронштейна**

в сборнике "Давид против Голиафа", Россия, 2003 г.

ИНФОРМАЦИЯ К РАЗМЫШЛЕНИЮ.

БЛОК № 21:

"ЭЛЕКТРОННЫЙ МОЗГ" В МИРЕ ШАХМАТ (продолжение).

"А вообще стоит ли противопоставлять людей и компьютеры? Это ведь просто замечательно,

что у нас появились такие электронные помощники!" — говорят оптимисты. Но в опасениях пессимистов, считающих, что "компьютерная экспансия" представляет для человечества реальную угрозу, своя логика. "На арене эволюционной борьбы появился серьёзный соперник, способный бить нас нашим же оружием. И это достаточно тревожный факт", — утверждают психологи, занимающиеся исследованиями в области феноменов массового сознания".

Из книги **Ирины Царёвой**

"Непознанное, отвергнутое или сокрытое?", Россия, 2000 г.

ВОПРОС: "Люди Вашего поколения довольно часто говорят о том, что шахматы становятся все более компьютеризованными, и это создаёт проблемы психологического плана. Вам тоже?"

Л.ПОРТИШ: "У меня проблем нет, потому что компьютерами я не пользуюсь. Я их ненавижу..."

Из интервью гроссмейстера **Лайоша Портиша**

для газеты "Спорт-экспресс", Россия, 10.12.1994 г.

"Компьютерные программы постоянно совершенствуются, их игра становится практически неуязвимой. Не случайно высокоранжированные гроссмейстеры, заботясь о своём репутации, избегают поединков с роботами, даже за щедрые гонорары, требуют оградить от них соревнования людей. Тем самым живые шахматисты как бы признают своё поражение в споре с искусственным интеллектом".

Из корреспонденции мастера **Виктора Хенкина**

в журнале "64 — Шахматное обозрение", Россия, 2000 г., № 3.

"В интервью журналу Inside Chess (США) гроссмейстер Джоел Бенджамин, чемпион США 1987 г., очень резко возражает против совместного участия в турнирах шахматистов и шахматных компьютеров, хотя и соглашается с необходимостью проведения экспериментальных программных разработок... Призов они не получают, но своими партиями с другими участниками влияют на их распределение. Многие шахматисты придерживаются того же мнения".

Из обзора иностранной печати в еженедельнике "Шахматный глобус", СССР, 1989 г., № 23.

ВОПРОС: "Кто из известных зарубежных шахматистов участвует в разработке шахматных программ?"

М.БОТВИННИК: "Насколько мне известно, лишь один — американец Ганс Берлинер, экс-чемпион мира по переписке... Видимо, сильные шахматисты не заинтересованы в шахматных программах, в том, чтобы компьютеры хорошо играли в шахматы".

Из интервью экс-чемпиона мира **Михаила Ботвинника**

для журнала "64 — Шахматное обозрение", СССР, 1987 г., № 11.

Зато компьютеры ходили в самых заинтересованных и прилежных учениках! За эти годы интенсивной практической игры с белковыми шахматистами они научились:

- не терять темпов развития ради создания каких-либо статичных слабостей в лагере соперника, если последний может от них избавиться посредством освобождающих прорывов;
- находить "нейтральные", средние по силе ходы в неопределившихся позициях без конкретного плана игры — по крайней мере, это гарантировало от грубых позиционных ошибок и ограничивало в злоупотреблении форсированными вариантами;
- замечать многоцелевые угрозы соперника в стратегических комплексах "центр — фланг" или "фланг — фланг" с длинной "осью лавирования". То же относительно создания собственных угроз;

- рассчитывать комбинационные осложнения не хуже (а всё чаще — лучше!) белкового шахматиста;

- безупречно реализовывать материальный перевес в упрощившихся позициях на стадии перехода из миттельшпиля в эндшпиль;
- распознавать критические поля в позициях эндшпильного типа и находить логически обоснованные планы игры в этой поздней стадии партии;
- защищать трудные позиции с "нечеловеческим" упорством и "дьявольской" изворотливостью.

Самым загадочным в этой геометрической прогрессии успеха стала, пожалуй, способность компьютера разыгрывать "вязкие" позиции без конкретного плана контригры. В классических построениях электронный мозг пользовался "блоками памяти", а в малознакомых позициях находил "вкрадчивые" ходы, которые, быть может, и не решали всех проблем развития, но были хороши уже и тем, что поддерживали напряжение, не портя общего "рисунка" игры! Не случайно современная практика подтверждает, что в иррациональных позициях решает не столько темповая игра, не реализация каких-то глобальных концепций (что, по здравому рассуждению, в принципе невозможно), сколько умение лавировать и ограничивать атакующий потенциал соперника с помощью своевременных профилактических средств. **"Поиск реального хода, не тратя зря энергию на эмоциональные красоты, разбросанные вокруг и для ближайшего хода не имеющие никакой смысловой окраски, — вот суть этой философии"**, — пишет гроссмейстер Давид Бронштейн в своём "Самоучителе шахматной игры" (СССР, 1987 г.). До недавнего времени считали, что такой рационализм присущ только белковым шахматистам, приверженцам так называемого "позиционного" направления. **"Но именно так — точно и предельно конкретно — играет компьютер. В каждой позиции он отыскивает лучший, по его мнению, ход, а игра отдельными лучшими ходами оказалась гораздо эффективнее, чем игра на основе глубокомысленных планов и общих соображений"** (Д.Бронштейн, сборник "Давид против Голиафа", Россия, 2003 г.).



Действительно, компьютер как будто не демонстрировал глубоких планов и оригинальных идей, видя свою задачу в достижении стабильной, безопасной позиции (игра без иллюзий: "для компьютера красиво то, что целесообразно"!), но научился провоцировать своего белкового оппонента на неоправданную активность (человеку свойственно заблуждаться: "с компьютером я обязан играть на выигрыш"!) и наказывал за ошибки, эти минутные проявления слабости, с беспощадностью прирождённого эзекутора! "Компьютер делает жёсткие ходы, он как бы вколачивает гвозди в деревянную доску, — делился своими ассоциациями гроссмейстер Давид Бронштейн. — С одинаковой силой берёт молоток, с одинаковой силой ударяет, и вам остаётся только смотреть на эту изумительную работу".

В своё время такой "беспощадностью" отличался только один из белковых гроссмейстеров — Роберт Дж. Фишер. Ни его предшественники, ни его последователи такой методичностью в процессе "добивания" похвастаться не могли.



Евгений Мансуров

"Роберт Дж. Фишер: американский гений против шахматного компьютера"
из **Части 7**

(Начало см. "Мир ПК-диск", 03-09/2004)

В начале 1990-х годов Михаил Ботвинник приступил к работе над новым проектом — программой CHESS COMPUTER SAPIENS (CC SAPIENS). Этот "разумный шахматный компьютер", создаваемый на базе ранней программы ПИОНЕР, был призван, наконец, решить главную сверхзадачу: смоделировать поиск хода шахматного мастера — задачу тяжёлую, как признавался в

интервью 1993 года сам М.Ботвинник, “которую мы решаем многие годы, но постепенно и достаточно успешно”. На этом пути к успеху он по-прежнему оставался принципиальным противником "брут форса", полагая, что "очеловеченный" компьютер будет пользоваться не полным перебором всех возможных вариантов, а универсальными эвристиками с "горизонтальной" оценкой позиции. В докладе, сделанном на VII международной Конференции по проблемам компьютерных шахмат (Маастрихт, Нидерланды, июль 1993 г.) он напомнил слушателям постулат Эшби: “Компьютер способен принимать решения так же, как и человек”. А в статье "Три позиции" (журнал "64 — Шахматное обозрение", Россия, 1993 г.) М.Ботвинник уже с уверенностью констатировал: “Проблему, поставленную К.Шенноном — найти на базе шахматной программы общий метод решения переборных задач, — видимо, удалось реализовать”. В его последнем публичном выступлении, состоявшемся на механико-математическом факультете МГУ (Москва, Россия, апрель 1995 г.), речь шла о путях её конкретного решения: “Особенность переборных задач — это игра в пространстве, где число участников ограничено, где есть чётко фиксированные правила игры. За основу мы взяли моделирование методов мышления мастеров шахматной игры. Сейчас над этим алгоритмом работают 17 человек”.

Как и прежде, М.Ботвинник занял "позицию принципиального меньшинства". Но эта фигура была слишком крупной, чтобы смириться с положением аутсайдера. Он не мыслил себя вне центра крупнейших шахматных событий, а может быть, и важнейший событий в масштабе всей страны. У него было мало друзей — и с избытком хватало врагов. В нарушение всех пропорций он делил мир на "своих" и "чужих". Во всяком случае, эту чёткую грань в отношении тех, кто встречался ему на жизненном пути, любил проводить он сам. С оппонентами он всегда спорил непримиримо и бескомпромиссно. В своих поздних статьях и выступлениях (1992 — 1995 гг.) полемизировал о будущем компьютерных шахмат с Р.Гринблатом, Г.Берлинером и Д.Бронштейном. Последний, уже как ведущий шахматный эксперт, усомнился в аналитических способностях "компьютера Ботвинника" и высказал подозрение о вмешательстве человека в машинный расчёт. Так, профессор Ганс Берлинер в частном послании к Д.Бронштейну (Питтсбург, США, 1993 г.) писал: “Конечно, мы оба понимаем, что происходит в лаборатории Ботвинника. Он верит, что проблема может быть решена методом траекторий. Он чертит дерево вариантов, чтобы его помощники видели цель, к которой должна стремиться программа. Но возникает вопрос, на который нет ответа: действительно ли его программисты работают? Программисты ли они вообще? Или Ботвиннику вполне достаточно создать решение в мечтах и опубликовать его?”

В ответном слове Михаил Ботвинник обвинял своих оппонентов в искусственном создании препятствий (по его мнению, лучше бы совместными усилиями создавать искусственный интеллект), но сам же менял команды программистов (“за 20 лет выбыли из "игры", и по различным причинам, 10 математиков” — М.Ботвинник, журнал "64 — Шахматное обозрение", Россия, 1993 г.), объявлял то о закрытии работ, то об их возобновлении, всегда утверждая, что находится в преддверии решающего научного прорыва. “30 мая 1994 г. стало ясно, что наш коллектив не справился с задачей, — свидетельствовал он в своей последней книге мемуаров "У цели" (Россия, 1997 г.). — И 31 мая я закрыл работу, но на совещании в Комитете по информатизации уже 3 июня было объявлено о продолжении работы над CC SAPIENS — но с другим составом программистов... В августе 1994 г. они приступили к изучению алгоритма (новой версии), и вот в ноябре 1994 г. стали вырисовываться контуры



программы "цепочки фигур" — центральной и наиболее важной части CCS. Как только "цепочка" будет составлена, можно будет прогнозировать срок окончания всей работы”.



В своём предсмертном письме от 24 апреля 1995 г. (Москва, Россия) М.Ботвинник подробнее рассказал об открытом им принципе "цепочки фигур": "Сражение на всей доске разбивается на множество местных (образуемых небольшими "цепочками фигур"). При этом выделяются наиболее важные цепочки; с помощью небольшого перебора ходов они оцениваются, что и определяет наиболее разумный ход в партии. Сейчас завершается "программа цепочки" — остальное будет сравнительно простым делом".

В одной из "секретных" комнат Дома шахматиста на Гоголевском бульваре (Москва, Россия) он продолжал заниматься исследовательской деятельностью до самого последнего дня, веря, что "это будет большое событие, которого в научном мире ждут уже не один год — также и в корпорации Hewlett-Packard, поставившей компьютерное оборудование, в том числе новейший Pentium" (из письма М.Ботвинника от 24 апреля 1995 г.). Он мечтал, что дискеты с этой новой шахматной программой будут пользоваться широким спросом во всем мире. В его записной книжке родные и близкие позднее прочли: "Деньги потеряны — ничего не потеряно. Здоровье потеряно — много потеряно. Мужество потеряно — всё потеряно". "В своей жизни Ботвинник терял и деньги, и здоровье. Но мужество — никогда" (из статьи С.Сетунской "Жизнь в клеточку.", "Новая газета", Россия, 2004 г.).

Свидетельствует его племянник Игорь Ботвинник: "Когда он заболел, говорил врачам: "Мне нужно два-три светлых месяца, чтобы закончить научную работу". 3 мая 1995 г., когда ему оставалось жить два дня, принялся диктовать для математиков разъяснения по алгоритму. Делать это было уже

тяжело, брал паузы, извинялся. Гордый человек, он не нуждался ни в чьей жалости. То, что было сделано в этот день, не отличить от написанного здоровым Ботвинником... Последней его просьбой было обратиться к бизнесменам и собрать деньги на завершение шахматной программы CHESSE COMPUTER SAPIENS (CCS)" (журнал "64 — Шахматное обозрение", Россия, 1996 г., № 5).

Михаил Моисеевич Ботвинник умер 5 мая 1995 года в Москве. Ему шёл 84-й год. Незадолго до смерти, в статье-завещании для испанского журнала "Хаке" (апрель 1994 г.),

он писал: “Метод решения переборных задач будет найден, а попутно компьютер будет понимать шахматы на человеческом уровне. Поскольку компьютер обладает неизмеримо большими ресурсами, нежели человек, то искусственный шахматист сможет превзойти шахматиста живого. И когда это произойдёт, компьютер не будет играть ни в активные шахматы, ни в блиц, он будет играть в настоящие, серьёзные шахматы, демонстрируя их глубину, их логическую красоту — для этого искусственный шахматист и создаётся”.



Г.Каспаров и М.Ботвинник — противоположности сходятся...

ИНФОРМАЦИЯ К РАЗМЫШЛЕНИЮ.

БЛОК № 31:

КОМПЬЮТЕР УЧИТСЯ ИГРАТЬ (продолжение).

В 1995 г. в Москве (Россия) прошёл открытый чемпионат России по компьютерным шахматам. В группе специализированных компьютеров победил многократный чемпион мира MERISTO

(Германия), изготавливаемый по лицензии в г. Киеве. Двухкруговой турнир в группе шахматных программ выиграла действующая чемпионка мира HIARCS (Великобритания). "Оба чемпиона мира заняли первые места в своих подгруппах, однако российские программы совсем не походили на статистов. В первом же туре HIARCS, пожертвовав пешку, получила грозную позицию против МИРАЖ'а, однако тот жертвой трёх (!) пешек подряд сумел переломить ход борьбы и победить. Подобный каскад жертв не часто встречается в соревнованиях шахматных роботов" (В.Рыбинкин).

HIARCS 3.0 — МИРАЖ

Сицилианская защита

1. e4 c5 2. Kf3 d6 3. d4 cd 4. K:d4 Kf6 5. Kc3 a6 6. **Cg5** e6 7. f4 Ce7 8. Фf3 **Kc6?!**

Возможно, новинка. Во всяком случае "личная" разработка МИРАЖа. С этого хода начинается самостоятельное творчество машин (до сих пор обе программы играли по справочнику).

9. **K:c6?!** (лучше 9. 0-0-0) 9... bc 10. **0-0-0** d5 11. e5 Kd7 12. C:e7 Ф:e7 13. Ce2

0-0 14. Cd3 Kc5 15. g4 Лb8 16. **Лdf1** Cd7 17. h4 Лb6 18. h5 **K:d3+** 19. Ф:d3 **h6?!**

Конечно, сильнее 19... Фb4, но в последний момент МИРАЖ сменил его на ход в партии, опасаясь прорыва.

20. **g5!?** hg 21. h6 g6 22. Фg3 gf 23. **h7+** Kph8 24. **Ф:f4** Ce8 25. a3?! c5

26. Лh2 Cc6 27. Kd1 Лbb8 28. Ke3 c4 29. **Kg4?!**

Найти столь длинный манёвр коня для программы очень непросто. Укрытый за вражеской пешкой, чёрный король недоступен для тяжёлых фигур, поэтому подключение коня к атаке производит сильное впечатление... и, возможно, является решающей ошибкой. Впрочем, в этот момент все присутствующие были уверены, что белые форсированно выигрывают.

29... c3! 30. bc d4!!

Только так! Проигрывает 30... Ф:a3+ 31. Kpd2 Фе7 32. Kh6 Лb7 33. Kg8 Фd8 34. Фh6 со страшной угрозой 35. Фg7 + .

31. cd Ф:a3+ 32. Kpd2 **Фb4+** 33. Kpd1 (здесь HIARCS предложил ничью, имея в виду 33... Фb1+, но чёрных ничья уже не устраивает) 33... f5!

Жертва третьей пешки окончательно проясняет ситуацию: атака неотразима.

34. Kf6 Фc3! 35. Kpc1 Лb4! 36. Лh3 **Фb2+** 37. Kpd2 **Л:d4+** 38. Ф:d4 **Ф:d4+**

39. Лd3 и, не дожидаясь ответа, белые сдались. (Примечания В. Рыбинкина, автора программы МИРАЖ).

Linguistic Geometry

From Search to Construction

Boris Stilman

University of Colorado at Denver

&

STILMAN Advanced Strategies, LLC

Kluwer Academic Publishers

Boston Dordrecht London

Лингвистическая Геометрия

От Перебора к Построению

Борис Штильман

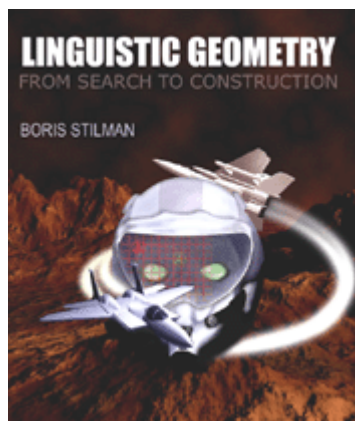
Университет Колорадо в Денвере

&

STILMAN Advanced Strategies, LLC

Kluwer Academic Publishers

Бостон, Дордрехт, Лондон



Для заказа этой книги свяжитесь с
Kluwer Academic Publishers по адресу

<http://www.wkap.nl/series.htm/ORCS>

Оригинал LG01.pdf на английском языке доступен в Интернете на web-сайте Бориса Штильмана по адресу:

<http://www.stilman-strategies.com/bstilman/research/BOOKpdfs/LG01.pdf>

Штильман Борис,

Лингвистическая Геометрия: от Перебора к Построению, 1999, 395 стр.

LG — математическая дисциплина, которая занимается поиском лучших стратегий в переборных задачах, относящихся к классу игр на абстрактной доске. LG выросла из проекта шахматной программы ПИОНЕР М.Ботвинника, в котором Борис Штильман был ключевым математиком и программистом. Удивительно то, что сейчас приложения LG — это управление навигацией роботов и беспилотных транспортных средств, моделирование боевых операций, составление расписаний, а не только шахматы или другие настольные игры. В отличие от традиционных подходов к поиску стратегий на дереве перебора, LG позволяет за разумное время вычислять лучшие и даже теоретически оптимальные стратегии в реальных боевых задачах.

Copyright © 1999 **Борис Штильман**. Все права охраняются законом.

Никакая часть этой публикации не может быть воспроизведена, сохранена в базе данных, дистрибьютирована или передана в любой форме или любыми другими средствами — электронными, механическими, фотокопированием, записью или иначе — без предшествующего

ПРЕДИСЛОВИЕ к переводу LG01.pdf на русский язык

Прошло ровно 4 года с тех пор, как рукопись книги "Лингвистическая Геометрия: от Перебора к Построению" была сдана в печать. По случайному совпадению, ровно столько же времени прошло с тех пор, как была основана компания STILMAN Advanced Strategies (далее STILMAN). В книге я писал о возможном начале *четвёртого этапа* развития LG — и он действительно начался в 1999 году в связи с открытием этой компании. В сущности, STILMAN — это пока ещё небольшое, но весьма эффективное научно-производственное объединение ("НПО" в советской терминологии), которое лидирует в разработке теории и приложений LG на четвёртом этапе.

Четыре года назад я не мог и предположить, сколь могучей окажется роль LG в военном деле, сколь многообразными и революционными окажутся её применения. Ещё поразительнее то, что эта проблемная область оказалась настолько глубокой и насыщенной, что уже оказала и продолжает оказывать плодотворное влияние на развитие общей теории LG.

Шахматы, как известно, родились около полутора тысяч лет назад путём абстрагирования реальных военных действий. Наверное, пришла пора платить по счетам — передать военным выигранные стратегии, разработанные за много веков поколениями выдающихся шахматистов.

Борис Штильман
Денвер, США
октябрь, 2003

ОГЛАВЛЕНИЕ

Титульная страница книги

ПРЕДИСЛОВИЕ к переводу LG01.pdf на русский язык

ПРЕДИСЛОВИЕ

БЛАГОДАРНОСТИ

1. Введение1
.....1

1.1 Проблематика.....

.....	2
1.2 Современные	
подходы.....	4
1.3 LG с первого	
взгляда.....	9
1.4 Углублённое рассмотрение LG-	
подхода.....	13
1.5 Стратегии LG и Теория	
Игр.....	19
1.6 Три этапа развития	
LG.....	22
1.7 Этап 1: Проект	
ПИОНЕР.....	24
1.8 Этап 2: Математические	
Инструменты.....	28
1.9 Этап 3: Новейшая	
История.....	32
 2. Иерархии Формальных	
Языков.....	39
 2.1 Обзор	
Иерархии.....	39
2.2 Классы	
Задач.....	40
2.3 Различные Задачи как Сложные	
Системы.....	45
2.4 Множество Путей: Язык	
Траекторий.....	50
2.5 Расстояния на Доске и в Пространстве	
Состояний.....	52
2.6 Сети Путей: Языки	
Сетей.....	54
2.7 Представление	
Движения: Переводы.....	66
2.8 Перебор через Построение: Языки	
Переборов.....	71
2.9 Исторические	
Замечания.....	75
 3. Бой Роботов в двумерной	
Области.....	77
 3.1 Постановка	
Задачи.....	77

3.2 LG-перебор.....	7
9	
3.3 Обсуждение.....	
..88	
3.4 Исторические	
Замечания.....	89

4. Переход в трёхмерное Пространство.....91

4.1 3D/4A – Бой	
Роботов.....	91
4.2 LG-перебор в пределах недостаточного	
Горизонта.....	94
4.3 LG-перебор в пределах Горизонта	
5.....	98
4.4 Переход от 2D к 3D: Изменение Времени	
Выполнения.....	105
4.5 Исторические	
Замечания.....	106

5. Более глубокий Перебор, больше Агентов.....107

5.1 2D/8A – Воздушный	
бой.....	107
5.2 Глубокий Перебор для Воздушного	
Боя.....	112
5.3 3D/8A – Космический	
Бой.....	128
5.4 Новый Уровень Сложности: Предварительные	
Выводы.....	131
5.5 Исторические	
Замечания.....	134

6. Параллелизм, $n \times n$ Область.....137

6.1 Ослабление Последовательного Режимы: Частичный	
Параллелизм.....	137
6.2 LG-перебор для Задачи с Частичным	
Параллелизмом.....	139
6.3 Вторая Задача с Частичным	

Параллелизмом.....	143
6.4 Вторая Задача: LG- перебор.....	145
6.5 Задача с Полным Параллелизмом и $n \times n$ Областью.....	150
6.6 Задача с Полным Параллелизмом: LG- перебор.....	155
6.7 Воздействие Параллелизма.....	160
6.8 Исторические Замечания.....	162
7. Составление Расписаний: Искусственный Конфликт.....	165
7.1 Постановка Задачи.....	165
7.2 Преобразование в Игру двух игроков.....	168
7.3 Составление Расписаний: Перебор и Решение.....	172
7.4 Формальное Представление.....	174
7.5 Оценка и Реализация.....	177
7.6 Применимость LG.....	178
8. Методы Генерации.....	181
8.1 Грамматики Хомского.....	181
8.2 Управляемые Грамматики: Введение.....	183
8.3 Ханойская Башня: 3 Диска.....	184
8.4 Ханойская Башня: n Дисков.....	186
8.5 Управляемые Грамматики: Формальное Определение.....	188
8.6 Исторические Замечания.....	191
9. Язык	

Траекторий	193
9.1 Кратчайшие Траектории: Порождающая Грамматика.....	193
9.2 Генерация Кратчайших двумерных Траекторий.....	196
9.3 Генерация Кратчайших трехмерных Траекторий.....	200
9.4 Кратчайшие Траектории: Корректность и Полнота.....	204
9.5 Допустимые Траектории: Порождающая Грамматика.....	207
9.6 Обход Препятствий: Генерация Допустимых Траекторий.....	210
9.7 Допустимые Траектории: Корректность и Полнота.....	215
9.8 Траектории для Игры в Шахматы.....	219
9.9 Траектории для Составления Расписаний.....	224
9.10 Траектории для Агентов с Переменной Скоростью.....	226
9.11 Язык Траекторий: Эффективная Реализация.....	232
9.12 Исторические Замечания.....	233
10. Язык	
Зон	235
10.1 Грамматика Зон.....	235
10.2 Генерация Зон.....	238
10.3 Геометрия Зон.....	250
10.4 Зоны для Игры в Шахматы.....	253
10.5 Зоны для Составления Расписаний.....	254
10.6 Исторические Замечания.....	256
11.	
Переводы	

.259

11.1 На пути к Решению Проблемы

Отличий.....259

11.2 Теорема о

Переводах.....265

11.3 Перебор с

Переводами.....278

11.4 Переводы и

Застывание.....284

11.5 Исторические

Замечания.....286

12. Языки

Перебора.....287

12.1 Общий

Перебор.....287

12.2 Сокращённый

Перебор.....290

12.3 Грамматика

Переводов.....294

12.4 Качество Траекторий и

Зон.....297

12.5 Процедура Обхода

Дерева.....300

12.6 Исторические

Замечания.....303

13. От Перебора к

Построению.....305

13.1 Постановка

Задачи.....305

13.2 Обзор

Алгоритма.....306

13.3 Предварительные

Определения.....307

13.4 Расширение Терминальных

Множеств.....308

13.5 Структура Расширенных Терминальных

Множеств.....311

13.6 Диаграмма Пространства

Состояний.....319

13.7 Обзор Потенциальных

Стратегий.....	323
13.8 Построение Стратегий из Начального Состояния.....	330
13.9 Стратегии для Рети-подобных задач.....	335
13.10 Обсуждение.....	337
13.11 Исторические Замечания.....	339
14. Вычислительная Сложность.....	341
14.1 Время Выполнения: Традиционные Алгоритмы для Рети-подобных задач.....	341
14.2 Время Выполнения: Грамматика Кратчайших Траекторий.....	347
14.3 Время Выполнения: Грамматика Зон.....	350
14.4 Время Выполнения: Разворачивание Пучков Траекторий и клонирование Зон.....	353
14.5 Вычислительная Сложность: Рети-подобные задачи.....	357
14.6 Исторические Замечания.....	359
Взгляд в будущее.....	361
Литература.....	363
Индекс.....	377
Этюды	

ПРЕДИСЛОВИЕ

Эта книга не о лингвистике и не о геометрии. Она — о переборных задачах. Лингвистическая Геометрия (LG) — это подход к построению математических моделей для *представления знаний и логического вывода* в крупномасштабных многоагентных системах. Множество таких

систем (формально определяемых здесь как *Сложные Системы*), включая воздушный бой, роботизированное производство, конверсию программного обеспечения, кибервойну в Интернете и т.д., образуют все те системы, которые могут быть смоделированы как абстрактные настольные игры (ABG). Сложные Системы — это игры многих игроков, ходы которых могут быть представлены передвижениями абстрактных фигур по полям абстрактной доски. Размерность (пространства) абстрактной доски (2D, nD и даже его нелинейность), его форма и размер, подвижность фигур, очередность ходов (включая одновременные ходы) — всё это может быть использовано для моделирования разнообразных многоагентных систем. Таким образом, абстрактные настольные игры понимаются здесь как класс Сложных Систем. Цель LG состоит в том, чтобы обеспечить участников игры стратегиями, необходимыми для достижения их целей. Традиционно, чтобы найти такие стратегии нужно перебрать все ветви в гигантском дереве игры (ДИ). Такой перебор часто превышает (по ресурсам времени и памяти) возможности современных и даже мыслимых компьютеров будущего.

LG позволяет значительно уменьшить объём перебора, делая переборные задачи решаемыми. LG обеспечивает формализацию и обобщение эвристик перебора, заимствованных у лучших экспертов. По существу, эти эвристики заменяют перебор построением стратегий. Формализованные экспертные стратегии вполне масштабируемы, т.е. они приводят к эффективным алгоритмам для приложений, размерности которых могут быть значительно больше тех, для которых эксперты разрабатывали свои стратегии. Кроме того, эти формальные стратегии позволили в различных областях решать новые задачи, с которыми эксперты ещё не сталкивались. Удивительно то, что для некоторых классов задач эти экспертные стратегии доказуемо приводят к оптимальным решениям. Чтобы формализовать эвристики, LG использует теорию формальных языков (т.е. формальную лингвистику), а также некоторые геометрические структуры на абстрактной доске. Поскольку обе дисциплины — лингвистика и геометрия — были использованы совместно, этот подход был назван Лингвистической Геометрией.

Это *первая* книга по предмету. Я не намеревался представить здесь полную теорию LG, поскольку она ещё не закончена. Однако, эта книга включает основы теории LG.

LG имеет длинную и поучительную историю. Шахматы — дроздофила искусственного интеллекта (ИИ) — наибольшим образом способствовали созданию LG. Они и теперь остаются постоянным источником идей и движущей силой, подталкивающей развитие LG. Начавшись с компьютерных экспериментов в 1972 году, продолженных уже с развитием теоретических идей в 80-х и формально определившаяся в 1991, LG развивалась по многим направлениям. Некоторые из них основаны на строгих теоретических построениях, другие — на сложных и утонченных экспериментах. Цель этой книги состоит в том, чтобы представить читателю разнообразие подходов, идей и экспериментов. Каждая глава написана как эссе на одну тему в LG, теоретическую или экспериментальную, хотя все главы связаны вместе и поддерживают друг друга.

Глава 1 включает введение в предмет и краткую историю исследований. Глава 2 включает основные определения и обзор формализмов LG, т.е. иерархию формальных языков. Главы 3-7 охватывают несколько экспериментов с инструментами LG. Они демонстрируют, как алгоритмы LG решают задачи постепенно возрастающей сложности. Помимо интересных фактических результатов, детальное описание экспериментов предназначено развить интуитивное понимание

алгоритмов LG и их общей структуры. Вооруженный этой интуицией, читатель будет способен воспринять формальное описание инструментов LG, приведенное в главах 8-12. В главе 13 основы LG рассмотрены более глубоко. Пересматривая эксперименты из главы 3, мы вводим новое направление в LG: решение переборных задач путём построения стратегий (без какого-либо перебора на дереве). В главе 14 мы обсуждаем некоторые вопросы вычислительной сложности. В этой книге высказывается предположение, что инструменты LG позволяют выделить широкий подкласс легко решаемых задач (т.е. полиномиально сложных) среди тех, которые обычно считались трудноразрешимыми (т.е. экспоненциально сложными). Алгоритмы LG обеспечивают эффективное решение задач из этого подкласса.

Книга может использоваться как учебник для дипломированного специалиста или старшекурсника по курсу LG в течение одного-двух семестров или в качестве приложения к курсу по ИИ. Часть этого материала преподавалась в курсе *Представление Знаний для Интеллектуальных Систем* и в курсе *Сложных Интеллектуальных Систем* в Университете Колорадо в Денвере. Также, многие из тем, включенных в эту книгу, ранее преподавались в качестве отдельных лекций и кратких курсов по LG, проводимых по всему миру.

Я надеюсь, что читатель разделит мою увлечённость предметом и присоединится к армии исследователей и практиков, которые развивают теорию и приложения LG. Книга не может полностью отразить постоянное развитие LG, она вовсе не предназначена для того, чтобы стать неоспоримым "священным" источником информации по LG в течение многих десятилетий. Моё намерение состоит в том, чтобы раздвинуть границы наших знаний, вызвать интерес, послужить толчком к дальнейшим исследованиям и, тем самым, побыстрее состарить эту книгу и написать новую, которая позволит ещё больше революционизировать наше понимание предмета.

Борис Штильман,
Денвер, Колорадо, США,

E-mail: bstilman@cse.cudenver.edu

Web: <http://www.cudenver.edu/~bstilman/index.html>

Web: <http://www.stilman-strategies.com/bstilman/index.htm>

Web: <http://www.stilman-strategies.com/index.htm>

БЛАГОДАРНОСТИ

Я не смог бы написать эту книгу о Лингвистической Геометрии, если бы этому не предшествовало почти три десятилетия исследований. Это работа никогда бы не достигла нынешних высот без поддержки моего научного руководителя, моих коллег и ученых со всего

мира, агентств, финансирующих научные исследования, и вычислительных центров.

Эта книга была вдохновлена результатами долгого и плодотворного сотрудничества в 70-х и 80-х годах с профессором **Михаилом Ботвинником**, моим научным руководителем и лидером проекта ПИОНЕР. В самом начале работы он формировал мои взгляды на сложные переборные задачи. Один ученый как-то сказал, что *эта невообразимо трудная работа, возможно, началась только потому, что Ботвинник-шахматист не представлял себе трудностей программирования, в то время как Штильман-математик и программист не представлял себе трудностей игры в шахматы*. Каждый раз, когда у группы исследователей возникали серьезные проблемы в работе над проектом ПИОНЕР, доктор Ботвинник имел обыкновение говорить: *“Если человек, шахматный мастер, может это делать, то и компьютер тоже сможет это сделать”*. Он верил в существование общего алгоритма или небольшого набора общих алгоритмов, интуитивно используемых всеми шахматными мастерами и гроссмейстерами при игре в шахматы. В сущности, разработка, моделирование и обобщение этих алгоритмов и было целью проекта ПИОНЕР. Попытка разработки и исследования математической модели, основанной на этих алгоритмах — цель этой книги.

Александр Юдин, Александр Резницкий, Михаил Цфасман, Михаил Чудаков работали со мной в 70-х и 80-х годах над проектом ПИОНЕР. Мой друг и коллега, **Вадим Мирный**, с которым мы работали в 80-х, проявил глубокую научную проницательность и продвинул наши исследования и программные реализации на значительно более высокий уровень. Также, в 70-х годах неоценимая помощь в разработке программного обеспечения была оказана **Дмитрием Лозинским, Лидией Полтавец** и **Анатолием Кострюковым**.

Четверо знаменитых ученых, основателей информатики и разработки компьютеров в прежнем Советском Союзе, академик **Виктор Глушков**, профессора **Башир Рамеев, Вячеслав Мясников** и **Николай Криницкий** помогали организации работы, обеспечению финансирования и доступа к современным компьютерам в рамках проекта ПИОНЕР.

Проект ПИОНЕР и первые теоретические обобщения, связанные с созданием LG, не увенчались бы успехом без постоянной поддержки многочисленных советских ученых. Я благодарен им всем. Я хотел бы выразить признательность тем, чья решительная поддержка приходила в самые трудные времена. Это академик **Николай Красовский**, член-корреспондент, лауреат Ленинской премии **Яков Цыпкин**, члены-корреспонденты **Юрий Руденко** и **Гермоген Пospelов**, профессора **Дмитрий Пospelов, Давид Юдин, Владимир Якубович, Георгий Адельсон-Вельский, Юрий Шакарян, Гавриил Шалыт, Лев Мамиконянц** и доктор **Михаил Донской**.

Научный обмен с исследователями всего мира позволил нашей группе преодолевать изоляцию прежнего Советского Союза. Список основных участников этого сотрудничества включает профессора **Монти Ньюборна** (Monty Newborn) из Мак-Гилльского Университета, Канада; профессоров **Тони Марсланда** (Tony Marsland) и **Рэнди Гобея** (Randy Goebel) из Университета Альберты, Канада; профессора **Япа ван ден Херика** (Jaap van den Herik) из Университета Лимбурга, Нидерланды; профессора **Бена Миттмана** (Ben Mittman) из Северо-западного Университета, США; доктора **Дэвида Каландера** (David Cahlander) из CDC

Corp., США; Кена Томпсона (Ken Thompson) из Лабораторий Белла (Bell Labs), США; доктора Ханса Мойера (Hans Meuer) из Университета Мангейма, Германия; доктора Х.Дж.Аппелрата (H.J.Appelrath) из Университета Дортмунда, Германия; Дэвида Леви (David Levy) из Лондона, Великобритания.

Я особо признателен профессору Ньюборну, который пригласил меня для проведения исследований в Мак-Гилльском Университете в 1990 году. Уверен, что без этого приглашения я не смог бы продолжить исследования по LG.

В 1992 году профессор Эрвин Родин (Ervin Rodin) из Вашингтонского Университета в Сент-Луисе, Миссури, проявил интерес к дальнейшему развитию и расширению исследований по LG. В качестве главного редактора международного журнала "Компьютеры и Математика с Приложениями" (*Computers and Mathematics with Applications*), он писал: "... Я был бы очень заинтересован в публикации Ваших работ на эту тему (по LG — Б.Ш.)" (Родин, 1992). Некоторые из основных результатов, представленных в этой книге были впервые опубликованы в этом журнале. Центр профессора Родина "Оптимизация и Семантическое Управление" в Вашингтонском Университете внес вклад в успех 1-го Симпозиума по LG и Семантическому Управлению в 1995 году. В 1994, в связи с применением LG к моделированию и управлению боем, он писал: "Я знаком с работами профессора Штильмана по Лингвистической Геометрии и полагаю, что LG — это может быть наиболее заслуживающий внимания инструмент для выше названного предмета (интеллектуальное планирование и управление боем — Б.Ш.)" (Родин, 1994).

В 1993 году доктор Раймонд Луззана (Raymond Lauzzana), главный редактор международного журнала "Языки Проектирования" (*Languages of Design*) заинтересовался расширением круга специалистов знакомых с возможностями LG. Он приложил значительные личные усилия, осуществлял руководство и поддержку при переработке мною статей по LG для публикации в его журнале, чтобы сделать LG доступной для самого широкого круга специалистов. Он писал: "... Я хотел бы сказать, что доктор Штильман продемонстрировал увлекательный, впечатляющий новизной подход к научным исследованиям. Ему удалось превратить свои исследования по моделированию игр двух игроков в разработку общей модели иерархических систем. Это значительно расширило применимость его работ по LG... Я лично высоко оцениваю строгость, с которой он подошёл к предмету. Я уверен, что его работа окажет существенное влияние в будущем" (Луззана, 1993).

Джим Раш (Jim Rash), ученый из Центра Космических Полётов им. Годдарда (NASA), Гринбелт, MD, оказал поддержку, стимулировал и поощрял дальнейшее развитие LG. В качестве приглашённого редактора специального выпуска международного журнала "Телематика и Информатика" (*Telematics and Informatics*), включающего лучшие статьи Конференции по Космическим Приложениям ИИ 1994 года, он упомянул мою статью "Эвристические Сети для Исследования Космоса" (1994с), "... как пример особенно увлекательного приложения ИИ... Эта статья представляет Лингвистическую Геометрию как эффективный метод для поиска решений в больших пространствах состояний для классов задач, которые известны как особенно трудные, и применяет LG к задаче автономного планирования навигацией робота" (Раш, 1994).

Я благодарен профессору **Алексу Майстелу** (Alex Meystel) из Дрексельского (Drexel) Университета, за его конструктивный интерес к LG и постоянную поддержку. Как главный редактор серии книг по Интеллектуальным Системам, публикуемых издательством Вайли (*Wile Series in Intelligent Systems*), он не только поощрял меня к быстрому завершению работы над этой книгой, когда я находился ещё в самом начале работы над ней, но даже убеждал написать новую книгу по LG, возможно, с другим акцентом. Профессор Майстел писал: “... Я ожидаю, что многочисленные новые результаты по LG будут включены в Инженерию Знаний ИИ. Любое дальнейшее продвижение в области ИИ невозможно себе представить без использования концептуальных систем подобных Лингвистической Геометрии” (Майстел, 1998).

Схему этой книги мне неявно подсказал профессор **Норман Фу** (Norman Foo) из Университета Нового Южного Уэльса, Сидней, Австралия, который писал: “Не может быть никакой панацеи для методов перебора, поскольку доказано, что в худшем случае перебор экспоненциально сложен или даже ещё сложнее. Так, для любой идеи перебора найдутся такие классы задач, в которых она потерпит поражение. Однако вполне возможно, что существуют большие подклассы задач, которые могут быть хорошо описаны и окажутся поддающимися эффективной атаке. Это как раз то место, где идеи Бориса в области Лингвистической Геометрии представляют интерес. Он по существу нашел интересный и полезный подкласс, для которого его идеи и представления обещают эффективные решения. Это — значительный вклад в область ИИ” (Фу, 1996).

Когда работа над этой книгой была почти закончена, я узнал о следующем заявлении профессора **Джона Маккарти** (John McCarthy) из Стэнфордского Университета. В своих комментариях о решении шахматного этюда **Рети** компьютерами он писал: “Обратите внимание, что идея Рети может быть реализована на доске размером 100x100, и люди всё ещё смогут решать эту задачу, но современные программы (традиционные, т.е. работающие по методу “**брут форс**” — Б.Ш.) уже не смогут... Шахматы по-прежнему будут служить дроздофилой для ИИ, если исследователи попробуют создать программу, которая сможет решать задачи на доске произвольного размера. Однако, ИИ не будет продвигаться к человеческому уровню, если исследователи ИИ удовлетворятся методом “**брут форс**” как заменой интеллекта... Будет ли кто-нибудь серьёзно утверждать, что компьютер не сможет решить этюд Рети методом, отличным от “**брут форс**”?” (Маккарти, 1998). Конечно, LG была разработана независимо и за длительный период времени. Однако, удивительно, что исследования по LG вдохновлялись аналогичными идеями.

LG значительно обогатилась при использовании уникальной экспертизы двух учёных, моих друзей доктора **Владимира Яхниса** (Vlad Yakhnis) из Научного Центра фирмы Рокуэлл (*Rockwell Science Center*), СА и доктора **Александра Яхниса** (Alex Yakhnis) из фирмы Пионерские Технологии (*Pioneer Technologies*), ТХ. Они внесли существенный вклад в построение выигрышных стратегий для игр двух игроков с полной информацией. Их работа повлияла на определение абстрактных настольных игр, используемых в LG. Я пользуюсь случаем, чтобы выразить особую благодарность доктору Владимиру Яхнису, который способствовал перестройке оснований LG. Я высоко оцениваю рецензию предварительного варианта этой книги, подготовленную доктором Александром Яхнисом, и, особенно, его конструктивные комментарии.

Я благодарю моего студента **Дэвида Нокса** (David Knox), который прочитал черновик этой

книги, за его ценные комментарии и за высказывание, что эта книга — ...всё же читабельна.

Я пользуюсь случаем поблагодарить моего друга профессора [Тома Альтмана](#) (Tom Altman) из Университета Колорадо в Денвере, вдохновляющие идеи и практические советы которого помогли мне значительно продвинуть теорию и приложения LG. Очень важно иметь друга, на которого Вы могли бы положиться в самых трудных ситуациях на работе и в жизни.

Я благодарен моему сыну [Мише](#), в настоящее время студенту 1-го курса Стэнфордского Университета, который внёс вклад в развитие LG для агентов с переменной скоростью и разработал удивительную обложку для этой книги.

Ещё один человек, которого я хотел бы поблагодарить — это [Гарри Фолвен](#) (Gary Folven), мой издатель. Его энтузиазм в связи с изданием этой книги и невероятное терпение помогли мне успешно закончить эту работу.

В этом кратком обзоре невозможно перечислить всех, кто внёс вклад в развитие LG. Я хотел бы выразить мою благодарность многочисленным исследователям, инженерам и студентам, интерес и усилия которых помогли прояснить и развить различные аспекты LG.

В СССР эти исследования поддерживались грантами от Государственного Комитета по Науке и Технике (ГКНТ) и от Министерства Энергетики (МинЭнерго). Доступ к наиболее современным компьютерам был обеспечен Вычислительным Центром Госплана СССР (ГВЦ Госплана), Всесоюзным Научно-Техническим Информационным Центром (ВНТИЦ) и Вычислительным Центром Коллективного Пользования "Здравоохранение" при Правительстве Москвы (ВЦКП "Здравоохранение"). Много лет дружественная атмосфера интереса и поддержки Всесоюзного Научно-Исследовательского Института Электроэнергетики (ВНИИЭ) помогала мне в развитии LG.

В Канаде и затем в США эти исследования на различных этапах поддерживались Национальным Научно-Исследовательским Советом Канады (NSERC) и Мак-Гильским Университетом, Канада, Офисом Научных Исследований ВВС США (AFOSR), Летней Профессорской Стипендией Лаборатории Военно-Воздушных Сил им. Филиппа ([Air Force Phillips Laboratory](#)), грантами от Министерства Энергетики через Сандийскую Национальную Лабораторию ([Sandia National Laboratories](#)), а также Исследовательскими Стипендиями Университета Колорадо в Денвере.

В настоящее время, эти исследования поддерживаются значительным грантом от Агентства Перспективных Исследований Министерства Обороны США ([Defense Advanced Research Projects Agency](#) — DARPA).

1 ВВЕДЕНИЕ

Лингвистическая Геометрия (LG) включает синтаксические инструменты для *представления знаний* и *логического вывода* в многоагентных системах, путём моделирования их как абстрактные настольные игры. Инструменты LG позволяют оценить вычислительную сложность и точность решений, а также сгенерировать компьютерные программы для определенных проблемных областей. LG позволяет нам выявить внутренние, скрытые свойства эвристик человека-эксперта, которые продемонстрировали успех в некотором классе игр. Этот подход даёт возможность переносить формальные утверждения и конструкции от одной задачи к другой, т.е. повторно использовать инструменты в новой проблемной области. В некотором смысле, подход на основе LG — это применение метода шахматного эксперта к управлению навигацией робота или календарному планированию ремонтов и наоборот.

Что мы знаем о методах шахматного эксперта? Конечно, компьютер — это совершенный инструмент для распознавания и моделирования таких методов. История компьютерных шахмат началась со статьи профессора Клода Шеннона (1950), в которой он предложил общую схему для последующих разработок. Используя, главным образом, поиск решения по методу полного перебора (англ. "брут форс" — грубая сила), т.е. полагаясь, в конечном счёте, на быстрое действие компьютеров, шахматные программы постепенно улучшили свой уровень игры (Ньюборн, 1996). В середине 90-х годов, они достигли уровня гроссмейстера. После исторического события в мае 1997 года, когда Дип Блю (Deep Blue — компьютерная шахматная система фирмы IBM) победила чемпиона мира по шахматам Гарри Каспарова, компьютерные шахматы потеряли свою захватывающую привлекательность. В июне 1997 года, профессор Джон Маккарти писал: "В 1965 году российский математик Александр Кронрод сказал, что "шахматы — дроздофила ИИ". Однако компьютерные шахматы разрабатывались так, как могло бы случиться с генетикой, если бы усилия учёных концентрировались, начиная с 1910 года, только на выведении быстрой дрозофилы. Но тогда мы всё же имели бы немного науки, хотя главным образом, мы получили бы очень быстрых плодовых мушек" (Маккарти, 1997).

Все самые большие успехи в компьютерных шахматах, включая триумф Дип Блю, были связаны с методом решения "брут форс". Сможем ли мы использовать какие-либо из этих результатов для решения других задач, особенно для задач, имеющих намного большую размерность? Вряд ли. Даже на суперкомпьютерах будущего, мы не сможем решать такие задачи по методу "брут форс". Метод гроссмейстера (т.е. почти без перебора ходов) пока ещё не раскрыт. После события 1997 года стало яснее, чем когда-либо прежде, что шахматы предназначены быть научной дрозофилой ИИ, а не только тестом для проверки скорости компьютеров (Маккарти, 1990, 1997).

Однако, не все исследования в компьютерных шахматах проводились в направлении поиска решений по методу "брут форс". В 70-х и 80-х годах в Москве (Россия) разрабатывался проект ПИОНЕР во главе с экс-чемпионом мира по шахматам профессором Михаилом Ботвинником. В своей книге (1984) Ботвинник писал, что метод решения "брут форс" "едва ли способен к дальнейшему прогрессу. Настала очередь принять компьютеру более плодотворный метод, возможно, ПИОНЕР. И, если ПИОНЕР неудачен, то мы должны быть уверены, что другой метод всё же будет найден. Задача должна быть и будет решена".

LG — прямой преемник проекта ПИОНЕР. Дрозофила ИИ "летит через эту

книгу, оплодотворяя различные эксперименты и генерируя новые идеи”.

Среди других примеров в этой книге мы рассматриваем ряд задач моделирования боя. Это — Рети-подобные задачи, т.е. обобщения знаменитого этюда Рети (Ботвинник, 1979, 1984). Здесь они — называются задачами 2D/4A, 3D/4A, с частично и полностью параллельным моделированием боя. Эти задачи достаточно просты, чтобы использоваться для демонстрации LG-подхода. С другой стороны, они всё-таки не тривиальны и требуют существенного перебора, если их решать с использованием традиционных подходов. Важно общее понимание того, что Рети-подобные задачи являются P-SPACE-полными или, по крайней мере, относятся к группе (или подклассу), так называемых, NP-сложных задач, т.е. таких, для которых не существует алгоритмов, приводящих к решению за полиномиальное время (Гэри и Джонсон, 1991).

Инструменты LG позволяют нам решать задачи из этого подкласса и многие другие задачи, используя алгоритмы полиномиальной сложности. Поэтому можно предположить, что Рети-подобные задачи являются представителями более широкого класса задач с низкой (полиномиальной) вычислительной сложностью (т.е. их можно рассматривать и как новый подкласс в группе P-TIME задач). Вероятно, многие важные задачи из реальной жизни, рассмотренные ниже, входят в этот подкласс (Рети-подобных задач).

Различают классы задач полиномиальной сложности по времени:

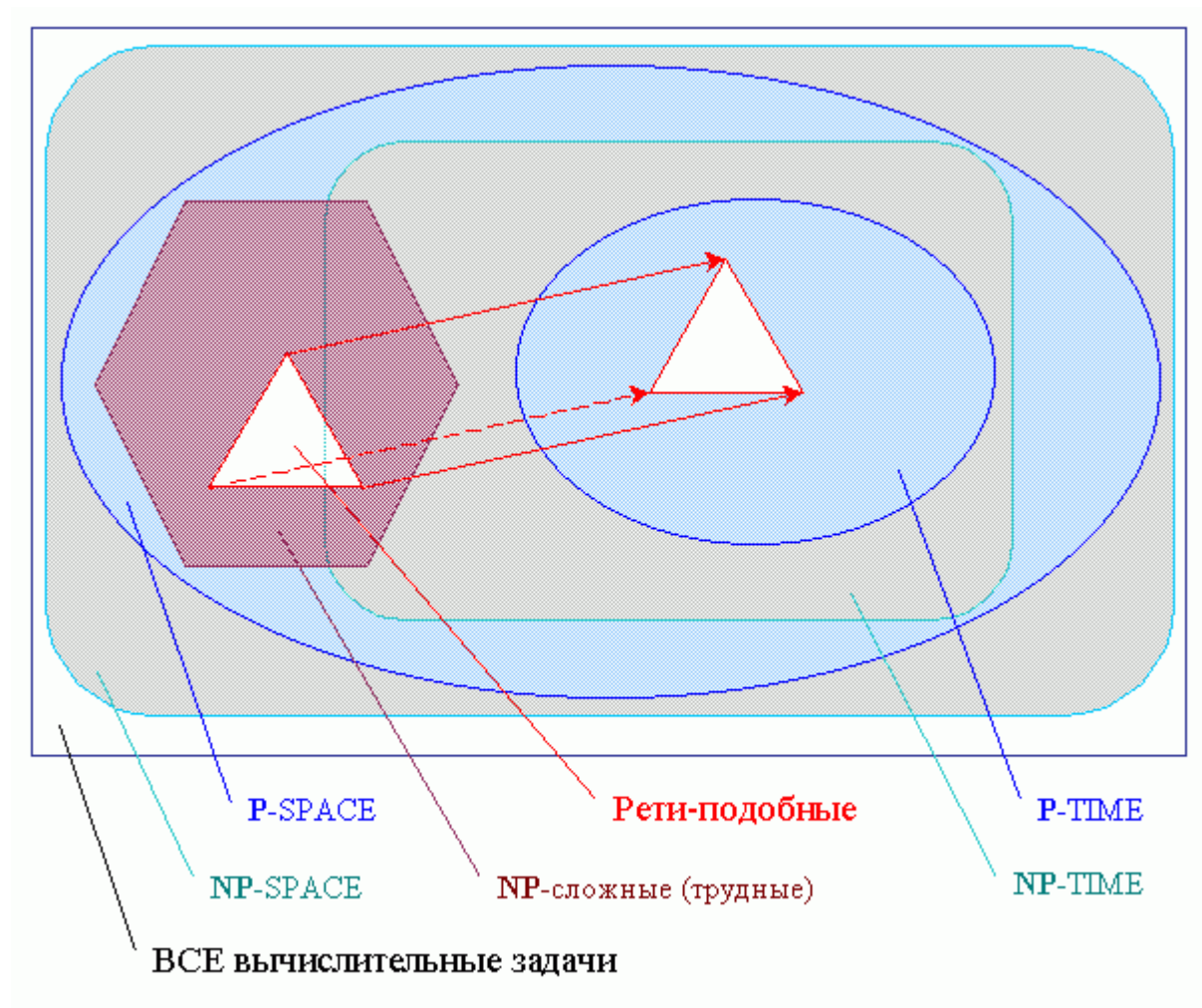
$$\mathbf{P-TIME} \subseteq \mathbf{NP-TIME}, \mathbf{NP-полные} = \mathbf{NP-сложные} \cap \mathbf{NP-TIME}$$

и по требуемой памяти:

$$\mathbf{NP-сложные} \subseteq \mathbf{P-SPACE} \subseteq \mathbf{NP-SPACE},$$

где P-детерминированная полиномиальная сложность, а NP-недетерминированная полиномиальная сложность.

Упрощённая классификация задач по вычислительной сложности.



1.1 Проблематика

Разработка новых технологий необходима для моделирования различных параллельных многоагентных систем типа операций наземного и воздушного боя, отслеживания и возможного перехвата ракет и спутников, разведывательных операций наблюдения и т.д. Беспилотные самолеты или танки могут участвовать в разведывательных миссиях или в полномасштабной боевой операции. Подобные отряды интеллектуальных транспортных средств могут участвовать и на стороне противника. Управление этими действиями требует постоянной адаптации к промежуточным результатам и динамическому пересчёту в режиме реального времени.

Ещё один пример — это задача управления в режиме реального времени воздушным боем, в котором группа самолётов (пилотируемых или беспилотных), оснащённых защитными средствами, уклоняется от группы преследователей, оснащённых ракетами. Другой пример — это задача оптимального управления беспилотными самолётами (UAV), которые барражируют в разведывательном полёте, чтобы определить местонахождение подвижных пусковых установок ракет. Фактические точки запуска ракет обычно обнаруживаются датчиками при помощи спутника. UAV используются для того, чтобы, зная координаты этих точек, найти подвижные установки и, по возможности, уничтожить их. В сценарии из реальной жизни управление UAV

нужно рассматривать вместе с воздушным боем, когда UAV уклоняются от преследующих их самолетов врага и, в свою очередь, продолжают поиск подвижных пусковых установок противника. Подобные задачи генерации и перепланирования боевых сценариев в режиме реального времени существенны также для морских и наземных операций.

Традиционные модели боевых операций могут быть вычисляемы и даже могут иногда иметь аналитические решения в простых случаях. Однако, в реальных ситуациях при использовании традиционных подходов эти задачи в вычислительном отношении неразрешимы.

Задачи моделирования космического боя, в общем-то, подобны другим задачам боевого моделирования. Однако, астродинамика космического корабля делает эти задачи значительно более сложными. Другой фактор — автономность транспортного средства. В то время как автономность наземных, морских и воздушных транспортных средств очень желательна, она просто необходима для космического корабля, особенно если он далеко от Земли. Моделирование и управление боем двух-трёх космических кораблей требует огромного количества вычислений. Задачи с ещё большим числом транспортных средств в вычислительном отношении неразрешимы (Шинар, 1990; Гарсия-Ортиз и др., 1993).

Другой класс задач связан с организацией работы интеллектуальных автоматов в индустриальной среде. Группы роботов перемещаются по заводу, комплектуют сборочные детали, подают их на сборочный конвейер и собирают изделие. В результате намеренно локализованного управления, роботы сотрудничают только в пределах своих групп. Различные группы конкурируют друг с другом за общие ресурсы, включая детали, пути движения, очередность сборки и т.д. Планирование этих действий требует огромного количества вычислений при использовании традиционных подходов.

Задачи конверсии программного обеспечения (ПО) требуют преобразования неструктурированных программ в объектно-ориентированное ПО, причём, иногда требуется, чтобы конечный результат такого преобразования был доказуемо правильной программой. Цель этой конверсии состоит в преобразовании неструктурированного оригинала, так называемого наследуемого ПО, в изделие, которое можно сопровождать (т.е. вносить в него изменения) в течение его жизненного цикла. Этот класс задач может быть сведен к задачам преобразования графа, где первоначальный граф представляет ПО, которое нужно конвертировать. Как правило, для этого используются системы переделки графов (graph-rewriting systems). В то время как ПО небольшого размера конвертируемо, попытка перейти к конверсии реального полномасштабного ПО сталкиваются с непреодолимыми вычислительными трудностями.

Задачи безопасности и целостности компьютерных сетей и проблемы кибервойны в Интернете недавно привлекли всеобщее внимание. Вопрос состоит в том, как защитить национальную компьютерную сеть от нападения миллиардов компьютерных вирусов и червей? Какие узлы и даже ветви должны быть отключены ("пожертвованы"), какие из них следует заново подключить ("оживить") путём активизации дубликатов, какие контрмеры должны быть приняты? Традиционный ответ на эту угрозу — локальная защита. Очевидно, что количество вычислений, необходимых для генерации стратегии для глобальной защиты делает эту задачу неразрешимой.

Задачи составления расписаний с распределением ресурсов встречаются повсюду. Они включают составление графика различных операций в индустриальной среде в соответствии с очередью заявок и доставку требуемых ресурсов по месту конкретной операции. Обычно, не все заявки могут быть удовлетворены из-за нехватки ресурсов, в то время как число заявок может достигать тысяч. Как выделить самые важные заявки, чтобы получить лучший график? Одна из таких задач — это задача составления графика ремонтов генерирующего оборудования электростанций. Вывод генератора в ремонт требует, чтобы он был остановлен и, следовательно, необходимо компенсировать потерю его мощности из запасов мощности на других электростанциях. Подобные задачи, как известно, в общем случае в вычислительном отношении неразрешимы (Гэри и Джонсон, 1991).

Программирование игры в шахматы — это вовсе не обязательно важная для практики, но конечно стимулирующая и трудная задача. Она особенно привлекательна потому, что в отличие от многих других задач в шахматах истинные эксперты действительно существуют — это гроссмейстеры и шахматные чемпионы. Некоторые из них способны к анализу путём самонаблюдения и сравнения своего видения с компьютерными моделями игры. Это даёт нам шанс на успешное распознавание и формализацию их подхода с возможным его использованием в других проблемных областях.

1.2 Современные Подходы

Задачи планирования ближних и дальних миссий, особенно для автономной навигации, управления космическим роботом (типа UAV), управления операциями космического боя, глобальной и локальной разведки и т.д. обычно описываются математически в форме дифференциальных игр уклонения от преследования. Классический подход, основанный на традиционной теории *Дифференциальных Игр* (Айзекс, 1965) недостаточен, особенно в случае динамических, многоагентных моделей (Лиров, Родин и др., 1988; Гарсия-Ортиз и др., 1993). Известно, что при классическом подходе существует небольшое количество дифференциальных игр, для которых построены точные аналитические решения. Есть ещё несколько классов дифференциальных игр, для которых численные решения могут быть получены за разумное время при весьма ограничивающих условиях. Однако каждая из этих игр должна быть типа "один против одного", что, естественно, далеко от реальных боевых сценариев. Кроме того, эти игры являются играми с "нулевой суммой", что не позволяют новому агенту "войти" в игру или некоторым агентам обеих сторон быть исключёнными. Другие трудности связаны с потребностью в трёхмерном (пространственном) моделировании с ограничениями на время жизни агентов или с одновременным участием разнотипных агентов, например, поверхностных, подводных или космических транспортных средств.

Следуя профессору Родину (Родин и др., 1987, 1988; Родин, 1988; Шинар, 1990) — это может быть реализовано с помощью дискретно-событийного моделирования Сложных Систем управления. Эти методы могут быть основаны на генерации состояний, имеющих геометрический смысл. Конечное дерево игры (ДИ) может быть получено путём дискретизации времени. Узлы дерева будут представлять состояния игры, в которых игроки смогут выбирать своё управление для

каждого временного интервала. Также, можно будет определить ходы, соответствующие противоборствующим сторонам (включая одновременные действия). Таким образом, ветви дерева будут представлять последовательности ходов в пространстве игры, а сами задачи могли бы рассматриваться как проблемы планирования в ИИ. Главная трудность — комбинаторный взрыв дерева перебора (ДП). Согласно (Лиров, Родин и др., 1988) "...в случае игры с двумя самолетами задача оптимального выбора не является слишком трудной, так что исчерпывающий перебор в поисках лучшей модели может быть выполнен за разумное время. Однако проблема перебора начинает вызывать особое беспокойство, если вдруг все самолёты примут участие в игре одновременно или, в более сложном примере, когда другие объекты, например препятствия, могут быть введены в игру в будущем".

Как бороться с комбинаторным взрывом? Можем ли мы уменьшить среднее число альтернатив, которые рассматриваются в каждом состоянии (позиции), в конечном счёте, доведя их до одной альтернативы? Идеальным был бы алгоритм, способный найти решение вообще без перебора на дереве ходов.

Пусть коэффициент ветвления **B** — параметр, представляющий *среднюю ширину* ДП в каждом узле. Он показывает, сколько ветвей (ходов) в среднем должно выходить из каждого узла ДП. Например, в шахматных программах, использующих алгоритмы перебора по методу "брут форс", в каждом узле рассматриваются все возможные ходы (т.е. разрешённые в позиции шахматными правилами). Это означает, что мы должны генерировать ДП с числом узлов **T**, которое может быть рассчитано по формуле (1.2.1). В этом уравнении **B** — среднее число ходов из каждой позиции, **L** — глубина перебора (предполагается, что все ветви усечены до глубины **L**) и **T** — общее количество построенных позиций (узлов). Вычисление **B** основано на рассмотрении *гипотетического* ДП с *глубиной* всех ветвей равной **L**, *общим количеством узлов* равным **T** при *постоянном* числе потомков у каждого узла.

По определению (Нильсон, 1980; Рич и Найт, 1991) это постоянное число равно коэффициенту эффективного ветвления **B** и определяется как решение уравнения (1.2.1) для заданных **L** и **T** относительно **B**. Большие значения **B** соответствуют неизбирательному перебору. Очевидно, что большое значение **B** указывает на рост ДП по экспоненциальному закону с большим основанием степени. Алгоритмы, которые уменьшают **B**, особенно те алгоритмы, которые делают **B** близким к 1, нужно рассматривать как наилучшие, направленные "прямо" к цели, с минимальным ветвлением в других направлениях.

Используя уравнение (1.2.1) для значения **T** — общего количества узлов, которые фактически построены в процессе перебора и значение **L** — требуемой глубины перебора, мы можем вычислить коэффициент ветвления **B** для произвольного переборного алгоритма. Коэффициент эффективного ветвления **B** можно найти как аппроксимацию решения уравнения (1.2.2) относительно **B**. Это нелинейное уравнение и его можно решить различными методами, включая метод проб и ошибок.

$$B + B^2 + \dots + B^L = T \quad (1.2.1)$$

или

$$\frac{B^{L+1} - 1}{B - 1} = T. \quad (1.2.2)$$

Для уменьшения коэффициента ветвления были разработаны различные переборные алгоритмы типа *динамического программирования* и метода *ветвей и границ*. Для антагонистических игр двух игроков (типа шахмат) самые популярные алгоритмы — это различные алгоритмы перебора с формальным *альфа-бета отсечением* (Нильсон, 1980; Рич и Найт, 1991). Они реализованы в самых сильных шахматных программах, включая действующих и экс-чемпионов мира по компьютерным шахматам. Было доказано, что в лучшем случае алгоритм альфа-бета перебора может уменьшить число терминальных узлов в дереве перебора следующим образом (Слэйгл и Диксон, 1969; Кнут и Мур, 1975):

$$2B^{L/2} - 1, \text{ если } L \text{ — чётно,}$$

$$B^{(L+1)/2} + B^{(L-1)/2} - 1, \text{ если } L \text{ — нечётно.}$$

Это число узлов должно быть просмотрено в любом случае, даже при оптимальном упорядочении ходов. Все различные модификации альфа-бета перебора не могут улучшить этот результат (Кэйндл, 1990). Однако, при альфа-бета переборе число узлов ДП растёт всё ещё по экспоненциальному закону, хотя и с меньшим основанием. Теоретически при альфа-бета отсечении на ДП можно удвоить глубину перебора (за то же самое время счёта), если оптимально упорядочить ходы в узлах ДП. Это упорядочение приводит к уменьшению коэффициента ветвления примерно до $\sqrt{B}$. В этой книге мы используем $\sqrt{B}$, как значение *уменьшенного коэффициента ветвления*, в нашем сравнении результатов альфа-бета перебора, получаемых в самом благоприятном случае, с результатами применения средств LG.

Предположим, что произвольная шахматная позиция в среднем содержит примерно 40 ходов по правилам, тогда альфа-бета отсечение может уменьшить это число примерно до 6 ($\approx \sqrt{40}$). Однако мы всё ещё имеем рост по экспоненциальному закону с *очень большим основанием степени* $B=6$ (т.е. коэффициентом ветвления). В результате, шахматные задачи, которые требуют глубокого перебора, например до глубины $L=20$ или больше ходов, требуют и огромного количества времени для получения решения. Даже специализированная программно-аппаратная система *Дип Блю* не способна преодолеть это препятствие (Хсу и др., 1990; Ньюборн, 1996, 1997). Эта массово-параллельная система из шахматных чипов специального назначения со скоростью вычислений до двухсот миллионов позиций в секунду не способна противостоять росту ДП по экспоненциальному закону с большим коэффициентом ветвления. В задачах из реальной жизни число альтернатив намного больше 40, в то время как требуемая глубина перебора может превышать сотни ходов. Даже суперкомпьютеры будущего не смогут произвести такое количество вычислений при использовании традиционных процедур перебора по методу "*брут форс*".

Один из основных подходов к сокращению перебора — это метод уменьшения размерности Сложной Системы путём её декомпозиции на меньшие подсистемы, используемый *экспертами в различных областях*. Процесс декомпозиции может быть применён рекурсивно, пока мы не получим группу базовых подзадач, которые можно рассматривать (в некотором смысле) независимо друг от друга. Всё это сродни планированию в присутствии подцелей, макрооператоров и абстракций

(Корф, 1987; Тэйт, Хендлер и Драммонд, 1990). На каждом уровне декомпозиции мы можем применять *абстракцию*, т.е. первоначально игнорировать детали низкого уровня и сконцентрироваться на существенных особенностях задачи, а к деталям мы сможем вернуться позже. В некотором смысле, эксперты обычно устанавливают подцели (и достигают их), потому что они знают какую последовательность операторов (т.е. макрооператор) применить, чтобы дойти до следующей подцели. Идея абстракции при решении задач человеком была указана в работе (Пойа, 1945), позже она использовалась в версии Универсального Решателя Задач (GPS), предназначенной для планирования (Ньюэлл и Саймон, 1972). С тех пор подобные идеи были применены во многих системах в рамках формальных теорий линейного и нелинейного планирования (например, Сакердоти, 1974, 1975; Штефик, 1981; Чэпман, 1987; Кноблок, 1990; Георгов, 1990; Мак-Аллистер и Розенблит, 1991) или в рамках других подходов (Месарович и Такахара, 1989; Эльбас, 1991).

Реальные Сложные Системы обычно включают динамические процессы, которые не подконтрольны одиночному агенту. Решатель задач должен учитывать действия, неподконтрольные данному агенту, которые могут производиться *последовательно* или *параллельно* с его действиями. Различные теории планирования для многоагентных систем были предложены в работах (Аллен, 1984; Георгов, 1983, 1990; Мак-Дермот, 1985; Пелевин и Аллен, 1986). В частности, можно рассмотреть обобщённый тип события как множество последовательностей состояний, представляющее все варианты появления этого события во всех возможных *ситуациях*, которые могли бы включать и параллельные действия многих агентов. Один из возможных подходов — это аппроксимация параллельных действий с использованием *взаимного чередования* (одновременных ходов) или *интерливинг-приближения* (Георгов, 1983; Педнаулт, 1987). Мы используем аналогичное приближение в наших примерах в главах 3, 4, 5 и 6. Конечно, в рамках этого подхода нельзя моделировать одновременные события; для этого мы вводим *истинный параллелизм* (Штильман, 1995d, 1997a; Сков и Штильман, 1997, 1998a, 1998b; и глава 6).

Помимо множества специфических проблем, включая неопределённость, свойственную принятию решений для данного агента из-за одновременных действий других агентов, для одноагентных систем всё же остаётся основная проблема планирования, которая ещё и значительно усиливается при многих агентах. Это проблема комбинаторного взрыва пространства перебора. Представление параллелизма в виде ходов, включающих все одновременно допустимые комбинации действий, приводит к огромному росту коэффициента ветвления и, следовательно, к росту пространства перебора (главы 6, 13 и 14).

Ни один из традиционных подходов к задачам, которые рассмотрены в разд. 1.1, не может быть масштабирован (для применения в реальных параллельных системах) по отношению к числу агентов, динамическому изменению их возможностей, их величины и формы, размерности их операционной области, к их параллельным действиям, к требованиям режима реального времени и т.д. Одна из главных трудностей — это огромная сложность вычислений из-за экспоненциального роста числа вариантов, которые должны быть проанализированы. К счастью, есть много проблемных областей, в которых способности экспертов к логическому выводу в многоагентных Сложных Системах несравненно сильнее, чем уровень современных компьютерных систем (если мы

ведём речь о сокращении сложности). Хотя и нет никаких гроссмейстеров в боевом моделировании или в управлении навигацией робота, но в шахматной игре гроссмейстеры достигли удивительных результатов в сокращении перебора. Наша *цель состоит в том, чтобы изучить методы эксперта при принятии решений в областях, где они приводят к успеху, чтобы обнаружить причины этого успеха, формализовать их и затем применить эти формализмы к новым, пока еще нерешённым задачам.*

Как уже говорилось, одна из главных эвристик перебора, используемых экспертами, связана с декомпозицией системы на подсистемы. Декомпозиция была осуществлена для многих классов задач с различными результатами. Реализации, основанные на формальных теориях линейного и нелинейного планирования, сталкиваются с проблемами эффективности. Эффективный планировщик требует интенсивного использования эвристических знаний. С другой стороны, чисто эвристическая реализация специфична для одной области, едва ли может быть воспроизведена в других проблемных областях. Каждая новая задача требует тщательного изучения, а предыдущий опыт обычно не может быть использован. Существует ли общий конструктивный подход для выхода из этого тупика? Каковы формальные свойства экспертных эвристик, которые привели нас к успешной иерархии подсистем в данной задаче? Как применить те же самые идеи в другой проблемной области?

Нам потребуются формально-языковые средства для адекватного представления навыков экспертов. Применение таких средств в области, где эксперты уже достигли успешных результатов, должно привести к разработке формальных знаний, независимых от проблемной области, которые можно будет применить в других областях. Ни естественные языки, ни языки программирования не удовлетворяют этой цели. Первые — неформальны и неоднозначны, в то время как вторые — обычно чересчур детализированы средствами низкого уровня. Мы должны понять, как формально представить, сгенерировать и исследовать математическую модель, основанную на абстрактных образах, извлекаемых из видения задачи экспертом.

1.3 LG с первого взгляда

Лингвистическая Геометрия (LG) включает синтаксические инструменты для *представления знаний и логического вывода* в многоагентных Сложных Системах. LG была разработана как общий подход для некоторого класса Сложных Систем. Этот подход предоставляет мощные инструменты для сокращения перебора в различных задачах путём декомпозиции Сложной Системы в динамическую иерархию взаимодействующих подсистем. LG позволяет изучать эту иерархию формально, исследуя её общие и специфические свойства. LG-инструменты предоставляют *методику* для *оценки* сложности и точности решений, а также для разработки компьютерных программ — приложений LG к различным прикладным областям.

Цель LG состоит в том, чтобы решать разнообразные задачи с огромными пространствами состояний при условии, что мы ищем "по возможности оптимальное или лучшее" поведение агентов, которые генерируют целенаправленные переходы из одного состояния в другое. К таким задачам относятся сотрудничество или противоборство команд интеллектуальных (или управляемых человеком) роботов (т.е. сухопутных или морских транспортных средств, самолётов или

космических кораблей); критичные к безопасности системы управления удалёнными автоматическими объектами, подобные тем, что используются для исследования других планет; проектирование VLSI; долгосрочное планирование, составление расписаний и распределение ресурсов; шахматы и т.д. Традиционно, поиск оптимального или почти оптимального поведения объектов для вышеупомянутых систем требует полного перебора ветвей в гигантском дереве перебора (ДП). Такой перебор часто превышает (по ресурсам времени и памяти) возможности современных и даже мыслимых компьютеров будущего. LG-подход существенно уменьшает размер ДП, делая задачи решаемыми. Хотя дискретность заложена в природе LG, этот подход может быть применён и к управлению непрерывными процессами, которые описываются обыкновенными дифференциальными уравнениями или уравнениями в частных производных после их дискретизации.

Одна из уникальных особенностей подхода на основе LG — это формализация и использование эвристик перебора, разработанных высоко квалифицированными экспертами (включая шахматных гроссмейстеров). Эти эксперты разработали сложные, но очень удачные стратегии, приводящие к значительному сокращению перебора в соответствующих областях. Однако, до публикации этой работы эвристические методы и интуиция экспертов, связанных с переборными задачами, были непонятны ни специалистам по ИИ, ни самим экспертам. Основываясь на теории формальных языков, геометрическом подходе и мощном аппарате современной формальной логики, мы формализовали и обобщили экспертные эвристики, сделав их применимыми к обширному классу задач. До появления LG большинство задач этого класса, как полагали сами эксперты, не находилось в областях применимости их эвристик.

Результаты сравнения LG-подхода с другими методами приведены на рис.1.1. Показаны три различных ДП. Верхний треугольник обозначает дерево, которое будет построено при использовании перебора по методу "брут форс". Ширина этого дерева отражает высокий коэффициент ветвления. Однако, поскольку время ограничено, все ветви должны быть прерваны на небольшой глубине (например, на одной и той же). Дерево, построенное с применением алгоритма альфа-бета перебора, является более глубоким и более узким. Это — результат отсечений, которые позволяют уменьшить коэффициент ветвления и строить более глубокие ветви за то же самое время. Доказано, что оптимальная ветвь не будет отсечена, она будет той же, как в случае перебора по методу "брут форс" с такой же самой глубиной (Кнут и Мур, 1975). Однако, даже в этом случае рост перебора по экспоненциальному закону с большим основанием степени (коэффициентом ветвления) не позволяет нам решать большинство задач из реальной жизни. Третье, очень узкое и глубокое дерево отражает то, что при переборе на основе LG коэффициент ветвления равен точно 1 или близок к 1. Было также доказано, что для некоторого класса задач LG-алгоритм — это оптимальная (выигрышная или ничейная) стратегия (глава 13).

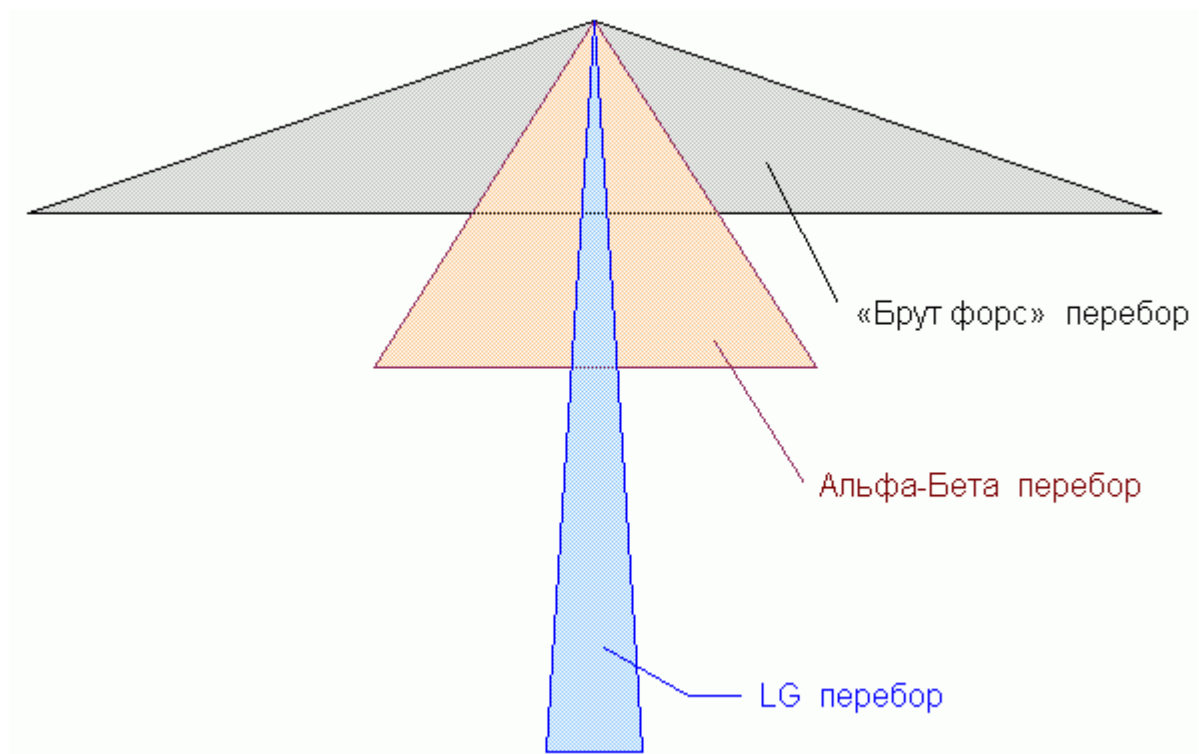


Рис.1.1 Сравнение деревьев перебора для трёх типов перебора за одинаковое время вычислений.

Подход на основе LG применим к параллельным многоагентным системам. Что это за агенты? Введём агентов двух типов. Агенты высшего уровня — это суперагенты, способные к действию посредством некоторого числа подвижных объектов, т.н. локальных агентов. Окружающая среда может оказывать существенное воздействие на движение агентов. Одни пункты операционной области могут быть достижимы за некоторое число ходов, другие могут быть вовсе не достижимы. Рассмотрим системы с двумя суперагентами, которые действуют друг против друга. Они называются противоположными сторонами. Обычно эти суперагенты преследуют противоположные цели. Каждый из них управляет командой локальных агентов, чья свобода действий существенно ограничена. В конечном счете, в примерах, рассмотренных в этой книге, локальные агенты вовсе не имеют свободы и полностью контролируются суперагентом. Однако, инструменты LG применимы и к тем моделям, в которых локальные агенты менее ограничены и работают независимо по своему разумению. Каждый суперагент разрабатывает модель своего оппонента, предполагая, что тот будет действовать наилучшим образом в рамках этой модели. Модель используется, чтобы планировать действия суперагента и выбирать оптимальные. Модель устанавливает локальные цели для локальных агентов. Эти локальные цели скоординированы с глобальной целью соответствующего суперагента. Движения, направленные к локальным целям, связаны со стремлением суперагента достигнуть своей глобальной цели. Модель является динамической, т.е. после каждого действия, которое может включать и одновременные передвижения агентов обеих сторон, она обновляется с учётом новой ситуации.

Динамическая модель может рассматриваться как иерархия подсистем. Мы вводим локальные цели, разбивая систему локальных агентов на подсистемы, которые стремятся к достижению своей

цели. Например, каждая подсистема второго уровня включает локальных агенты обеих противоположных сторон: цель одной стороны состоит в том, чтобы атаковать и уничтожить локального агента другой стороны (мишень), в то время как противоположная сторона старается его защитить. Например, в управлении навигацией робота это означает, что выбирается пара роботов противоположных сторон: один — как нападающий элемент, другой — как локальная мишень. Затем генерируются локальные пути, ведущие к мишени, а также пути других роботов, поддерживающих нападение или защищающих мишень.

Иерархия подсистем в LG представлена как иерархия формальных языков. Чтобы ввести формальные языки, следуя (Хопкрофт и Ульман, 1979), мы должны использовать символы. *Символ* — это абстрактный объект, который мы не будем сейчас определять формально. Примеры символов включают a , t , $a(x_i)$, $t(p_2, t_2, \tau_2)$, $\pi(i_5)$ и т.д. *Цепочка символов* (или *слово*) — это конечная последовательность символов, записанных рядом друг с другом. Например, $a(x_1) a(x_2) \dots a(x_n)$ — это слово, если $a(x_1)$, $a(x_2)$, ..., $a(x_n)$ — символы. *Алфавит* — это конечное множество символов. *Формальный язык* — это множество слов, состоящих из символов некоторого алфавита. Тогда пустое множество $\emptyset$ и множество $\{e\}$, состоящее из пустого слова e — это языки. Рассмотрим язык W и слово w этого языка. Алфавит $V(w)$ слова w является множеством символов, элементы которого, по крайней мере, однажды встречаются в слове w . Например, множество

$$V = \{ a(x_1), a(x_2), \dots, a(x_n) \}$$

- это алфавит слова $a(x_1) a(x_2) \dots a(x_n)$.

Диаграмма Иерархии Формальных Языков показана на рис.1.2 в виде множества треугольников трёх типов. Любое состояние из пространства состояний (т.е. из множества всех позиций или из всех возможных конфигураций агентов на абстрактной доске) представлено иерархией из двух вложенных треугольников (Языка Траекторий и Языка Сетей Траекторий). Несколько треугольников, которые представляют состояния (вместе с их двойной иерархией и дополнительными атрибутами), вложены в один большой треугольник — слово Языка Переводов. Этот высокоуровневый язык собственно и включает в себя решение задачи. Детальное описание Иерархии Языков в LG начинается в главе 2 и продолжается в главах 8-12. Более точная (но сложная) версия этой диаграммы показана на рис.1.4. Ниже, мы даём предварительное, краткое введение в эту Иерархию.

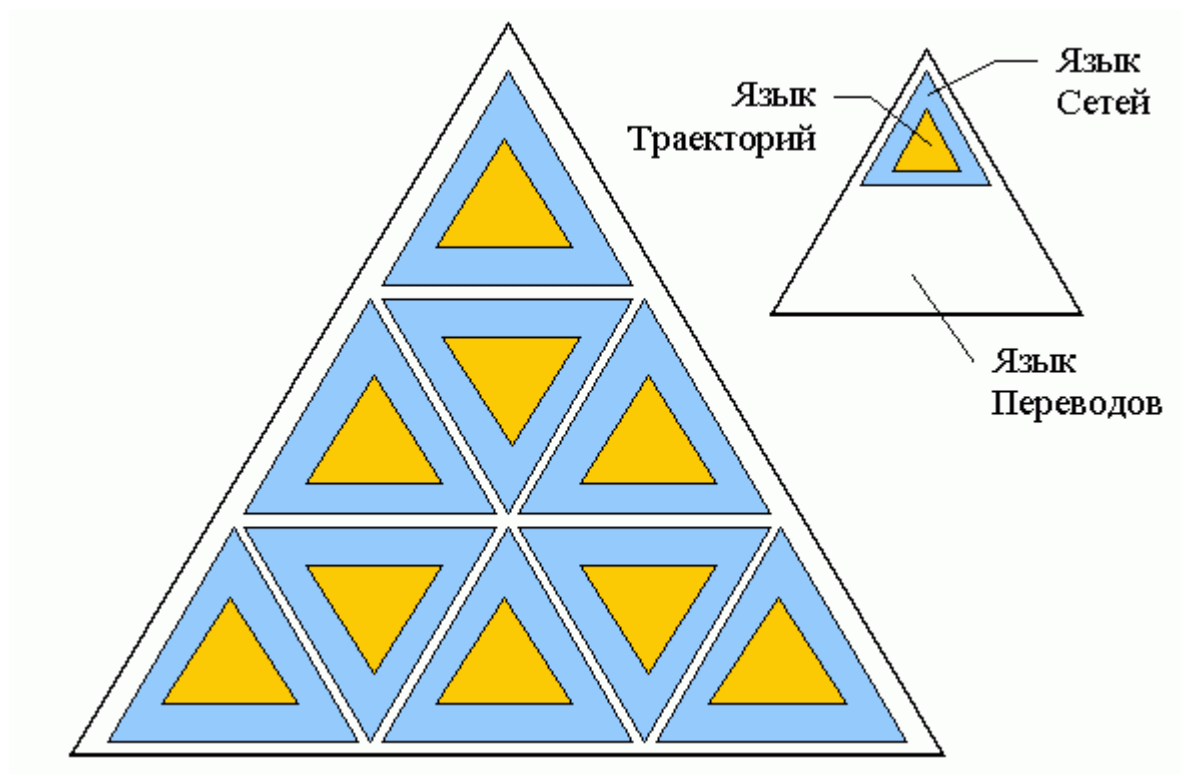


Рис.1.2 Иерархия подсистем в LG как Иерархия Формальных Языков.

Подсистемы первого уровня в LG представлены Языком Траекторий, который является множеством "траекторий", т.е. слов типа:

$$a(x_1) a(x_2) \dots a(x_n),$$

где x_i — называются параметрами. Значения параметров определяются семантикой проблемной области. Слова этого типа представляют пути (траектории) локальных агентов. Например, для модели роботов x_i — координаты планируемого пути робота.

Подсистемы второго уровня в LG представлены Языком Сетей Траекторий, который является множеством *Web-сетей*, т.е. слов типа:

$$t(p_1, t_1, \tau_1) t(p_2, t_2, \tau_2) \dots t(p_k, t_k, \tau_k),$$

где p_i, t_i, τ_i — называются параметрами; p_i — это локальный агент системы (робот или программный агент), t_i — это траектория агента p_i , а τ_i является списком параметров, зависящих от конкретной задачи. Эти Web-сети представляют рабочую схему для локального динамического планирования. Агенты перемещаются по траекториям, стремясь к достижению своих локальных целей, в то время как суперагент продвигается к глобальной цели, типа победы в бою или лучшего графика ремонтов электрогенераторов. Наша система может иметь несколько уровней для языков Web-сетей, представляющих иерархию подсистем.

Полная система функционирует, переходя из одного состояния в другое, т.е. движение локального агента из одного пункта в другой вызывает изменение иерархии языков. Это изменение можно представить как отображение, т.е. перевод из одной иерархии языков в другую или, более точно, в новое состояние той же самой иерархии. При переборе ходов в поисках оптимальной стратегии мы генерируем множество путей (последовательностей ходов) в пространстве состояний; таким образом, этот перебор можно рассматривать как последовательность переводов иерархии языков.

В LG в формальном языке высшего уровня — Языке Переводов — любой перебор представлен словом:

$$\pi(i_1) \pi(i_2) \dots \pi(i_n),$$

где i_k — называются параметрами. Каждый символ $\pi(i_k)$ соответствует ходу локального агента по Web-сети. Перебор (вывод слова) на Языке Переводов представляется фактически как поиск оптимальной или близкой к оптимальной стратегии типа выигрышной стратегии для боя, лучшего графика ремонтов и т.д. Вывод слова в этом языке управляется взаимодействием всех Web-сетей. Результат вывода — существенно уменьшенный перебор, который и приводит к решению задачи.

1.4 Углублённое рассмотрение LG-подхода

Классы задач, которые будут изучены — это задачи оптимального управления LG-системой, т.н. Сложной Системой. Эта система определена (ОПРЕДЕЛЕНИЯ 2.1-2.4) как пара множеств: множество *точек* (пунктов) и множество *локальных агентов*, которые перемещаются, двигаются из одной точки в другую. Это — очень общее представление. Например, в задачах управления навигацией робота локальные агенты — это автономные роботы, перемещающиеся по траектории (построенной из точек) в сложной и опасной двумерной или трёхмерной окружающей среде. Агенты могут быть разделены на две или более противоположные стороны (т.е. на суперагентов), хотя в этой книге мы рассматриваем только системы с двумя сторонами. Каждая сторона может атаковать, уничтожать агентов противника и защищать своих агентов. Уничтоженный агент должен быть удален из системы, но он может появиться вновь в другой ситуации. Удаление происходит, когда атакующий агент перемещается в точку, где уже стоит агент противника. Каждая сторона стремится достичь множества определённых позиций — конфигураций агентов. Например, подобная конфигурация может представлять множество точек, в которых расположены агенты обеих сторон, с *максимальным выигрышем*, т.е. величина алгебраической суммы стоимостей своих и чужих агентов, которые уничтожены (и удалены из системы) достигла максимума.

LG-система работает, переходя из одного состояния в другое, т.е. ход игрока в виде перемещения агента (одной стороны) из одной точки в другую приводит к переходу системы из текущего состояния в другое состояние. Например, множество желательных конфигураций агентов

можно рассмотреть как множество целевых состояний. Любое состояние может быть описано списком агентов и их местоположением. С каждым состоянием LG связывает иерархию структур. Состояние характеризуется структурой Траекторий, которые являются возможными путями движения агентов, присутствующих в этом состоянии. Каждое состояние также характеризуется структурой Зон, которые представляют все области локального боя в этом состоянии LG-системы. Структура Зон основана на структуре Траекторий и является более сложной, чем структура Траекторий. Таким образом, LG рассматривает структуру Зон как стоящую выше в иерархии, чем структура Траекторий.

Иерархия структур была построена на основе иерархии подсистем, введенных высококвалифицированными экспертами. Иерархия подсистем была введена следующим образом: одноуровневая LG-система с глобальными целями (по одной для каждой стороны) была заменена многоцелевой, многоуровневой системой путём введения *промежуточных целей* и разбиения (декомпозиции) полной системы на подсистемы, которые стремятся их достичь. Цели для подсистем различны, но подчинены общей главной цели. Например, каждая подсистема второго уровня, называемая Зоной, включает элементы двух противоположных сторон. Цель одной стороны состоит в том, чтобы напасть и уничтожить мишень, в то время как другая сторона пытается её защитить. В задачах управления навигацией робота это означает, что выбирается пара роботов противоположных сторон: один — как атакующий агент, а другой — как локальная мишень, затем генерируется путь, ведущий к мишени, а так же пути других роботов, поддерживающих атаку или защищающих мишень.

Иерархия структур представлена в LG как Иерархия Формальных Языков, где каждое слово языка низкого уровня соответствует одному символу в слове языка более высокого уровня (разд.1.3).

При LG-подходе каждая подсистема первого уровня представлена как слово или цепочка символов:

$$a(x_1) a(x_2) \dots a(x_n), \quad (1.4.1)$$

где символы $a(x_i)$ взяты из алфавита символов $\{ a(x_i) \}$. Символ a не несёт смысловой нагрузки. Он предназначен для связи параметров x_i в одно слово и указания, что это слово — *траектория*. Значения параметров x_i определяются семантикой проблемной области. Слова типа (1.4.1) образуют *Язык Траекторий* (ОПРЕДЕЛЕНИЕ 2.8). Например, для задачи управления навигацией робота x_i — это координаты пунктов остановки в планируемом пути робота. Для задачи составления графика ремонтов аналогичное слово представляет собой вариант графика ремонта для определенного агрегата, причём $x_1, x_2, \dots, x_n$ соответствуют определённым дням в составленном графике. Различные типы траекторий определены в разделе 2.4.

Подсистема второго уровня представлена также как слово или цепочка символов с параметрами, т.е. в виде Web-сети:

$$t(p_1, t_1, \tau_1) t(p_2, t_2, \tau_2) \dots t(p_k, t_k, \tau_k), \quad (1.4.2)$$

где символ t подобно a в (1.4.1) не несёт смысловой нагрузки. Он предназначен для связи параметров в одно слово и указания, что это слово — Web-сеть. Значения параметров (p_i , t_i , τ_i) определяются семантикой проблемной области и подсистем более низкого уровня. Символы p_i обозначают агентов нашей LG-системы (роботы, агрегаты и т.д.); символы t_i — обозначают Траектории (подсистемы низшего уровня) агентов p_i , т.е. слова вида

$$a(x_1 p_i) a(x_2 p_i) \dots a(x_n p_i),$$

включённые в эти подсистемы; а символы τ_i — обозначают *время, выделенное для движения по траектории* t_i .

Используя слова (1.4.1), мы можем представить пути агентов LG-системы, а слова (1.4.2) — это Web-сети из некоторых путей, объединенных общей целью. Например, в управлении навигацией работа подобная сеть планируемых путей может моделировать набросок оперативного плана для достижения локальной цели в опасной окружающей среде (с подвижными и неподвижными препятствиями). В задаче составления расписаний это соответствует графику ремонта некоторого агрегата, включая график доставки ресурсов. Множество слов (1.4.2) — называют *Языком Web-сетей* (ОПРЕДЕЛЕНИЕ 2.18). Различные типы Web-сетей, так называемых Зон, определены в разделе 2.6.

Переход к другому состоянию LG-системы приводит к перестройке иерархии структур. Эта перестройка может быть представлена как отображение (перевод) в иерархию структур другого состояния. Фактически, мы можем представить изменение иерархии при переходе LG-системы из одного состояния в другое так, как будто сама иерархия структур изменяет своё состояние. Это означает, что структуры Траекторий и Зон для соответствующих состояний LG-системы образуют *состояния иерархии структур*. Направленный граф переходов состояний LG-системы порождает граф переходов состояний у иерархии структур.

В LG введен ещё более высокий уровень иерархии структур, который является общим для всех состояний. Эта структура высокого уровня представляет поддерево игры (с узлами, соответствующими состояниям LG-системы), которое порождается LG-стратегией игрока при поиске очередного хода в игре. Эту структуру называют *деревом LG перебора* (или *LG-деревом*). LG-дерево включает все варианты игры, которые LG-алгоритм генерирует в том состоянии игры, в котором игрок должен сделать ход. LG-дерево включает очень маленькое подмножество вариантов в противоположность полному дереву игры (ДИ). Ограничим употребление термина LG-дерево обозначением поддерева ДИ, представляющего варианты, рассмотренные при вычислении хода игрока в исходном состоянии LG-системы. LG-дерево включает последовательности ходов, т.е. переходов между состояниями LG-системы. Поэтому, мы можем ввести другое дерево — соответствующих последовательностей отображений или переводов Иерархии Языков (которые представляют эти состояния). Существует взаимно однозначное соответствие между этими деревьями. Таким образом, мы будем говорить об одном и том же дереве, называя его *деревом ходов* или *деревом переводов*. Это дерево представлено

как *слово*, символы которого соответствуют рёбрам дерева, занумерованным, например, в соответствии с порядком обхода дерева по методу сначала вглубь: $\pi(i_1) \pi(i_2) \dots \pi(i_n)$ в (1.4.3). Это дерево, в свою очередь может быть записано как пара, состоящая из слова, упомянутого выше, и кортежа *функций*, которые генерируют потомков в любом узле дерева. Кортеж *функций* включает тройку функций, которые генерируют крайнего левого потомка, родного брата крайнего левого потомка и их родителя для любого узла дерева. Мы предполагаем, что генерация (обход) дерева происходит слева направо. Этот кортеж описывает сигнатуру, которая задаёт алгебраическую структуру дерева посредством функций, генерирующих потомков (ОПРЕДЕЛЕНИЕ 2.26).

Рассмотрим следующие слова:

$$(\pi(i_1) \pi(i_2) \dots \pi(i_n), \text{functions}), \quad (1.4.3)$$

где каждый символ $\pi(i_k)$ представляет одновременно следующие три понятия:
 - ребро (дуга) LG-дерева;
 - ход;
 - соответствующий перевод.

Слово (1.4.3) — это элемент формального языка высшего уровня — *Языка Переводов* (разд.2.8 и глава 12). Как и ранее, символ π не несёт смысловой нагрузки. Он предназначен для связи параметров в одно слово и указания, что это слово — *дерево переводов*. Параметры i_k идентифицируют рёбра дерева. Список функций, называемый *functions*, отражает связи между рёбрами. Эти связи предназначены для поддержки структуры данных дерева, которая представлена здесь линейно как слово или цепочка символов. Построение LG-дерева (1.4.3) управляется генерацией и взаимодействием Web-сетей (1.4.2) и Траекторий (1.4.1).

Если LG-алгоритм используется обоими игроками, то вариант (или варианты) ходов, порождаемый применением LG-стратегии для обоих игроков, является некоторой ветвью LG-дерева. Однако этот вариант не обязан быть подсловом (1.4.3) в Языке Переводов, состоящим из непрерывной подцепочки символов. Например, рассмотрим дерево с 4 узлами $\pi(1) \pi(2) \pi(3)$ (рис.1.3). Ребро $\pi(1)$ ведёт от корня **R** к единственному потомку, который обозначен как **X**, ребро $\pi(2)$ ведёт к левому потомку **X** и ребро $\pi(3)$ ведёт к правому потомку **X**. При обходе сначала вглубь (слева направо) рёбра будут занумерованы в виде списка $\pi(1) \pi(2) \pi(3)$. Подслово $\pi(1) \pi(2)$ представляет левую ветвь дерева. Есть ещё одна ветвь, состоящая из последовательности рёбер $\pi(1)$ и $\pi(3)$, т.е. подслово $\pi(1) \pi(3)$. Однако это подслово $\pi(1) \pi(3)$ не является непрерывным подсловом для $\pi(1) \pi(2) \pi(3)$.

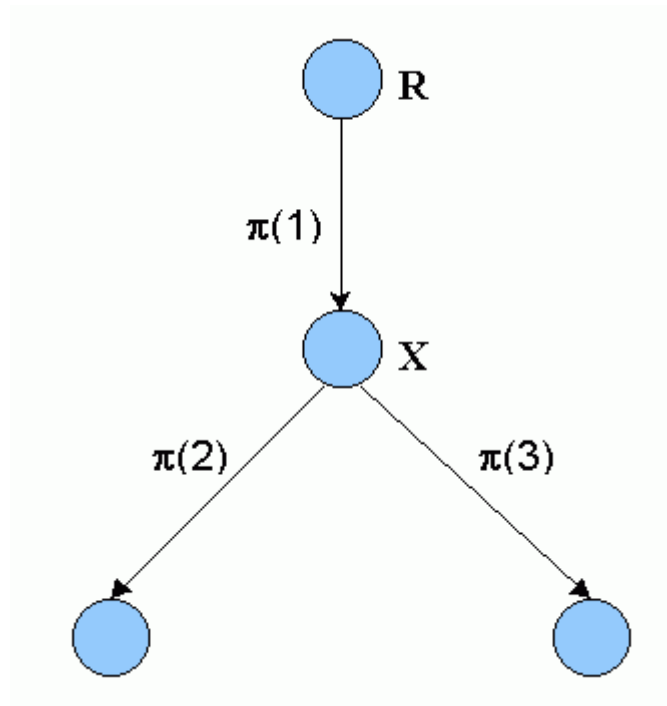


Рис.1.3 Дерево с 4 узлами $\pi(1)$ $\pi(2)$ $\pi(3)$.

Если LG-алгоритм используется только одним игроком, то вариант игры, возникающий после применения LG-стратегии для этого игрока, не обязан быть ветвью LG-дерева, упомянутого выше. Причина состоит в том, что противник может использовать ходы, которые не входят в варианты, образующие LG-дерево. Поскольку LG-алгоритм ищет в отборе вариантов, то те ходы противника, которые не принадлежат этим вариантам, обычно будут более слабыми ходами. Однако, определить слабость ответа противника LG-алгоритм может лишь после построения нового LG-дерева для состояния, которое возникнет после этого неожиданного хода противника.

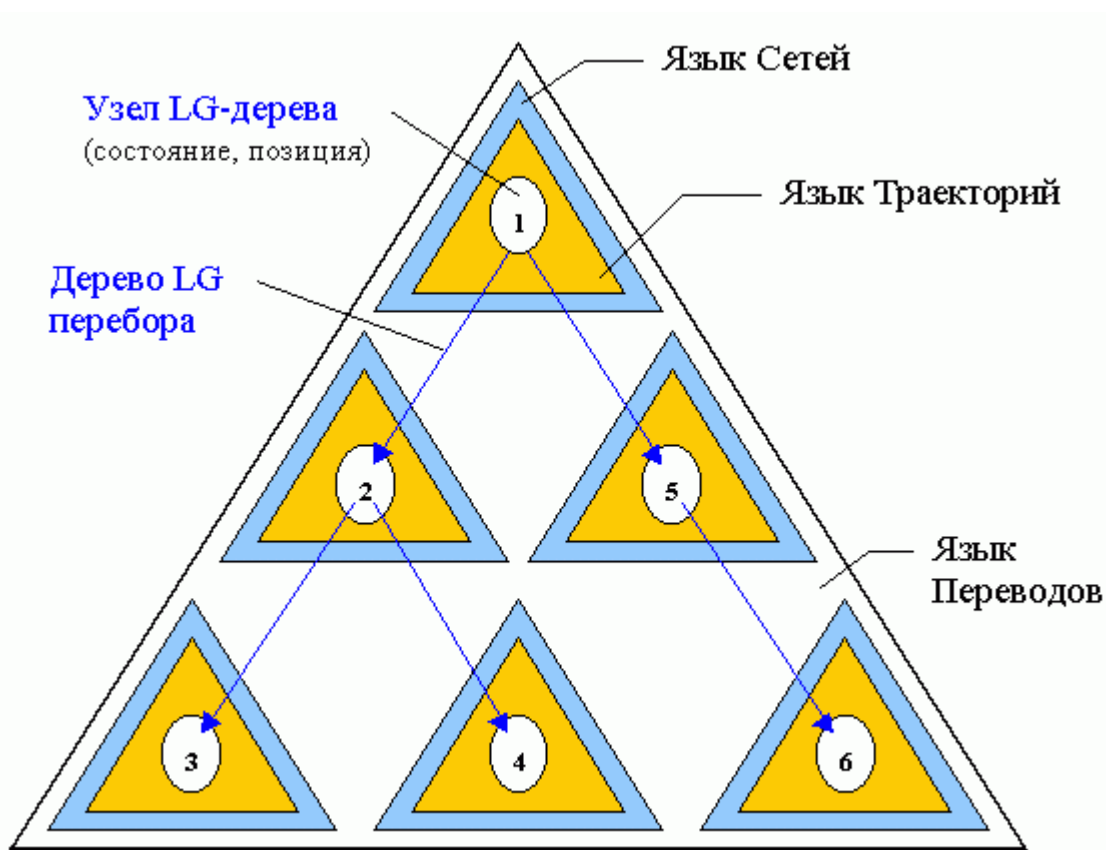


Рис.1.4 Диаграмма Иерархии Формальных Языков в LG.

Диаграмма Иерархии Формальных Языков в LG показана на рис.1.4. Эта диаграмма является детализацией диаграммы, показанной на рис.1.2. Язык Переводов — это язык деревьев перебора. Слово этого языка может быть иллюстрировано деревом. Одно из таких деревьев с 5 рёбрами и узлами (1-6) показано на рис.1.4. Узел этого дерева соответствует состоянию сложной системы (1-6). Декомпозиция системы на подсистемы представлена в LG как Иерархия Формальных Языков. В каждом состоянии декомпозиция представлена иерархией двух языков — Языка Web-сетей и Языка Траекторий. Слово Языка Траекторий соответствует символу в слове Языка Web-сетей. Эта двойная иерархия иллюстрируется двумя вложенными треугольниками, присоединёнными к каждому узлу LG-дерева. Связь между этой иерархией и вышестоящим Языком Переводов (показанным как один большой треугольник) отличается от связи между языками внутри двойной иерархии. Слово Языка Переводов, т.е. перебор, представляет LG-дерево с узлами-состояниями, за которыми закреплены двойные иерархии. Поэтому, двойные иерархии соответствуют каждому символу слова Языка Переводов. Это иллюстрируется на рис.1.4. LG-перебор может быть представлен как логический вывод слова (генерация LG-дерева) в Языке Переводов.

Преимущества представления декомпозиции LG-системы в виде Иерархии Формальных Языков станут более очевидными, когда мы рассмотрим формальный механизм для *генерации* этой Иерархии. В задачах распознавания образов формально-лингвистический подход был предложен для представления иерархически структурированной информации, содержащейся в каждом образе, т.е. для описания образов посредством более простых подобразов. Этот подход обнаруживает аналогию

между иерархической структурой образов и синтаксисом формальных языков. Правила, управляющие слиянием подобразов в образы, обычно задаются грамматиками описания образа, а мощь такого описания объясняется рекурсивной природой грамматик. Используя подобный подход для генерации Траекторий и Сетей Траекторий, мы используем раздел теории формальных грамматик, который был разработан Кнудом (1968), Розенкранцем (1969), Волченковым (1979), Штильманом (1985) и называется теорией *управляемых грамматик*. Детальный анализ управляемых грамматик и их приложений к LG приведен в главах 8-12, 14.

Недавнее исследование точности решений, полученных с помощью LG-алгоритмов, привело к более глубокому пониманию мощи этого подхода. Как выяснилось, инструменты LG способны реализовать конструктивную декомпозицию пространства состояний (глава 13). LG-инструменты позволяют нам формально описывать существенные подмножества пространства состояний и формулировать потенциально выигрышные стратегии, т.е. классы путей в пространстве состояний, ведущие из начального состояния в подмножества состояний, которые мы хотим достичь. Некоторые из этих стратегий могут быть забракованы, как нереализуемые. Следующий шаг — это попытка формальной реализации незабракованных стратегий для каждой из противоположных сторон. Это доказуемо лучшее поведение из того, что каждая сторона в принципе может сделать. Применение потенциально выигрышной стратегии для каждой стороны кончается генерацией LG-дерева, которое является оптимальным решением переборной задачи.

Подобные идеи работают для различных классов игр. Оптимальность доказана для классов многоагентных *последовательных* и *параллельных* военных игр с d -мерной операционной областью действий — подмножеством $\mathbb{Z}^d$. Это исследование привело к новому направлению в LG: решение переборных задач путём построения стратегий без какого-либо перебора на дереве (глава 13).

1.5 LG-стратегии и Теория Игр

Рассмотрим связь между стратегиями Теории Игр и LG-стратегиями (в LG-системе из двух взаимодействующих суперагентов). Теория Игр появилась в 1930-х годах, например (Дж. фон Нейман и Моргенштерн, 1944; Оуэн, 1982) и описана в обширной литературе. Хороший обзор сделан в (Льюис и Райфа, 1957). Важный раздел Теории Игр посвящён моделированию экономического поведения. В этом разделе цели игроков сформированы с помощью функции выигрыша и требования максимизировать вознаграждение игрока. Хотя LG использует оценочную функцию, которая является формой вознаграждения, по духу LG всё же ближе к другому разделу Теории Игр, который был основан в работах (Гэйл и Стюарт, 1953) и называется теорией (бесконечных) игр 2-х лиц с полной информацией.

Цели игроков в играх 2-х лиц формулируются посредством множеств желательных вариантов действий, называемых победительными множествами. Выигрышная стратегия для игрока — это такое поведение, которое приводит игрока к победе независимо от того, как ведёт себя противник. Методы построения таких стратегий отличаются от методов Теории Игр, в которых моделируется экономика, тем, что они используют методы логики, алгебры и топологии в отличие от методов математического или функционального анализа и/или вариационного

исчисления, применяемых в классической Теории Игр. Методы, подобные вариационному исчислению также используются в другом разделе Теории Игр, который называется Дифференциальными Играми (Айзекс, 1965) — раздел 1.2.

Игры Гэйла-Стьюарта (2-х лиц с полной информацией) были расширены до игр на графах в работах (А.Яхнис и В.Яхнис, 1993; Зейтман, 1994). Самая ранняя ссылка на игры на графах содержится в классических статьях по Теории Игр (Кун, 1953; Берж, 1957). В 1993-94 годах было сделано следующее расширение класса игр на графах, позволившее включить параллельные ходы, а также игры с более чем двумя игроками (В.Яхнис и Б.Штильман, 1995b). Введенный класс игр наиболее близок к абстрактным настольным играм (ABG) или Сложным Системам, которые моделируются LG-системой.

Цели игр на графах и цели в LG не идентичны, так как в рамках LG-подхода класс полезных стратегий шире, чем класс выигрышных стратегий. Интуитивно, специфические LG-стратегии можно рассматривать как стратегии типа "лучшие из возможных", а не как исключительно выигрышные стратегии. Действительно, часто LG-игры не имеют "детерминированной" выигрышной стратегии из-за параллельных ходов. В результате методы LG приводят к новым способам построения выигрышных стратегий. LG генерирует выигрышные стратегии на основе математических конструкций, которые были впервые введены в LG и приспособлены для формализации стратегий экспертов.

Для проведения параллелей нам будет удобно рассматривать LG-систему как игру 2-х лиц, где стороны (или суперагенты) — это игроки. Мы свяжем понятие LG-стратегии для стороны или суперагента со стратегией игрока в игре 2-х лиц. Как обычно, большинство построений для игр 2-х игроков в Теории Игр основано на понятии дерева игры (ДИ). Это дерево состоит из всех возможных ходов игроков и охватывает все возможные варианты розыгрышей в игре. LG связывает с каждым узлом ДИ состояние игры. Состояние игры — это позиция на доске для игр типа шахмат, шашек, крестиков-ноликов и т.д. Для LG-систем (как определено в разделе 2.2) состояние игры — это состояние LG-системы.

Как и в Теории Игр Гэйла-Стьюарта, LG занимается поиском стратегии для обеих сторон (игроков), но вводит соответствующие определения на основе состояний LG-системы (или игры), а не на основе ДИ. В фокусе LG, тем не менее, оказываются эффективно вычисляемые стратегии. Это соответствует конструктивному подходу к обнаружению выигрышных стратегий в Теории Игр 2-х игроков Гэйла-Стьюарта, впервые введенному Бухи и Ландвебером (1969) и продолженному Гуревичем и Харрингтоном (1982), А.Яхнисом и В.Яхнисом (1990, 1993), Мак-Нотоном (1993) и Зейтманом (1994). Близость целей последнего подхода к LG иногда проявляется в полном совпадении: речь идёт о тех случаях, когда в LG вычисляется доказуемо победная (ничейная) стратегия для игрока (глава 13). В других случаях, LG вычисляет стратегию, которая является хорошей, но может быть сложно или практически невозможно проверить, действительно ли эта стратегия является выигрышной для данного игрока. Алгоритмы Теории Игр, строящие выигрышные стратегии обычно практически неприменимы из-за экспоненциального (или ещё худшего) времени исполнения, в то время как LG-алгоритмы являются практическими и даже полиномиальными по времени (для подклассов задач).

Немного перефразируя, данное в Теории Игр, определение стратегии для игрока на ДИ, мы получим определение LG-стратегии, основанной на состояниях игры. *Стратегия* — это частичная функция на состояниях игры, которая генерирует ходы для этого игрока. *Выигрышная стратегия* игрока — это такая стратегия, которая удовлетворяет двум свойствам. Во-первых, стратегия определена в каждом состоянии, в которое игрок должен попасть, следуя ей, а также в состояниях, которые уже были сгенерированы с использованием этой стратегии, включая начальное состояние. Во-вторых, любые конечные последовательности ходов обеих сторон, сгенерированные выигрышной стратегией, приведут систему из начального состояния в целевые состояния для данного игрока, в то время как противоположная сторона может делать любые ходы, разрешённые правилами игры. Дальнейшие подробности об LG-стратегиях приведены в главе 13.

Мы определили стратегию, используя ДИ, включающее все возможные ходы обеих сторон. Однако LG-алгоритм *не генерирует* это ДИ. Процедура LG-перебора формирует очень маленькое поддерево полного ДИ путём генерации маленького подмножества всех состояний системы. В разделе 1.4 и далее в этой книге, это поддерево названо *LG-деревом* (или *сокращённым деревом перебора*) в противоположность полному ДИ при поиске решения методом "брут форс". Доказано, что для некоторых классов задач LG-дерево включает ветви, которые содержат последовательности ходов, сгенерированные выигрышной (или ничейной) стратегией (глава 13). Для других классов задач это сокращённое дерево включает ветви, соответствующие последовательностям ходов, которые сгенерированы с использованием лучшей стратегии, известной экспертам (в то время как никакая (абсолютно) выигрышная стратегия вообще неизвестна). Также, далее в этой книге, мы пишем "деревья ходов", "ветви (или последовательности) ходов" и "варианты" (*виртуальные розыгрыши*), опуская формулировки о взаимно однозначном соответствии между рёбрами деревьев и ходами игроков.

LG-алгоритм вычисляет стратегию игрока, выбирая ветви, полученные при применении МиниМаксного алгоритма на LG-дереве для обоих игроков. Практически генерация LG-дерева и МиниМакс объединены в одной процедуре. В некоторых случаях LG-дерево является настолько маленьким, что во всех вариантах (игры) выигрывает один и тот же игрок. Другими словами, это LG-дерево представляет выигрышную стратегию (глава 13) для данного игрока. Возможно (хотя это и не гарантировано), что найденная LG-стратегия будет выигрышной также и для полного ДИ.

LG-система функционирует, переходя из одного состояния в другое, т.е. ход игрока вызывает переход из текущего состояния LG-системы в другое состояние. Если последовательность состояний при переходах не имеет цикла, то эта последовательность определяет уникальный вариант (розыгрыш) на ДИ. Если последовательность состояний при переходах повторяется (циклит), то мы получим много розыгрышей, соответствующих одной последовательности переходов. Эти розыгрыши отличаются только тем, сколько раз они повторяют ходы, соответствующие одному периоду (циклу) последовательности состояний. Другими словами, розыгрыши отличаются лишь тем, по сколько раз они повторяют цикл. Важный факт состоит в том, что последовательности переходов в LG-системе образуют граф, а не дерево. Однако, важнейшие решения о том, закончена ли игра, и кто выиграл, основаны на состояниях LG-системы, а не на позициях ДИ. Это происходит из-за того, что в LG формулировки заключительных целей игроков основаны на описании целевых

состояний LG-системы.

Важно различать два случая использования LG-алгоритма, касающиеся развития LG-системы. Один случай, когда LG-стратегия одного игрока применена против LG-стратегии другого игрока. Другой случай, когда противник делает ходы не по LG-стратегии. Во всех случаях LG-стратегия представлена тем же самым LG-алгоритмом, в котором игрок, ход которого ищется, является входным параметром алгоритма.

Другое важное различие имеется между ходами в игре и ходами в вариантах игры (или в виртуальных розыгрышах или, просто, в вариантах). Ходы в игре — это последовательность ходов, которые были фактически сделаны игроками в процессе игры. Ходы в вариантах — это последовательности ходов (обоих игроков), которые строятся LG-стратегией, чтобы вычислить очередной ход игрока. Такие последовательности ходов — это возможные продолжения уже начавшейся партии (розыгрыша) и они вовсе не должны состоять (полностью или в значительной степени) из ходов, уже фактически сделанных игроками.

LG-стратегия должна заново построить LG-дерево в каждом состоянии, для которого вычисляется ход игрока. Если LG-стратегия вычисляет ход для игрока в состоянии S_1 , а следующий ход противника ведёт в состояние S_2 , то оба состояния будут содержать много общих структурных компонентов, потому что они отделены только двумя ходами: ход игрока и ответный ход противника, если мы рассматриваем последовательные игры. Для параллельных игр эти состояния разделены одним (параллельным) ходом. Таким образом, LG-алгоритм пытается построить LG-дерево для состояния S_2 , преобразовывая его из LG-дерева для состояния S_1 .

Можно считать, что LG-стратегия вычисляет ход для игрока, находящегося в состоянии S системы, построением подмножества графа всех переходов из одного состояния LG-системы в другое. Фактически, LG-алгоритм существенным образом использует информацию о порядке ходов. Вышеупомянутый граф, представляет все варианты, построенные LG-алгоритмом, при выборе очередного хода для игрока.

В действительности, LG-алгоритм генерирует перечисление подмножеств этого графа, тем самым, фиксируя порядок ходов во всех вариантах. Это перечисление порождает поддереву ДИ, которое простирается настолько, насколько продолжают варианты, вычисленные LG-алгоритмом. Поддерево соответствует розыгрышам игры, начинающимся в состоянии S . Обычно, LG-дерево — это "очень узкое и глубокое" конечное поддерево полного ДИ, которое соответствует розыгрышам игры, начиная из состояния S . Существует взаимно однозначное соответствие между поддеревом ходов, охватывающим все LG-варианты, с одной стороны, и перечислением подмножеств графа переходов LG-системы, соответствующих ходам во всех LG-вариантах, с другой стороны.

Программная система, реализующая LG, поддерживает уже разыгранный вариант игры и его возможные продолжения — поддерево игры, которое представляет все найденные LG-варианты для последнего состояния игры (текущей позиции). LG-алгоритм также поддерживает обширные структуры данных (разд.1.5), связанные с состояниями и предназначенные для сокращения множества вычисляемых вариантов.

1.6 Три этапа развития LG

Также как в физике 17-го столетия, в области ИИ и, в частности в LG, важнейшие обобщения и крупнейшие достижения всё ещё впереди. Однако, весьма возможно, что их первые признаки уже рядом с нами. В этом отношении, было бы полезно оглянуться назад, обратившись к истории развития LG. Эта история может быть разделена на три этапа.

В конце 50-х годов в Москве Михаил Ботвинник, доктор электротехники и чемпион мира по шахматам, начал проводить научные исследования методологии лучших шахматистов. Десять лет спустя, эти исследования привели к революционным идеям в построении шахматных программ, которые моделируют игру гроссмейстеров. В начале 70-х, доктор Ботвинник организовал и возглавил исследования по проекту ПИОНЕР с автором этой книги, как ключевым разработчиком. Эти исследования проводились в Москве во Всесоюзном Научно-Исследовательском Институте Электроэнергетики (ВНИИЭ). Они финансировались ГКНТ СССР и Министерством Энергетики СССР. Цель исследования состояла в том, чтобы изучить и реализовать в виде компьютерных программ методологию лучших шахматистов, а так же экспертов в других областях, в решении переборных задач почти без перебора, и применить этот подход к широкому спектру сложных практических задач. Ряд эффективных алгоритмов был разработан в рамках проекта ПИОНЕР (Ботвинник, 1979, 1984). Были проведены многочисленные эксперименты для сравнения систем, основанных на начальной модели (ПИОНЕР) с системами, использующими другие подходы. Эксперименты показали, что многие из задач, которые были вовсе не разрешимы при других подходах, успешно решались прототипами будущих LG-систем. Кроме того, на тех задачах (где сравнение было возможно), новые системы работали значительно быстрее, чем системы при других подходах. Проект ПИОНЕР продолжался до конца 80-х годов. Период времени 1958-1988 годов, заполненный предварительными разработками и обширными экспериментами в рамках проекта ПИОНЕР, можно рассматривать как *первый этап* развития LG (разд.1.7).

Многочисленные попытки формализовать и, по возможности, обобщить эвристики, обнаруженные в ходе проекта ПИОНЕР, столкнулись с огромными трудностями. Эти попытки, начавшиеся в середине 70-х годов, были вызваны *настоятельными требованиями многих учёных, которые хотели, чтобы результаты этого проекта оказались применимы в других проблемных областях*. Другая цель состояла в том, чтобы понять фундаментальную природу результатов, применить формальный подход и теоретически оценить качество, полноту и вычислительную сложность алгоритмов, разрабатываемых в ходе проекта ПИОНЕР. Трудности были связаны с необычной природой эвристик, присущих построенной модели. В частности, *математические средства*, которые следовало применить для формализации, *должны были отразить иерархическую и динамическую структуру модели, существенную гибкость подсистем, должны были допускать глобальное и эффективное управление как отдельно взятой подсистемой, так и всей иерархией подсистем*. Разработку Иерархии Формальных Языков, как основу математической модели эвристических алгоритмов проекта ПИОНЕР, выполненную автором этой книги, можно рассматривать как *второй этап* истории развития LG (разд.1.8). Первые результаты были получены в 1979 году, но разработка продолжалась вплоть до 1990 года в Москве

во ВНИИЭ, а позже во Всесоюзном Научно-Исследовательском Геологоразведочном Нефтяном Институте (ВНИГНИ). Эти исследования финансировались в рамках проекта ПИОНЕР и из других источников.

1990-й год — это начало *третьего этапа* развития (разд.1.9), когда LG определилась как самостоятельная область исследований в ИИ. Этот этап начался в Мак-Гилльском Университете, в Монреале, Канада. С сентября 1991 года и до настоящего времени, он продолжается в Университете Колорадо в Денвере, США. В 90-х годах, предварительная математическая модель была унифицирована и обобщена (Штильман, 1992-1998). Поскольку формальная лингвистика и геометрия операционной области и подсистем, были использованы совместно, новая перспективная модель была названа Лингвистической Геометрией (LG) в 1991 году. Ретроспективно, мы будем использовать название LG при ссылках на предварительные исследования и результаты (этапы 1-й и 2-й). Цели исследований на 3-м этапе включали разработку прочного теоретического фундамента, оценку вычислительной сложности классов задач, допускающих LG-подход, оценку точности решений, получаемых при использовании LG-инструментов, расширение применимости LG к новым проблемным областям для разработки эффективных LG-приложений, а также создание программного прототипа универсального LG-testbed (испытательного стенда) — среды для разработки и отладки приложений LG в разнообразных проблемных областях.

Что не ожидалось и не планировалось заранее, так это перестройка верхнего уровня LG — Языка Переводов — при использовании так называемого беспереборного подхода. Способность генерировать доказуемо оптимальные решения для классов Рети-подобных задач вообще без перебора ходов, т.е. без какого-либо перебора на дереве, демонстрирует удивительную мощь LG, которая родилась из экспертных эвристик. Проведенные исследования позволили идентифицировать новый класс задач низкой (полиномиальной) вычислительной сложности среди задач, которые считались в вычислительном отношении трудными (экспоненциальными или хуже). В течение третьего этапа финансирование было обеспечено из многих источников, включая Национальный Научно-Исследовательский Совет (NSERC) Канады и Мак-Гилльский Университет в Монреале, Офис Научных Исследований ВВС США (AFOSR), Университет Колорадо в Денвере, США, Министерство Энергетики США через Сандийскую Национальную Лабораторию в Альбукерке.

Вероятно, несколько важных событий, имевших место в 1999 году, включая публикацию этой книги и значительный грант от Агентства Перспективных Исследований Министерства Обороны США, помогут в развитии теории и разработке программных приложений LG для решения задач из реальной жизни. Возможно, эти события знаменуют начало нового *четвертого этапа* в развитии LG.

1.7 Этап 1: проект ПИОНЕР

Первые десять лет исследований, начиная с 1958 года, закончились публикацией книги "Алгоритм игры в Шахматы" (Ботвинник, 1968, 1970). В то время как *математическое описание алгоритма было ещё недостаточным для программирования (и, возможно, несколько*

сомнительным), основные принципы сокращения перебора заложили прочный фундамент для дальнейшего развития. Другая публикация "Блок-схема Алгоритма игры в Шахматы" (Ботвинник, 1972) уже может рассматриваться как официальное начало проекта ПИОНЕР. К сожалению, обе вышеупомянутые публикации не включали ничего кроме идей и набора блок-схем для низкоуровневых процедур алгоритма. Собственно алгоритм и программу шахматной игры ещё только предстояло разработать.

Группа исследователей, занятых в этом проекте, имела два предмета научных исследований: выдающихся экспертов (подобно самому Ботвиннику) и компьютерные программы (после того как они были разработаны). Эти программы включали шахматную программу ПИОНЕР 1.x и множество программ ПИОНЕР 2.x — 4.x для планирования народного хозяйства СССР и составления графика ремонтов. Взаимосвязи между этими предметами исследований приводили к постоянному пересмотру наших взглядов и к многократной перестройке алгоритмов и программ. Много старых и новых идей были проверены в ходе проекта ПИОНЕР. Например, идея Траекторий, ограниченных горизонтом, и идея о декомпозиции Сложной Системы в динамическую иерархию подсистем доказали свою важность с самого начала. Этого не произошло с подсистемой второго уровня — Сетью Траекторий. Определенная первоначально, как ключевая область боя, а позже как Зона (в многочисленных версиях) и как Цепочка фигур, эта подсистема прошла множество существенных и менее значительных изменений. Эвристические алгоритмы для генерации подсистем первого и второго уровня — Траекторий и Зон — были представлены в (Штильман, 1975, 1977, 1979, 1984a). Подобные проблемы возникали и с подсистемами высокого уровня, и с алгоритмом глобального управления, позже формализованным как Грамматика Переводов.

К концу 1976 года первая версия шахматной программы ПИОНЕР была закончена. Она была проверена на решении шахматных этюдов. Конечно, цель состояла не только в том, чтобы решить эти этюды. При решении нужно было получить дерево перебора, близкое к тому, которое строит шахматный мастер. Что касается точности, то получаемые решения никогда не рассматривались как оптимальные. Кроме того, для огромного большинства этюдов оптимальные решения до сих пор неизвестны. Доказательство оптимальности при использовании традиционных алгоритмов типа "брут форс" требует огромного перебора, который часто превышает возможности любых компьютеров (разд.1.2). То, что обычно называют решением — это вариант (или несколько вариантов), которые признаны экспертами. Более глубокое понимание оптимальности и его роли в LG пришло намного позже на 3-м этапе развития LG (разд.1.9 и глава 13).

Первые два этюда, отобранные для тестирования программы ПИОНЕР — этюд Рети и этюд М.Ботвинника-С.Каминера, считаются простыми для шахматиста. Однако эта простота скрыта за миллионами ходов в дереве перебора, которые должны быть проанализированы при поиске решения по методу "брут форс". Конечно, шахматный эксперт способен избежать этого множества вычислений. Во время экспериментов с ПИОНЕРОм оценивалось множество параметров, включая коэффициент ветвления (разд.1.2), а также некоторые другие параметры перебора (Ботвинник, 1979, 1984). Дерево перебора, построенное ПИОНЕРОм в январе 1977 года при решении этюда Рети, содержало 54 хода ($T=54$). Следовательно, принимая во внимание, что глубина перебора, необходимого для решения этой задачи должна быть не меньше $L=6$, мы получили коэффициент ветвления $B \approx 1,68$ (1.2.2). Деревья перебора, построенные традиционными

шахматными программами для этого этюда, включают приблизительно 106 ходов. В этюде Ботвинника и Каминера (Ботвинник, 1979, 1984), общее количество ходов, включённых в перебор, было равно 145, максимальная глубина $L=12$ и $B \approx 1,35$. Хотя оба этюда могут быть решены традиционными шахматными программами, эти результаты были очень интересны из-за существенного уменьшения коэффициента ветвления. Одна из этих задач, этюд Рети, продолжает служить моделью для далеко идущих обобщений в LG (главы 3, 4, 6, 13 и 14).

Среди разнообразных сложных задач, решённых ПИОНЕРОм, мы обсудим ещё две. Обе задачи до сих пор не могут быть решены традиционными шахматными программами. Алгоритмы перебора с альфа-бета отсечением (разд.1.2) не в состоянии обеспечить существенное уменьшение коэффициента ветвления. Поэтому время, требуемое для расчёта, оказывается немислимым.

Первая задача — этюд [Г.Надареишвили](#) (Надареишвили, 1976; Ботвинник, 1979, 1984). Он был решён ПИОНЕРОм в августе 1977 года. Общее количество построенных узлов было $T=200$, в то время как глубина перебора, требуемого для нахождения решения $L=25$. Следовательно, $B \approx 1,14$. Неуменьшенный коэффициент ветвления для алгоритмов типа "брут форс" здесь можно оценить как $B \approx 15$. Решение этого этюда продемонстрировало мощь эвристической модели, на которой основан ПИОНЕР. Динамическая иерархия подсистем, Траекторий и Сетей, позволила нам найти очень глубокое решение почти без ветвления. Конечно, это было всего лишь решение, одобренное экспертами. Тогда никто не поднимал вопроса об оптимальности или хотя бы о точности этого решения. Теперь, 20 лет спустя, мы можем предположить, что это — математический оптимум. Разумно ожидать, что это будет доказано при использовании идей беспереборного подхода в LG (глава 13) в ближайшем будущем. Этюд Надареишвили также послужил образцом для множества обобщений, включенных в эту книгу (глава 5).

Вторая сложная задача — это позиция в середине игры из легендарной партии [М.Ботвинник и Х.Р.Капабланка](#), сыгранной в 1938 году на АВРО-турнире (Голландия)(Ботвинник, 1984a). Эту шахматную комбинацию обычно рассматривают как бессмертный пример выдающегося шахматного мастерства. Начальная позиция содержит 19 фигур, а неуменьшенный коэффициент ветвления можно оценить как $B \approx 20$. Глубина перебора для этой задачи не должна быть меньше, чем 23. В апреле 1980 года программа ПИОНЕР построила дерево перебора из 40 узлов с коэффициентом ветвления $B \approx 1,05$ (Ботвинник, 1980a, 1980b, 1982, 1987). Решение, найденное ПИОНЕРОм, было точно таким же, как и вариант в той партии 1938 года. Вероятно, это решение является доказуемо оптимальным.

В 1981-1988 годах, все исследования и программные разработки по проекту ПИОНЕР проводились при помощи системы поддержки разработки программ, называвшейся РАБОЧИМ МЕСТОМ ПРОГРАММИСТА (PROGRAMMER'S WORKBENCH — PW), (Штильман, 1994f). Система PW была разработана Мирным, Ройзнером, Чудаковым и Штильманом (1986), и позже переработана и расширена Мирным, Чудаковым и Штильманом (1988). PW была предназначена для того, чтобы поддержать параллельную разработку и конфигурацию программного обеспечения (ПО) для крупномасштабных научно-исследовательских работ. ПИОНЕР и другие сложные проекты включали расширенный период опытной эксплуатации образцов (*прототипов*) ПО. В основном, компьютерные программы использовались как

инструменты для научных исследований и перестройки сложных алгоритмов. Полный цикл жизни компьютерных программ рассматривался как последовательность прототипов. Каждый прототип должен был быть чрезвычайно гибким, чтобы обеспечить многократное перепроектирование. РВ поддерживала многократные итерации при перестройке изменяющихся прототипов благодаря жесткому универсальному каркасу *версий* ПО. Дополнительно, РВ эффективно автоматически поддерживала взаимодействие разработчиков в проекте ПИОНЕР, обеспечивая независимость проектировщиков РВ от остальных сотрудников (пользователей РВ) и одновременно поддерживая строгую дисциплину коллективных разработок. Хотя язык *Dijkstra* (Дейкстра, 1976; Грис, 1983; Штильман, 1994f) был входным языком (транслятора), полностью реализованным в РВ, фактическая разработка (включая отладку) проводилась с использованием проблемно-ориентированного языка очень высокого уровня. РВ позволила нам создавать, расширять и поддерживать различные версии этого языка и для других проблемных областей. РВ была реализована на IBM 370/144 — оригинальном американском компьютере, на котором в эти годы и велась разработка ПИОНЕРа. Позже, РВ инструменты использовались в нескольких НИИ на советских ЭВМ для разработки и поддержки крупномасштабных проектов в области Искусственного Интеллекта. Инструменты РВ были подготовлены к модернизации для поддержки объектно-ориентированного программирования.

Проект ПИОНЕР закончился разработкой одной из самых интересных и мощных эвристических моделей, основанной на эвристических сетях. Применение разработанной модели к шахматной игре было полностью реализовано в виде программы ПИОНЕР 1.x (Ботвинник, 1979, 1982, 1984, 1987, 1989). Аналогичная эвристическая модель была также реализована для долгосрочного календарного планирования в виде набора программ ПИОНЕР 2.x, 3.x, 4.x. Они использовались для составления графика ремонтов электроагрегатов, для сглаживания графика потребления мощности и для планирования народного хозяйства в прежнем СССР (Штильман, 1985a, 1993a). Эти модели (Штильман, 1976c, 1977, 1979, 1994a; Ботвинник, 1968, 1972, 1975, 1979, 1989), (Резницкий и Штильман, 1983; Резницкий, Бордюгов и Штильман, 1983), (Ботвинник и др., 1983; Ботвинник, 1989), (Штильман, 1978, 1985b, 1985c, 1993d) были представлены в форме идей, правдоподобных рассуждений и работающих программ.

Эксперименты с программами составления графика ремонтов ПИОНЕР 2.x продемонстрировали преимущества нового подхода. Программа ПИОНЕР 2.1 для составления *месячного* графика ремонтов электроагрегатов генерировала различные графики с коэффициентом ветвления, не превышающим 1,06, что составляло 50..100-кратное уменьшение этого коэффициента по сравнению с методом "брут форс" (Резницкий и Штильман, 1983; Штильман, 1985a). Эксперименты с программой ПИОНЕР 2.2 по составлению *годового* (на период в 365 дней) графика ремонтов электроагрегатов также продемонстрировали уменьшение коэффициента ветвления до величины близкой к 1. В отличие от ПИОНЕРа 2.1, эта программа была способна максимизировать число электроагрегатов, включённых в график ремонтов, регулируя продолжительность ремонта этих агрегатов. Особые качества были продемонстрированы программой ПИОНЕР 2.3, которая генерировала годовые графики ремонта агрегатов, регулируя значения резерва мощности. Небольшие вариации резерва мощности (в пределах диапазона 6%) позволяли этой программе включать в план ремонта все электростанции, которые подали заявки. Самые интересные результаты в составлении графика

ремонтов были получены программой ПИОНЕР 2.4 для составления годового графика с распределением многочисленных ресурсов, включая различные типы ремонтного персонала. Такая постановка задачи приводила к существенному росту коэффициента ветвления; программа сумела уменьшить этот коэффициент до 1,005. Это позволило генерировать высококачественные годовые графики ремонтов для Единой Энергосистемы бывшего СССР. Применение LG к календарному планированию и дополнительная информация о программах составления графиков ремонта представлены в главе 7.

Программы ПИОНЕР 3.1 и 3.2 позволяли сглаживать еженедельные графики потребления мощности, сдвигая выходные дни для различных потребителей. Они уменьшили максимумы потребления мощности на 3,5% при уменьшении числа потребителей со сдвинутыми выходными (Ботвинник и Мирный, 1983).

Главным достижением модели ПИОНЕР в применении к не шахматным областям была разработка программ ПИОНЕР 4.1 и 4.2 для планирования народного хозяйства СССР на периоды в 15 и 25 лет соответственно. Эти программы балансировали продукцию государственной промышленности и бюджет, основываясь на агрегированной модели, включавшей 18 отраслей народного хозяйства (Резницкий, 1987; Ботвинник, 1989).

Результаты, полученные в рамках проекта ПИОНЕР при решении сложных переборных задач для различных проблемных областей, показывают, что реализация *динамических иерархий* привела к построению в высшей степени целенаправленных алгоритмов, которые генерировали деревья перебора с показателем ветвления близким к 1.

Что было общего в этих иерархиях? Какие формальные средства могли бы быть использованы, чтобы отразить эту общность и применить её в других проблемных областях?

1.8 Этап 2: Математические Инструменты

В 1979-1990 годах была разработана первая версия формальных инструментов для LG (рис.1.5). История получения этих результатов — поучительна. Было ясно, что математические инструменты должны быть дискретными, символическими и должны отражать *динамическую иерархию подсистем*. Более точно эти требования описаны ниже.

Математические инструменты должны отражать постановку задачи как системы локальных агентов и их местоположений. Агенты разделяются на две стороны с противоположными интересами. Агенты могут перемещаться, изменяя свои местоположения — пункты. Некоторые из пунктов остаются свободными от агентов, но могут быть заняты ими позже. Ход делается в течение одного временного интервала. Все интервалы должны быть равны по времени. Также, агенты должны иметь чёткие правила, ограничивающие их движения. Функционирование системы можно представить как вариант, состоящий из последовательности ходов. Каждый вариант может сравниваться с другими возможными вариантами. Решение задачи — это вариант, выбранный среди всех по некоторому критерию оптимальности. Типичная трудность такого выбора связана с числом возможных вариантов и, следовательно, с продолжительностью требуемого перебора. Весьма

часто, для задач из реальной жизни, время перебора возрастает так сильно, что они становятся практически неразрешимыми.

Формализация постановки задачи в том виде, как она описана выше, не представляла трудности. Этот класс задач мог быть формально представлен с использованием многочисленных *уже существующих методов*, причём *все они эквивалентны*. Однако, важно, чтобы выбранное формальное представление постановки для класса задач соответствовало формальному представлению метода, который использовался при решении этих задач, т.е. LG-подходу. Это представление должно было стать основой и математической средой для формального представления динамической иерархии подсистем. Формальная постановка задачи (глава 2) была разработана, следуя известным теориям формального решения задач и планирования, разработанным в статьях (Маккарти и Хайеса, 1969; Файкса и Нильсона, 1971; Сакердоти, 1975; Маккарти, 1980; Нильсона, 1980 и в других), которые основаны на исчислении предикатов 1-го порядка. Основная идея этой формализации была заимствована из системы STRIPS, разработанной Файксом и Нильсоном (1971).



Рис.1.5 Происхождение LG: формальные инструменты и эвристики.

Даже краткое описание *требований для представления* динамических иерархий, приведенное ниже, показывает, что проблема формализации этого представления была несравнимо труднее, чем

формализация самой постановки задачи. Прошли годы, прежде чем удовлетворительное решение было получено.

Иерархия, которую следовало ввести, должна была проявить и отразить ту глубокую иерархию взаимоотношений, которая возникает между агентами и группами агентов, при их стремлении к главной цели системы. Низший уровень иерархии — это Траектория, т.е. планируемый путь вместе с агентом, движущимся по этому пути. Когда агент продвигается, то пройденная часть траектории должна исчезнуть и вновь появиться при возврате агента в процессе перебора (когда агент "пятится"), чтобы исследовать другой путь. Формальные инструменты должны генерировать все виды траекторий для разных проблемных областей, например, самый короткий путь, путь для обхода препятствий и т.д.

Более высокие уровни иерархии — это Сети Траекторий (вместе с их агентами). Каждая Сеть Траекторий должна иметь конечную цель с определенным местоположением, т.е. конечным пунктом назначения. Множество сетей должно включать Зоны нападения, Зоны доминирования, Зоны отступления и т.д. Каждая сеть должна включать агентов, участвующих в достижении конечной цели. Это участие является двойным. Агенты одной стороны преследуют свою цель, перемещаясь, защищая друг друга и уничтожая врагов. Агенты другой стороны подобными же действиями стараются препятствовать противнику в достижении его цели. Агент может участвовать во многих сетях одновременно. Движения агентов организованы с учётом времени. Например, если агент имеет достаточно времени, чтобы пройти по траектории и перехватить агента противоположной стороны, то эта траектория включается в сеть и движение по ней разрешается. Если дело обстоит не так, то траектория отбрасывается. При перемещении агентов в другие пункты часть траекторий и пучков траекторий сети застывает, когда движение агентов по ним уже не имеет смысла относительно конечной цели. Это может быть связано с недостатком времени, конфигурацией состояния (позицией) или с другими причинами. Вычисление времени и других параметров, связанных с построением и реконструкцией сети, производится для каждой сети независимо друг от друга. Связи с другими сетями при этом игнорируются. Сети могут быть связаны друг с другом, если конечная цель одной из них становится главной целью объединенной сети, тогда цели других сетей-компонентов подчиняются главной цели.

В 70-х годах многие из известных математических инструментов были пересмотрены и отброшены. Обычно, они не отражали явно иерархию подсистем или не обеспечивали достаточную гибкость для представления их динамичности. Например, эти недостатки свойственны представлению траекторий и сетей в виде графов. В этой связи лингвистическое представление также рассматривалось в качестве кандидата. Действительно, траектория — это конечная последовательность запланированных ходов агента, в то время как слово — это конечная последовательность символов. Кажется, разумным представить траектории как формальные слова, составленные из символов. В этом случае множество траекторий можно представить как формальный язык. Но как с помощью языков представить иерархии? К нашему удивлению мы поняли, что лингвистическое представление иерархий является и наиболее естественным. Действительно, множество динамических подсистем можно представить как иерархию формальных языков, в которой каждое предложение — группа слов языка более низкого уровня — соответствует слову в высокоуровневом языке. Это стандартная процедура на нашем естественном языке. Например, фраза: "Человек, который преподаёт студентам", вводит иерархию

языков. Символы языка низкого уровня могут включать все слова кроме слова "профессор". Высокоуровневый язык мог бы быть тем же самым языком, но дополненным ещё одним словом "профессор", которое является просто кратким обозначением для фразы "человек, который преподаёт студентам". Следует отметить, что иерархическая архитектура естественных языков и аналогичный подход, принятый в LG, — это примеры общего семиотического механизма мультirezолуций (иерархии моделей разного разрешения), введенного позже А.Майстелом (Майстел, 1996a, 1996b).

Оставался ключевой вопрос о том, какие языки следует использовать для этой модели? В течение 50-70-х годов, формально-синтаксический подход к исследованию свойств естественного языка привёл к быстрому развитию теории формальных языков (Хомский, 1963; Гинсбург, 1966; Хопкрофт и Ульман, 1979 и другие). Это развитие предоставило интересную возможность для распространения лингвистического подхода в другие области. В частности, возникла идея об аналогичном лингвистическом представлении физических образов (рис. 1.5). Эта идея была успешно разработана и воплощена в синтаксических методах распознавания образов (Нарасимхан, 1966; Фу, 1974, 1982; Павлидис, 1977) и языках описания изображений (Шоу, 1969; Федер, 1971; Розенфельд, 1979). Плекс-языки, введенные в (Федер, 1971), продемонстрировали значительную описательную мощь. В обычной строке символов каждый символ связан только с двумя соседями — левым и правым. Поэтому он имеет две точки сцепления. В Плекс-языке символ называется NAPE (*nAttaching-Point Entity*, т.е. *n-связанный объект*) и может иметь произвольное число *n*-точек сцепления для соединения с другими символами. Результирующие слова представляют общие многомерные образы, которые позволяют генерировать образы, представляющие деревья, сложные химические формулы, электрические схемы и т.д. Нечто аналогичное можно было бы сделать в LG с Траекториями и Сетями.

В поисках адекватных математических инструментов, формализующих эвристику, мы преобразовали идею лингвистического представления сложных естественных и искусственных образов в идею аналогичного представления сложных иерархических систем (Штильман, 1981, 1984b, 1985a, 1985b, 1985c, 1992). Однако соответствующие языки должны были бы иметь более изощрённые и гибкие атрибуты, чем языки, обычно используемые для описания образов. Происхождение таких формальных языков можно проследить ретроспективно, начиная с исследований *программируемых* и *атрибутивных* грамматик (Кнут, 1968; Розенкранц, 1969 и прочие). В этом отношении, особого внимания заслуживают результаты Н.Волченкова (1979) и Л.Кузина (1979). Волченков разработал исключительно мощные порождающие (генерирующие) грамматики, которые он называет БУППГ. Модификация и обобщение этих грамматик (Штильман, 1993a, 1993b) позволили нам построить языки, которые удовлетворяли всем требованиям для представления динамических иерархий. Эта модификация, названная *управляемыми грамматиками* (глава 8), позволила использовать их как универсальный инструмент на всех уровнях LG, формально доказывать правильность и полноту построенных языков, оценивать вычислительную сложность их порождения (главы 8-12 и 14). Новая версия управляемых грамматик рассмотрена в (В.Яхнис, А.Яхнис и Б.Штильман, 1996, 1997).

До третьего этапа развития LG, в начале 90-х годов, формальные инструменты ещё не были организованы в полномасштабную математическую модель. Развитие программ ПИОНЕР на втором этапе было основано на наборе эвристических алгоритмов. Многократные эксперименты с этими

программами позволили сделать далеко идущие обобщения и позднее построить математическую модель.

1.9 Этап 3: Новейшая История

С 1991 года этот подход называется Лингвистической Геометрией (LG) из-за геометрической природы обнаруженных эвристик и теории формальных языков, применённой для их формализации. Полная разработка двух уровней иерархии языков была представлена в (Штильман, 1993a, 1993b и 1994d).

В 70-х и 80-х годах цели исследования были связаны с открытием наиболее глубоких особенностей экспертных эвристик перебора и разработкой математических инструментов, которые формализуют эти особенности. В 90-х годах с установлением LG как отдельной области цели изменились. На третьем этапе развития LG научные цели связаны с исследованием пределов эффективности, общности, вычислительной сложности и точности LG.

Частичный список вопросов для исследований в области LG в 90-х годах приведен ниже. Какой должна быть наиболее эффективная общая структура программных реализаций LG? Существуют ли задачи высокой размерности, решаемые с использованием LG? Как повлияет на время расчётов переход от двумерных задач к трехмерным задачам? Как изменится время расчётов, если мы увеличим число агентов и обеспечим их более развитыми средствами перемещения? Сможем ли мы решать задачи с частично или даже полностью параллельными ходами, используя аналогичные формальные инструменты? Какова вычислительная сложность этих задач?

К счастью, неожиданно для нас, в этот период мы получили ответы не только на эти, но и на другие дополнительные вопросы. Насколько точны решения LG? Можем ли мы строго оценить (и доказать) определённый уровень точности? Если наше доказательство конструктивно, можно ли использовать ту же самую технику для получения решения (а не только для оценки точности)?

Все программы, разработанные в 70-х и 80-х годах в рамках проекта ПИОНЕР, были в высшей степени проблемно-ориентированными. Они служили реализацией эвристических иерархий подсистем для специфических проблемных областей. В 90-х годах мы начинали исследование различных подходов и программных инструментов для реализации общей иерархии формальных языков и их приложений.

Несколько общих LG-грамматик были впервые реализованы в Университете Колорадо в Денвере в 1993 году Д.Кингом и Р.Матьюсом с использованием языка CLIPS и языка C, соответственно (Кинг, 1993) и (Матьюс, 1993). В то время как Р.Матьюс реализовал только два уровня иерархии — Траектории и Зоны (на C), Д.Кинг разработал прототип полномасштабной иерархии грамматик, используя среду программирования CLIPS. Он показал также, что инструменты программирования CLIPS (Гиарратано и Рилей, 1998), предназначенные первоначально для разработки экспертных систем, продемонстрировали высокую эффективность для быстрой реализации LG-грамматик. Конечно, эффективность на этапе разработки была достигнута за счёт снижения эффективности на этапе исполнения. Однако эти инструменты могут

послужить основой для разработки прототипов.

Другое направление исследований было связано с выяснением фактической актуальности применимости общих LG-инструментов к различным проблемным областям. В 1995 году С.Флечер реализовал Грамматики кратчайших и допустимых Траекторий с обобщенными отношениями достижимости, используя C++ (Флечер, 1996; Флечер и Штильман, 1997). Он применил этот инструмент для разработки программного прототипа для моделирования управления навигацией робота в индустриальной среде. Интерпретация различных движений робота через отношения достижимости позволила этой системе планировать близкие к оптимальным пути роботов и избегать столкновений с неподвижными и подвижными препятствиями. Различные версии этого прототипа демонстрировались в Сандийской Национальной Лаборатории, Научном Центре Рокуэлла и на множестве конференций.

Проблемно-ориентированная версия LG-инструментов была разработана Р.Тюрekom (Тюрек, 1996 и 1997). Он разработал очень эффективное коммерческое программное обеспечение, работающее в реальном времени, для прокладки маршрутов для машин экстренной помощи. Эти машины (полиция, пожарные и санитарные машины) направлялись к месту происшествия в ответ на телефонные звонки по номеру 911. LG-грамматики использовали отношения достижимости, которые формально представляли планы улиц и заторы движения на улицах города Авроры (часть Денвера), штат Колорадо. Планы улиц были введены при помощи географической информационной системы (GIS), в то время как информация о заторах обновлялась в реальном времени по данным от приборов, которыми комплектуются транспортные средства автодорожной полиции. Варианты этой программы демонстрировались в NASA в Центре Космических Полетов в Гринбелте, MD, и на нескольких конференциях.

В 1996 году Д.Вуд разработал BGF — универсальную программную среду для настольных игр в виде апплетов на языке Java (Вуд, 1996). Этот инструмент был предназначен для разработки перспективных интерфейсов для приложений LG в различных проблемных областях. В 1997-98 годах Э.Скисов использовал BGF для дальнейшего совершенствования своего инструмента моделирования военных игр (Скисов, 1997).

Этот инструмент моделирования военных игр (пока что наиболее полная реализация LG-алгоритмов) был разработан Э.Скисовым в 1997 году в рамках совместного проекта Университета Колорадо в Денвере и Университета Денвера (Скисов, 1997; Скисов и Б.Штильман, 1997, 1998a и 1998b). Его инструмент генерировал полномасштабную иерархию языков, включая предварительную версию Грамматики Переводов, основанную на беспереборном подходе (глава 13). Эта реализация была предназначена для исследования новых подходов в LG. В частности это был первый LG-инструмент, применённый к задачам с параллельным движением агентов. Также, это было первой реализацией LG для параллельной вычислительной среды на основе сети компьютеров. В этой среде вычисление траекторий с помощью Грамматики Траекторий происходило параллельно. Инструмент моделирования военных игр был реализован на C++ и на Java. Новая версия инструмента разрабатывается исключительно на языке Java.

В 1998 году класс задач, в которых применима LG, был расширен путём включения задач для локальных агентов, перемещающихся с переменной скоростью. Это расширение приближает модели

LG к задачам из реальной жизни. Михаил Штильман обобщил отношения достижимости и изменил Грамматику Кратчайших Траекторий для этого случая (М.Штильман, А.Яхнис и В.Яхнис, 1998), (ОПРЕДЕЛЕНИЕ 2.4 и разд.9.10). Его реализация этой грамматики (на C++) вычисляет все кратчайшие пути для самолёта, который должен избежать пролёта над некоторыми территориями. Вначале самолёт ускоряется, затем идёт по курсу с постоянной скоростью и в конце полёта он замедляется, чтобы приземлиться.

В настоящее время исследуется применение LG к системам управления, где безопасность является критическим параметром. Это системы управления крылатыми ракетами, инопланетными исследовательскими аппаратами, системы национальной противоракетной обороны (с оценкой угрозы и контрмер), а также системы управления космическими военными операциями.

По мере того, как общая структура и детали реализаций LG становятся более понятными, мы приближаемся к осуществлению нового проекта. Универсальный LG-testbad будет служить структурной средой для разработки приложений LG путём настройки на определённую проблемную область. Также, LG-testbad будет использоваться для быстрой проверки новых идей и подходов в LG.

Чтобы ответить на вопросы о пределах применимости и требованиях к ресурсам для приложений LG, мы разработали набор задач постепенно возрастающей сложности. Некоторые из них были основаны на этюдах, которые рассматривались в прошлом: этюде Рети, этюде Надареишвили и других. Последовательность задач постепенно возрастающей сложности включала задачи с трёхмерной областью и областью с переменным размером $n \times n$ с большим числом агентов, со сложными параметрами подвижности, с чередующимся параллельным движением и полностью параллельным движением агентов и т.д. Решение этих задач с использованием LG-инструментов должно было обеспечить материал для дальнейших теоретических исследований.

В 1993 году, реализованная на основе CLIPS, иерархия грамматик была применена к задаче оптимального управления четырьмя роботами в двумерном пространстве, участвующими в игре 2-х игроков. Задача была представлена как двумерная дискретная игра уклонения от преследования с 4 агентами — задача 2D/4A (Штильман, 1996a, 1997a и глава 3). В сущности, это была версия этюда Рети. Традиционные подходы требуют, чтобы дерево игры для решения этой задачи содержало миллион ходов. LG-инструменты позволили нам найти решение в виде LG-дерева, которое включало только 46 ходов с показателем ветвления 1,65. Интересный результат был получен в 1994 году, когда задача 2D/4A была обобщена для трёхмерного случая — задача 3D/4A (Штильман, 1994b, 1994c, 1996a и глава 4). Задача была представлена как игра уклонения от преследования космических станций, которые должны достигнуть определённых областей в пространстве, и космических кораблей, которые могут перехватить эти станции или предотвратить перехват. Традиционные подходы требуют, чтобы дерево игры для решения этой задачи содержало триллион ходов, в то время как дерево, сгенерированное LG-инструментами, содержало всего около 50 ходов с коэффициентом ветвления близким к 1. Очевидно, что LG-инструменты позволили нам устранить экспоненциальный рост времени исполнения (относительно входных данных) для этого класса задач (разд.4.4).

Другой существенный тест для LG-инструментов в задачах со значительно большим пространством состояний проводился для двумерных и трёхмерных игр уклонения от преследования, в которых использовались 8 космических кораблей с необычайно сложными и развитыми возможностями перемещения (Штильман, 1995a, 1995b, 1997d и глава 5). Это была версия этюда Г.Надареишвили. Глубина решения и, соответственно, глубина перебора были чрезвычайно большими, по крайней мере, 25 ходов. Теоретические оценки показали, что для нахождения решения этих задач требуется генерация деревьев игры, которые бы включали приблизительно 1525 и 3025 ходов для задач 2D/8A и 3D/8A соответственно. Генерация дерева такого размера выходит за пределы разумных временных ограничений для любого компьютера. Однако, LG-деревья, сгенерированные LG-инструментами, состояли приблизительно из 150 ходов при коэффициенте ветвления 1,12.

Эти примеры продемонстрировали существенный рост сложности задач от числа роботов, их способности к перемещению, размерности операционной области и, особенно, от требуемой глубины перебора. По тому, как увеличилась продолжительность анализа каждого состояния, можно предположить, что это был всего лишь полиномиальный рост (низкой степени) относительно длины входа. (Оценка времени исполнения представлена в главе 14). Деревья перебора практически не увеличились. Во всех экспериментах LG-деревья были очень маленькими, что позволяет нам предполагать, что размер этих деревьев также является полиномом низкой степени относительно входа. Можно заключить, что полное время вычислений, которое является произведением размера дерева перебора и времени анализа каждого узла (состояния), для моделей LG растёт как полином.

В вышеупомянутых примерах подвижные объекты — самолёты, космические корабли и т.д. — перемещаются последовательно, т.е. один объект за один ход. Кроме того, движения объектов противоположных сторон чередуются. Нам было важно расширить применимость LG, охватив задачи с параллельным перемещением. На разных этапах развития LG формальное определение класса многоагентных систем, в которых применима LG, никогда не включало требования последовательных или чередующихся ходов, однако все примеры включали только последовательные перемещения. Новое направление, связанное с применением LG к многоагентным системам с высокой степенью параллелизма, определилось в 1994 году (Штильман, 1995c, 1995d, 1997a, 1997b и глава 6). Новый класс игр, называемый многоагентными играми на графе с одновременными ходами, был разработан В.Яхнисом и автором (1995). Эти новые игры разрешают одновременные (*параллельные*) ходы нескольких кооперирующих и конкурирующих агентов; кроме того, каждая сторона (суперагент) может пропустить ход или сделать ход путём одновременного перемещения одного или нескольких локальных агентов.

Несколько примеров было разработано в 1994-95 годах. Мы постепенно увеличивали степень параллелизма, выясняя его воздействие на эффективность LG-инструментов (глава 6). Применение LG к задачам с полностью параллельными движениями первоначально финансировалось американскими ВВС в 1995 году в рамках летней программы для профессоров на базе Лаборатории Филиппса, расположенной на Военно-Воздушной Базе Кэртланд (Штильман, 1997a). Прототип программы для генерации сценария воздушного боя в режиме реального времени был разработан в Лаборатории Филиппса в 1995 году. Эта программа была предназначена для управления пилотируемыми и беспилотными самолётами, наводимыми датчиками, установленными на спутниках, для обнаружения и уничтожения подвижных вражеских пусковых установок ракет. В

1996 году эти исследования финансировались грантом от Сандийской Национальной Лаборатории. В этих задачах самолеты — свои и противника — могли летать одновременно. Разработанные задачи включали две противостоящих группы, по два самолёта в каждой группе. Введение параллелизма привело к существенному росту коэффициента ветвления, до 324 (если применять перебор по методу "брут форс"). Это число — основание степени при экспоненциальном законе роста размера дерева игры, которое должно быть построено. Однако, LG-дерево для этой полностью параллельной модели содержит только 40 ходов с коэффициентом ветвления примерно 1,5. Позже эти результаты были обобщены для $n \times n$ области (Штильман и Флечер, 1998; и главы 6, 13 и 14).

В то время как введение параллелизма оказывает решающее влияние на время исполнения при использовании традиционных алгоритмов, этого, кажется, не происходит при использовании LG. Это означает, что LG-инструменты позволили выделить подкласс низких (полиномиальных) по сложности задач в классе задач, которые обычно рассматривались в вычислительном отношении как трудноразрешимые. Новый подкласс включает не только последовательные, но также и параллельные задачи (главы 13 и 14). Более глубокое исследование этих вопросов нам предстоит в будущем.

Одно из последних достижений в LG — математическое доказательство оптимальности решений, полученных для некоторого класса задач, содержащего так называемые Рети-подобные задачи моделирования военных игр (Штильман, 1996b, 1997c, 1997d). Эти исследования финансировались грантом от Сандийской Национальной Лаборатории. Результат, полученный в 1996 году и позднее улучшенный, всё ещё выглядит удивительным для тех, кто вовлечён в исследования по LG. На протяжении всей истории развития LG значительные трудности виделись в том, как продемонстрировать качество приближённых решений, т.е. хороших или почти выигрышных стратегий, например, как измерить их точность. Как уже обсуждалось выше, это были решения одобренные экспертами. Существование ошибки даже не вызывало сомнений, потому что эвристические алгоритмы обычно не гарантируют оптимум. В течение многих лет мы пытались понять, как оценить степень этой ошибки. Удивительно, что эти исследования привели к доказательству отсутствия ошибки для Рети-подобных задач (разд.13.9). Этот новый результат свидетельствует о том, что LG-инструменты генерируют оптимальные решения для подкласса переборных задач. Оптимальность означает, что результат совпадает с решением, которое могло бы быть получено при использовании полного перебора по методу "брут форс".

Самая интересная особенность этого доказательства состоит в том, что оно является конструктивным. Доказательство основано на декомпозиции Пространства Состояний (т.е. ДИ) на подпространства и построении множества путей между этими подпространствами. Каждый путь представляет потенциально выигрышную LG-стратегию для одного из суперагентов. Множество путей образует полное множество стратегий-кандидатов. Затем некоторые из стратегий-кандидатов отбрасываются как нереализуемые. Попытка реализации оставшихся стратегий-кандидатов, лучших для каждой из сторон, заканчивается фактическим построением решения — выбором (оптимальной) стратегии для этой задачи. Два решения, 1-е, построенное в процессе доказательства, и 2-е оригинальное, сгенерированное ранее LG-инструментами, совпадают. Однако, новое решение, полученное (в процессе доказательства) построением LG-стратегий, не использует вообще

никакого перебора на дереве (т.к. не генерирует LG-дерева). Кроме того, оно доказуемо оптимально.

В этой связи возникла мысль о конверсии доказательства в прямое построение LG-решений. Это было достигнуто в 1998 году (Штильман, 1998a, 1998b; и глава 13). Новый метод был назван беспереборным подходом. Беспереборный подход был расширен для охвата задач с параллельным движением агентов. Инструмент моделирования военных игр, разработанный Э.Скисовым, был впервые применён для экспериментов с параллельными задачами на основе беспереборного подхода (Скисов и Штильман, 1998a и 1998b). Задачи были решены с коэффициентом ветвления, равным точно 1, т.е. без ветвления в других направлениях.

В настоящее время разработаны две версии верхнего уровня LG-алгоритма: *Грамматика Переводов* и *Беспереборный Алгоритм*. Первый является универсальным инструментом, применимым к различным задачам. Генерируя маленькое LG-дерево перебора, он не даёт формальных оснований для заключения о точности решения; обычно, он генерирует решения, которые являются лучшими среди известных. С другой стороны, Беспереборный Алгоритм генерирует доказуемо оптимальное решение — выигрышную стратегию без перебора на дереве, но в настоящее время он применим только к подклассу Рети-подобных задач. Обратите внимание, что термин "беспереборный подход" означает, что перебор на дереве устранён, но Алгоритм всё ещё может включать некоторые другие типы перебора, например, полиномиальные по времени переборы. Вероятно, будущие исследования, основанные на развитии беспереборного подхода, приведут к перестройке верхнего уровня иерархии языков — Языка Переводов.

Помимо задач с подвижными объектами и противоположными сторонами (типа моделирования навигации робота), LG-инструменты могут быть эффективно применены к задачам без явного конфликта и противоположных сторон, например, к задаче составления расписаний с распределением ресурсов. Основы этого подхода были заложены применениями проекта ПИОНЕР к составлению графиков ремонтов и планированию на 1-м этапе развития LG (разд.1.7). Чтобы применить LG-инструменты, мы вводим искусственную игру двух игроков, т.е. искусственный конфликт, операционную область, подвижные объекты и противоборствующие стороны (Штильман и Флетчер, 1998, и глава 7). Эта формулировка позволила нам решить задачи высокой размерности, которые были неразрешимы при использовании традиционных подходов.

ЭТЮДЫ

Этюд Р.Рети, 1921.

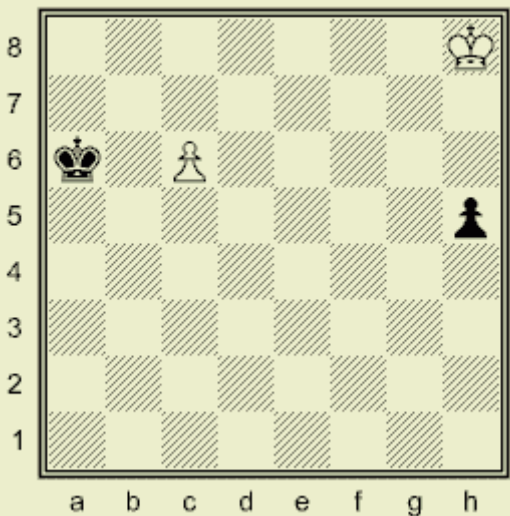
Этюд М.Ботвинника и С.Каминера, 1925.

Этюд Г.Надареишвили, 1950.

М.М.Ботвинник — Х.Р.Капабланка, 1938.

Этюд Р.Рети.

Ничья.



Этюд Р.Рети. Решение

1. Kph8-g7 ...	1. ... h5-h4
2. Kpg7-f6 ...	2. ... Кра6-b6
3. Kpf6-e5! ...	3. ... h4-h3
4. Кре5-d6 ...	4. ... h3-h2
5. c6-c7 ...	5. ... h2-h1Ф
6. c7-c8Ф ...	Ничья.

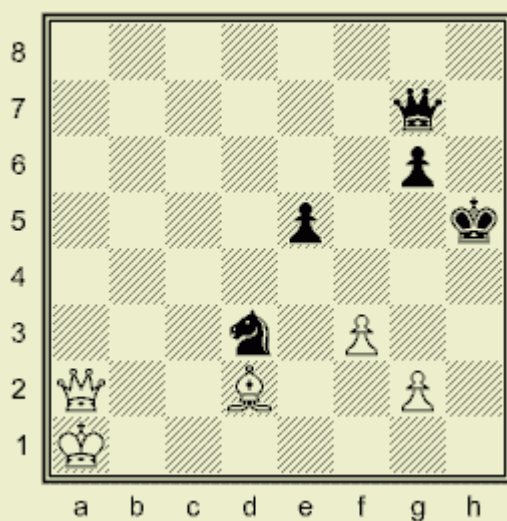
Этюд Р.Рети. Решение 2

1. Kph8-g7 ...	1. ... h5-h4
2. Kpg7-f6 ...	2. ... h4-h5
3. Kpf6-e7 ...	3. ... h3-h2
4. c6-c7 ...	4. ... Кра6-b7

5. Кре6-d7 ...	5. ... h2-h1Ф
6. с7-с8Ф+ ...	Ничья.

Этюд М.Ботвинника и С.Каминера.

Белые начинают и выигрывают.

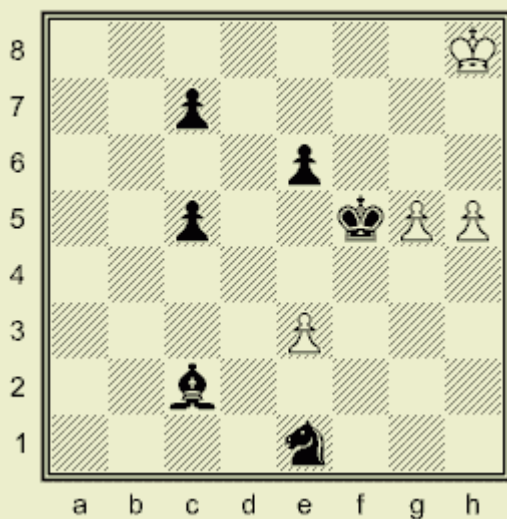


Этюд М.Ботвинника и С.Каминера. Решение

1. g2-g4+ ...	1. ... Kph5-h4
2. Сс2-h6 ...	2. ... Фg7:h6
3. Фа2-h2+ ...	3. ... Kph4-g5
4. Фh2-d2+ ...	4. ... Kpg5-h4
5. Фd2:h6+ ...	Чёрные сдались.

Этюд Г.Надареишвили.

Белые начинают и выигрывают.

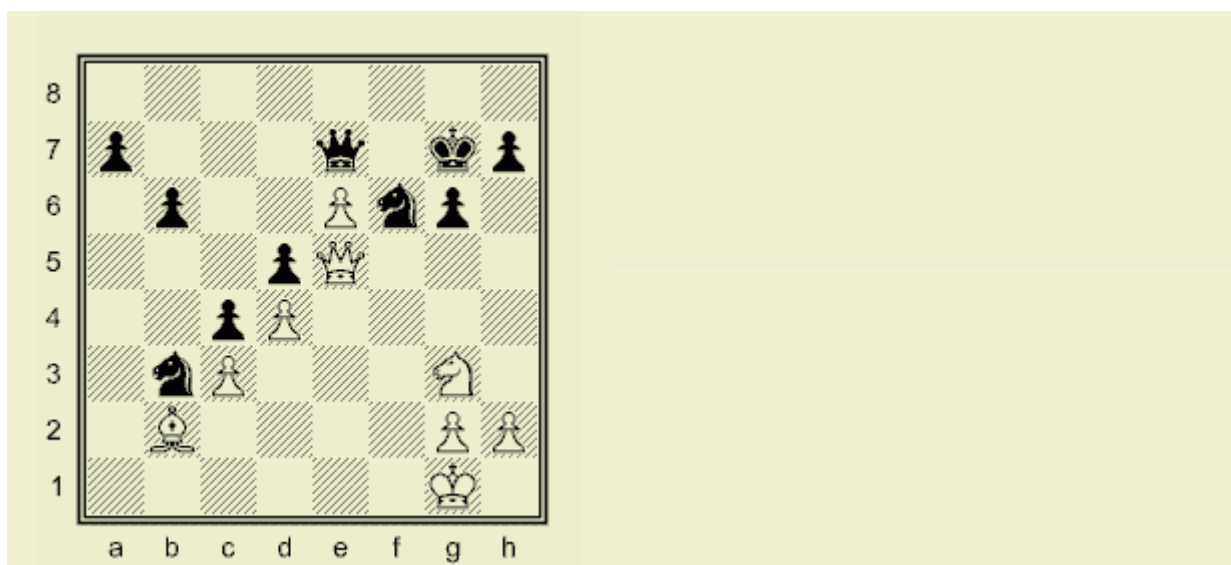


Этюд Г.Надареишвили. Решение

1. g5-g6 ...	1. ... Kpf5-f6
2. g6-g7 ...	2. ... Cc2-h7
3. e3-e4!! ...	3. ... Ke1-f3
4. e4-e5+ ...	4. ... Kf3:e5
5. Kph8:h7 ...	5. ... Ke5-f7
6. g7-e8Ф ...	6. ... Kf7-g5+
7. Фg8:g5+ ...	7. ... Kpf6:g5
8. h5-h6 ...	8. ... c5-c4
9. Kph6-g6 ...	9. ... c4-c3
10. g6-g7 ...	10. ... c3-c2
11. h7-h8Ф ...	11. ... c2-c1Ф
12. Фh8-h6+ ...	12. ... Kpg6-f5
13. Фh6:c1 ...	Чёрные сдались.

М.Ботвинник — Х.Р.Капабланка, 1938.

Белые начинают и выигрывают.



М.Ботвинник — Х.Р.Капабланка, 1938. **Решение**

30. Cb2-a3 ...	30. ... Фе7:a3
31. Kg3-h5+! ...	31. ... g6:h5
32. Фе5-g5+	32. ... Kpg7-f8
33. Фg5:f6+ ...	33. ... Kpf8-g8
34. e6-e7 ...	34. ... Фа3-c1+
35. Kpg1-f2	35. ... Фc1-c2+
36. Kpf2-g3	36. ... Фc2-d3+
37. Kpg3-h4	37. ... Фd3-e4+
38. Kph4:h5	38. ... Фе4-e2+
39. Kph5-h4	39. ... Фе2-e4+
40. g2-g4	40. ... Фе4-e1+
41. Kph4-h5	Чёрные сдались.

ЛИТЕРАТУРА

Ищите и обряцете
(из Библии)

Велика бывает польза от учения книжного...
мудрость бо обретаем и воздержание
от книжных словес:
се бо суть реки напояющи вселенную,
се бо суть исходища мудрости...

Эльбас Дж. (1991). Albus, J. (1991). "Outline for a Theory of Intelligence", *IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics*, 1991, No.3, pp.473-509.

Аллен Дж.Ф. (1984). Allen, J.F. (1984). "Towards a general theory of action and time", *Artificial Intelligence*, 1984, No.23, pp.123-154.

Берж С. (1957). Berge, C. (1957). "Topological Games with Perfect Information", *Contributions to the Theory of Games, III, Annals of Mathematical Studies*, 1957, No.39, pp.165-170, Princeton, NJ.

Боди М., Диан Т. (1989). Boddy, M., Dean, T. (1989). "Solving Time-Dependent Planning Problems", *Proc. of the 11th Int. Joint Conf. on AI*, 1989, pp.979-984.

Ботвинник М.М. (1961). "Люди и машины за шахматной доской", *Шахматы в СССР*, 1961, № 3, Москва, (см. также Ботвинник М.М., 1987).

Ботвинник М.М. (1968). *Алгоритм игры в шахматы*, "Наука", Москва, 1968, 93 стр., 25 тыс. экз.

Ботвинник М.М. (1970). Botvinnik, M.M. (1970), *Chess, Computers and Long-Range Planning*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, and New York, 1970, (перевод с русского Ботвинник М.М., 1968 на английский).

Ботвинник М.М. (1972). *Блок-схема алгоритма игры в шахматы*, АН СССР: Научная секция по комплексной проблеме «Кибернетика», Москва, 1972, 28 стр.

Ботвинник М.М. (1973). *О кибернетической цели шахматной игры*, АН СССР: Научная секция по комплексной проблеме «Кибернетика», Москва 1973, 40 стр.

Ботвинник М.М. (1974). "Шахматы и компьютеры", *Правда*, Август 17, 1974, Москва, (см. также Ботвинник М.М., 1987).

Ботвинник М.М. (1975). *О кибернетической цели игры*, "Советское радио", Москва, 1975, 86 стр., 57 тыс. экз.

http://web-lib.info/2008/10/09/215_knig_po_shakhmatam.html

Ботвинник М.М. (1977). "ПИОНЕР готовится к чемпионату", *Правда*, Ноябрь 24, 1977, Москва, (см. также Ботвинник М.М., 1987).

Ботвинник М.М., Штильман Б.М., Юдин А.Д. (1978).

"Искусственный шахматный мастер", *Вестник АН СССР*, Москва, 1978, № 4, стр.82-91.

Ботвинник М.М. (1979а). "Man and the Computer", *Personal Computing*, January, 1979.

Ботвинник М.М. (1979b). *От шахматиста — к машине*, Москва, 1979 (см. также Ботвинник М.М., 1987, 1997).

Ботвинник М.М. (1979). *О решении неточных переборных задач*, "Советское радио", Москва, 1979, 149 стр., 15 тыс. экз.

Ботвинник М.М. (1979с). "Почему у меня возникла идея искусственного интеллекта?". - *Вопросы философии*, 1979, № 2, (см. также Ботвинник М.М., 1987).

Ботвинник М.М. (1980а). "Методом «божьей коровки»", *Юность*, № 8, 1980, стр.107-109, Москва, (см. также Ботвинник М.М., 1987).

Ботвинник М.М. (1980b). "Робот начинает и ...", *Комсомольская правда*, Апрель 24, 1980, Москва.

Ботвинник М.М., Штильман Б.М., Юдин А.Д., Резницкий А.И., Цфасман М.А. (1980).

"О шахматистах и компьютерах", *Препринт для 2-го Международного симпозиума по Искусственному Интеллекту*, 9 стр., Репино, Ленинград, Россия, октябрь 1980.

Ботвинник М.М. (1981). "Зачем ЭВМ играет в шахматы", *Правда*, Март 30, 1981, Москва, (см. также Ботвинник М.М., 1987).

Ботвинник М.М. (1982). *Meine neuen Ideen zur Schachprogrammierung* (My New Ideas on Computer Chess Programming), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, and New York, 177 pp., 1982, (перевод с русского Ботвинник М.М., 1979 на немецкий).

Ботвинник М.М. (1983). "Шахматная игра - прошлое, настоящее, будущее", журнал *Международной ассоциации компьютерных шахмат*, № 1, 1983, Амстердам, (см. также Ботвинник М.М., 1987).

Ботвинник М.М., Мирный В.Р. (1983). "Алгоритм выравнивания графика нагрузки энергосистем", рабочие заметки.

Ботвинник М.М., Петряев Е., Резницкий А.И., Сюткин Б.Д., Тимофеев Я.И., Уланов Г.А. (1983).

"Применение нового метода решения переборных задач к планирования ремонтов оборудования электростанций",

Экономика и математические методы, Москва, 1983, т.19, вып.6, стр.1030-1041, (см. также Ботвинник М.М., 1989).

Ботвинник М.М. (1984). *Computers in Chess: Solving inexact search problems*, Springer Series in Symbolic Computation, with Appendixes, Springer-Verlag, New York, 158 pp., 1984, (перевод с русского Ботвинник М.М., 1979 на английский).

Ботвинник М.М. (1984а). *Аналитические и критические работы 1923-1941*, "Физкультура и спорт", Москва, 1984, 320 стр., 120 тыс. экз.

Ботвинник М.М. (1985). *Аналитические и критические работы 1942-1956*, "Физкультура и спорт", Москва, 1985, 400 стр., 120 тыс. экз.

Ботвинник М.М. (1986). *Аналитические и критические работы 1957-1970*, "Физкультура и спорт", Москва, 1986, 368 стр., 120 тыс. экз.

Ботвинник М.М. (1987). *Аналитические и критические работы 1928-1986. Статьи. Воспоминания*, "Физкультура и спорт", Москва, 1987, 528 стр.

Ботвинник М.М. (1987а). "Об искусственном шахматном мастере", (в кн. Ботвинник М.М., 1987).

Ботвинник М.М. (1987b). "Шахматы и принятие решений", (в кн. Ботвинник М.М., 1987).

Ботвинник М.М. (1987с). "О шахматистах и компьютерах", Предисловие к книге Г.Опферманна "Успехи больших шахматных мыслителей", на нем. языке, (в кн. Ботвинник М.М., 1987).

Ботвинник М.М. (1987d). "Роль Греко в развитии шахмат", (в кн. Ботвинник М.М., 1987).

Ботвинник М.М. (1989). *"Шахматный метод решения переборных задач"*, "Советский спорт", Москва, 1989, 112 стр., 15 тыс. экз.

http://web-lib.info/2008/10/09/215_knig_po_shakhmatam.html

Ботвинник М.М. (1997). *У цели*, Москва, 1997.

Бухи Дж.Р., Ландвебер Л.Х. (1969). Buchi, J.R., Landweber, L.H. (1969). "Solving Sequential Conditions by Finite State Strategies", *Transactions of the Amer. Math. Soc.*, vol. 138, pp.295-311.

Чэпман Д. (1987). Chapman, D. (1987). "Planning for conjunctive goals", *Artificial Intelligence*, 1987, No.32(3).

Хомский Н. (1963). Chomsky, N. (1963). "Formal Properties of Grammars", in *Handbook of Mathematical Psychology*, eds. R.Luce, R.Bush, E. Galanter., vol. 2, John Wiley & Sons, New York: Wiley, 1963, pp.323-418.

Хомский Н. (1966). "Формальные свойства грамматик", *Кибернетический сборник*, Москва, 1966, № 2, стр.121-230.

(

см. также

Кузин Л.Т., 1979

Кузнецов О.П., Адельсон-Вельский Г.М., 1988

Лорьер Ж.-Л., 1991

)

Чанг Дж., Лью Дж., Лин К. (1990). Chung, J., Liu, J., Lin, K. (1990), "Scheduling Periodic Jobs That Allow Imprecise Results", *IEEE Transactions on Computers*, 1990, No.39(9), pp.1156-1174.

Дейкстра Э. (1976). Dijkstra, E.W. (1976). *A Discipline of Programming*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.

Дейкстра Э. (1978). *Дисциплина программирование*, Москва, "Мир", 1978, 275 стр., 25 тыс. экз.

Драббле Б. (1991). Drabble, B. (1991). "Spacecraft Command and Control Using Artificial Intelligence Techniques", *J. of the British Interplanetary Society*, 1991, vol. 44, pp.251-254.

Федер Дж. (1971). Feder, J. (1971). "Plex languages", *Information Sciences*, 1971, No.3, pp.225-241.

Файкс Р., Нильсон Н. (1971). Fikes, R.E., Nilsson, N.J. (1971). "STRIPS: A New Approach to the Application of Theorem Proving in Problem Solving", *Artificial Intelligence*, 1971, No.2, pp.189-208.

Файкс Р., Нильсон Н. (1971). "Система STRIPS — новый подход к применению методов доказательства теорем при решении задач", в сб. *Интегральные роботы*, вып. 1. Под ред. Г.Е.Поздняка, Москва, 197.., стр.82-103.

(

см. также

Кузин Л.Т., 1979

Лорьер Ж.-Л., 1991

)

Флечер С. (1996). Fletcher, C. (1996). "Linguistic Geometry Methods for Autonomous Mobile Robot Control", *Thesis*, University of Colorado at Denver, 1996.

Флечер С., Штильман Б. (1997). Fletcher, C., Stilman, B. (1997). "Linguistic Geometry for Robot Control", *Proc. of the 15th IMACS World Congress on Scientific Computation, Modelling and Applied Mathematics*, Berlin, Germany, Aug., 1997, pp.521-526.

Фу Н. (1996). Foo, N. (1996). *Private Communication* of November 13, 1996.

Фу К.С. (1974). Fu, K.S. (1974). *Syntactic Methods in Pattern Recognition*, Academic Press, New York and London, 1974.

Фу К. (1977). *Структурные методы в распознавании образов*, Москва, "Мир", 1977, 320 стр.

Фу К.С. (1982). Fu, K.S. (1982). *Syntactic Pattern Recognition and Applications*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1982.

Гейл Д., Стюарт Ф.М. (1953). Gale, D., Stewart, F.M. (1953). "Infinite Games with Perfect Information", *Contributions to the theory of games, Annals of Math. Studies*, No. 28, Princeton Univ. Press, pp. 245-266, 1953.

Гарсия-Ортиз А., Вуттон Дж., Родин Е.У., и др. (1993). Garcia-Ortiz, A., Wootton, J., Rodin, E.Y., Amin, S.M., Meusey, ., Ruan, C., Wu, A.Y., De, P., Revetta, J. (1993). "Application of Semantic Control to a Class of Pursue-Evader Problems", *Computers and Mathematics with Applications*, 1993, No.26(5), pp.97-124.

Гэри М., Джонсон Д. (1991). Garey, M.R., Johnson D.S. (1991). *Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness*, (Bell Laboratories, Murray Hill, New Jersey), W.H. Freeman and Company, San Francisco, 1991.

Гэри М., Джонсон Д. (1982). *Вычислительные машины и труднорешаемые задачи*, Москва, "Мир", 1982, 416 стр., 8 тыс. экз.

Георгеф М.П. (1983). Georgeff, M.P. (1983). "Communication and Interaction in Multiagent Planning", *Proc. of the 3d AAAI Conf.*, Washington, DC, 1983, pp.125-129.

Георгеф М.П. (1990). Georgeff, M.P. (1990). "Planning", in *Readings in Planning*, Morgan Kauffmann, San Mateo, CA, 1990, pp.5-25.

Гинзбург С. (1966). Ginsburg, S. (1966). *The Mathematical Theory of Context-Free Languages*, McGraw Hill, New York, 1966.

Гинзбург С. (1970). *Математическая теория контекстно-свободных языков*, Москва, "Мир", 1970.

Гиарратано Дж. (1991). Giarratano, J.C. (1991). *CLIPS User's Guide*, NASA Johnson Space Center, Information Systems Directorate, (JSC-25013), 1991.

(

см. также

Язык **CLIPS**. <http://clipsrules.sourceforge.net/> — сервер CLIPS.

О программирование на CLIPS см. в кн. **Штефик М. (2002).**

Программирование на языке CLIPS,

Введение в экспертные системы, Перевод с англ. в HTML с 3-го изд., 2002.

)

Гиарратано Дж., Рилей Г. (1998). Giarratano J., Riley G. (1998). *Expert Systems: Principles and Programming*, 3rd Ed., Boston, MA: PWS Publishing, 1998 (см. также Stefik, M., [1995](#))

Грис Д. (1983). Gries, D. (1983). *The Science of Programming*, Springer-Verlag, 1983.

Гуревич У., Харрингтон Л. (1982). Gurevich, Y., Harrington, L. (1982). "Trees, Automata and Games", *Proc. of the 14th Annual ACM Symposium on Theory of Computing*, 1982, pp.60-65.

Хайес Р.Дж. (1971). Hayes, R.J. (1971). "Logic of Actions", *Machine Intelligence*, 1971, No.6, pp.495-519.

Хсу Ф., и др. (1990). Hsu, F-h., Anantharaman, T.S., Campbell M.S., Nowatzky, A. (1990). "Deep Thought", in *Computers, Chess, and Cognition*, Ed. by Marsland, T.A., Schaeffer, J., Springer-Verlag, New York, 1990, pp.55-78.

Хопкрофт Дж., Ульман Дж. (1979). Hopcroft, J., Ullman, J. (1979). *Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation*, Addison-Wesley, Reading, MA, 1979.

Хопкрофт Дж., Ульман Дж. (2002). *Введение в теорию автоматов, языков и вычислений*, С-Петербург, 2002.

(

см. также

Ахо А., Ульман Дж., 1978a, 1978b

Ахо А., Хопкрофт Дж., Ульман Дж., 1979

Рэйнгольд Э., Нивергельд Ю., Део Н., 1980

)

Айзекс Р. (1965). Isaacs, R. (1965). *Differential Games*, Wiley, New York, NY, 1965.

Кэйндел Х. (1990). Kaindl, H. (1990). "Tree Search Algorithms", in *Computers, Chess, and Cognition*, Ed. by Marsland, T.A., Schaeffer, J., Springer-Verlag, New York, 1990, pp.133-158.

Кинг Д. (1993). King, D. (1993). "Rule Based Approach to Hierarchical Grammars for Geometrical Reasoning", *M.S. Thesis*, 1993, 141 pp., Dept. of Computer Science, University of Colorado at Denver.

Хенкин В. (1977). "Алгоритм для шахматной игры", в жур. *Советский Союз*, Май 1977, № 6(327), стр.46-47.

Кноблок С.А. (1990). Knoblock, C.A. (1990). "Learning Abstraction Hierarchies for Problem Solving", *Proc. of the 8th AAAI Conf.*, Menlo Park, CA, 1990, pp.923-928.

Кнут Д.Э. (1968). Knuth, D.E. (1968). "Semantics of Context-Free Languages", *Mathematical Systems Theory*, 1968, No.2, pp.127-146.

Кнут Д.Э. (1978). "Семантика контекстно-свободных языков", в сб. *Семантика языков программирования*, Москва, "Мир", 1978.

Кнут Д.Э., Мур Р.У. (1975). Knuth, D.E., Moore, R.W. (1975), "An Analysis of Alpha-Beta Pruning", *Artificial Intelligence*, 1975, No.6(4), pp.293-326.

Корф Р.Э. (1987). Korf, R.E. (1987), "Planning as Search: A Quantitative Approach", *Artificial Intelligence*, 1987, No.33, pp.65-88.

Корф Р.Э. (1990). Korf, R.E. (1990), "Real-Time Heuristic Search", *Artificial Intelligence*, 1990, No.42(2-3), pp.189-211.

Кун Х. (1953). Kuhn, H.W. (1953). "Extensive Games and the Problem of Information", *Contributions to the Theory of Games, II, Annals of Mathematical Studies*, Princeton, NJ, 1953, No.28, pp.193-216.

Кузин Л.Т.(1979). *Основы кибернетики*, том 2. Основы кибернетических моделей, "Энергия", Москва, 1979, 584 стр., 27 тыс. экз.

Лозанна Р. (1993). Lauzzana, R. (1993), *Private Communication*, October, 1993.

Лейтман Г. (1990). Leitmann, G. (1990), *Optimization Techniques with Applications to Aerospace Systems*, Academic Press, 1990.

Лиров Я., Родин, Э.Я., и др. (1988). Lirov Y., Rodin, E.Y., McElhaney, B.G., Wilbur, L.W. (1988), "Artificial Intelligence Modeling of Control Systems", *Simulation*, 1988, No.50(1), pp.12-24.

Лессер, В.Р., Павлин Дж., Дюрфи Э. (1988). Lesser, V.R., Pavlin, J., Durfee, E. (1988), "Approximate Processing in Real-Time Problem Solving", *AI Magazine*, 1988, No.9(1), pp.49-62.

Льюс Р., Райфа Г. (1957). Luce, R.D., Raiffa, H. (1957), *Games and Decisions*, Wiley, New York, 1957.

Льюс Р., Райфа Г. (1961). *Игры и решения*, "ИЛ", Москва, 1961.

Матьюс Э.Р. (1993). Mathews E.R. (1993), "An Implementation of the Grammars of Trajectories and Zones in C Language", *M.B.S. Thesis*, Dept. of Mathematics, University of Colorado at Denver, 1993.

МакАллестер Д., Розенблит Д. (1991). McAllester, D. and Rosenblitt, D. (1991), "Systematic Non-Linear Planning", *Proc. of AAAI*, 1991, pp.634-639.

МакКарти Дж. (1980). McCarthy, J. (1980), "Circumscription - A Form of Non-Monotonic Reasoning", *Artificial Intelligence*, 1980, No.13, pp.27-39.

МакКарти Дж. (1990). McCarthy, J. (1990), "Chess as the Drosophila of AI", in *Computers, Chess, and Cognition*, Ed. by Marsland, T.A., Schaeffer, J., Springer-Verlag, New York, 1990, pp.227-237.

МакКарти Дж. (1997). McCarthy, J. (1997), "AI as Sport, Review of (Newborn, 1996)", *Science*, June 6, 1997, No.276, pp.1518-1519.

МакКарти Дж. (1998). McCarthy, J. (1998), "«Computer Chess» and human chess", <http://www-formal.stanford.edu/JMC/reti.HTML>

МакКарти Дж., Хайес П.Дж. (1969). McCarthy, J., Hayes, P.J. (1969), "Some Philosophical Problems from the Standpoint of Artificial Intelligence", *Machine Intelligence*, 1969, No.4, pp.463-502.

МакДермотт Д. (1985). McDermott, D. (1985), "Reasoning about Plans", in *Formal Theories in the Commonsense World*, Ed. J.R.Hobbs, R.C.Moore, Ablex, Norwood, NJ, 1985, pp.269-317.

МакНотон Р. (1993). McNaughton, R. (1993), "Infinite Games Played on Finite Graphs", *Annals of Pure and Applied Logic*, 1993, vol. 65, pp.149-184.

Месарович, М.Д., Такахара Я. (1989). Mesarovich, M.D., Takahara Y. (1989), *Abstract Systems Theory*, Springer-Verlag, Berlin, 1989.

Майстел, А. (1995). Meystel, A. (1995), *Semiotic Modeling and Situation Analysis: An Introduction*, AdRem Inc., Bala Cynwyd, PA, 1995.

Майстел А. (1996a). Meystel, A. (1996a), "Intelligent System: A Semiotic Perspective", *Int. Journal of Intelligent Control and Systems*, 1996, No.1(1), pp.31-57.

Майстел А. (1996b). Meystel, A. (1996b), "Evolution of Knowledge in Large Complex Systems: An Extended Abstract", *Proc. of the 1996 Int. Workshop on Control Mechanisms for Complex Systems*, Las Cruces, NM, Dec. 1996, pp.231-254.

Майстел А. (1998). Meystel, A. (1998), *Private Communication*, December, 1998.

Мирный В.Р., Чудаков М.В., Штильман Б.М. (1988). "АРМ программиста на основе интегрированной системы версий программ", *Программная инженерия*, МДНТП им.Дзержинского, Москва, 1988, стр.59-65.

Мирный В.Р., Ройзнер А.Г., Чудаков М.В., Штильман Б.М. (1986). "Инструментальная система поддержки разработки и отладки больших программ на ФОРТРАНе ЕС ЭВМ", *Программирование*, Москва, 1986, № 5, стр.27-38.

(см. также Брукс мл. Ф.П., 1979)

Надареишвили Г. (1975). *Шахматные этюды в Грузии*, "Сабшота Сакартвело", Тбилиси, 1975.

Надареишвили Г. (1976). *Избранные шахматные этюды*, "Физкультура и спорт", Москва, 1976, 103 стр., 50 тыс. экз. (Харьковская книжная фабрика).

Нарасимхан Р.Н. (1966). Narasimhan, R.N. (1966), "Syntax-Directed Interpretation of Classes of Pictures", *Communications of the ACM*, 1966, No.9, pp.166-173.

Нарасимхан Р.Н. (1969). "Лингвистический подход к распознаванию образов", в сб. *Автоматический анализ сложных изображений*, Перевод под ред. Э.М.Бравермана, Москва, "Мир", 1969.

Ньюборн М. (1996). Newborn, M. (1996), *Computer Chess Comes of Age*, Springer-Verlag, New York, NY, 1996.

Ньюборн М. (1997). Newborn, M. (1997), "History of Chess Table, Guest Essay", <http://www.Chess.IBM.com/Learn/HTML/e.8.5.HTML>

Ньюэлл, А., Саймон, Г.А. (1972). Newell, A., Simon, H.A. (1972), *Human Problem Solving*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1972.

(см. также "Вычислительные машины и мышление", 1967)

Нильсон Н.Дж. (1980). Nilsson, N.J. (1980), *Principles of Artificial Intelligence*, Tioga Publ., Palo Alto, CA, 1980.

Нильсон Н. (1985). *Принципы искусственного интеллекта*, Москва, "Радио и связь", 1985.

(

см. также

Нильсон Н.Дж., 1973

Хант Эрл, 1978

Кузин Л.Т., 1979

Лорьер Ж.-Л., 1991

)

Оуэн Г. (1982). Owen, G. (1982), *Game Theory*, Academic Press, 1982.

Павлидис Т. (1972). Pavlidis, T. (1972), "Linear and Context-Free Graph Grammars", *Journal of the ACM*, 1972, No.19, pp.11-22.

Павлидис Т. (1977). Pavlidis, T. (1977), *Structural Pattern Recognition*, 1977, Springer-Verlag, New York.

(

см. также

Ту Дж., Гонсалес Р., 1978

Хант Эрл, 1978

Кузин Л.Т., 1979

Павлидис Т., 1979, 1986

Русын Б.П., 1986

)

Педнаулт Э.П. (1987). Pednault, E.P. (1987), "Solving Multiagent Dynamic World Problems in the Classical Planning Framework", *Proc. of the 1986 Workshop "Reasoning about actions and Plans"*, Los Altos, CA, 1987, pp.42-82,

Пелевин Р., Аллен Дж.Ф. (1986). Pelavin, R., Allen, J.F. (1986), "A Formal Logic of Plans in a Temporally Rich Domain", *Proc. IEEE, Spec. Issue Knowledge Representation*, 1986, No.74, pp.1364-1382.

Пайгеон, А., Ховард, Г., Сейтон Б. (1992). Pigeon, A., Howard, G., Seaton B. (1992), "Operational Aspects of Spacecraft Autonomy", *J. of the British Interplanetary Society*, 1992, 45: 87-92.

Пойа Д. (1945). Polya, G. (1945), *How to Solve It*, Princeton University Press, Princeton, NJ, 1945.

Пойа Д. (1959). *Как решать задачу*, "Учпедгиз", Москва, 1957.

(

см. также

Пойа Д., 1975, 1976

Хант Эрл, 1978

Лорьер Ж.-Л., 1991

)

Раш Дж. (1994). Rash, J.L. (1994), "Guest Editor's Note", *Telematics and Informatics*, 1994, No.11(4), pp.293.

Резницкий А.И., Бордюгов В.М., Штильман Б.М. (1983). "Метод планирования ремонтов энергооборудования", *Электричество*, 1983, № 2, с.58-61.

Резницкий А.И., Штильман Б.М. (1983). "Применение метода ПИОНЕР в планировании ремонтов энергооборудования", *Автоматика и телемеханика*, 1983, № 11, с.147-153.

Резницкий А.И. (1985). "Разработка нового метода планирования ремонтов оборудования электростанций с учетом расходуемых ресурсов", *Тезисы диссертации к.т.н.*, ВНИИЭ, Москва, 1985.

Резницкий А.И. (1987). "Заметки по формализации экономического алгоритма", рабочие заметки, 1987.

Рич, Э., Найт, К. (1991). Rich, E., Knight, K. (1991), *Artificial Intelligence*, 2nd Ed., McGraw Hill, New York, 1991.

Родин Э. (1988). Rodin E.Y. (1988), "Semantic Control Theory", *Applied Mathematics Letters*, 1988, No.1(1), pp.73-78.

Родин Э. (1992). Rodin E.Y. (1992), *Private Communication*, June 1992.

Родин Э. (1994). Rodin E.Y. (1994), *Private Communication*, August 1994.

Родин Э., Лиров Я., и др. (1987). Rodin E.Y., Lirov, Y., Mittnik, S., McElhaney, B.G., Wilbur, L. (1987), "Artificial Intelligence in Air Combat Games", *Computers and Mathematics with Applications*, 1987, No.13(1-3), pp.261-274.

Родин Э., и др. (1988). Rodin E.Y., Ghosh, B.K., Golenko, F., Weil, R. (1988), "Collision Free Path Planning in a Dynamic Environment: Semantic Control Approach", *Simulation*, 1988, No.11, pp.196-201.

Розенфельд А. (1979). Rosenfeld, A. (1979), *Picture Languages, Formal Models for Picture Recognition*, Academic Press, 1979.

(

см. также

Розенфельд А., 1972

Ту Дж., Гонсалес Р., 1978

Хант Эрл, 1978

Шлезингер М.И., 1989

)

Розенкранц Д. (1969). Rozenkrantz, D.J. (1969), "Programmed Grammars and Classes of Formal Languages", *J. of the ACM*, 1969, No.1, pp.107-131.

Розенкранц Д. (1970). "Программные грамматики и классы формальных языков", *Сборник переводов по вопросам информационной теории и практики*, Москва, ВИНТИ, 1970, № 16.

Сакердоти Э.Д. (1974). Sacerdoti, E.D. (1974), "Planning in a Hierarchy of Abstraction Spaces", *Artificial Intelligence*, 1974, No.5, pp.115-135.

Сакердоти Э.Д. (1975). Sacerdoti, E.D. (1975), "The Nonlinear Nature of Plans", *Proc. Int. Joint Conference on Artificial Intelligence*, pp.206-214.

Шеннон К. (1950). Shannon, C.E. (1950), "Programming a digital computer for playing chess", *Philosophy Magazine*, March, 1950, No.41, pp.356-375.

Шеннон К. (1963). *Работы по теории информации и кибернетике*, Сборник статей, Москва, "ИЛ", 1963.

(см. также "Вычислительные машины и мышление", 1967)

Шоу А. (1969). Shaw, A.C. (1969), "A Formal Picture Description Scheme as a Basis for Picture Processing System", *Information and Control*, 1969, No.19, pp.9-52.

Шинар Дж. (1990). Shinar, J. (1990), "Analysis of Dynamic Conflicts by Techniques of Artificial Intelligence", INRIA Report, Antipolis.

Скисов Э. (1997). Skhisov, E. (1997), "War Game Simulation Using Linguistic Geometry and Parallel Object Oriented Tools", *M.S. Thesis*, 1997, 109 pp., University of Denver.

Скисов Э., Штильман Б. (1997). Skhisov, E., Stilman, B. (1997), "War Game Simulation Tools Based on Linguistic Geometry Approach", *Proc. of the 15th IMACS Congress on Scientific Computation, Modeling and Applied Mathematics*, Berlin, Germany, Aug. 1997, pp.515-520.

Скисов Э., Штильман Б. (1998a). Skhisov, E., Stilman, B. (1998a), "No-Search Approach in Linguistic Geometry: Experiments with Concurrent Agents", (4935-4940), (*3d Symposium on Linguistic Geometry*), *Proc. of the IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics - SMC'98*, San Diego, CA, USA, Oct. 1998, pp.11-14.

Скисов Э., Штильман Б. (1998b). Skhisov, E., Stilman, B. (1998b), "No-Search Approach in Linguistic Geometry: Combat Simulation Tool", (4941-4945), (*3d Symposium on Linguistic Geometry*), *Proc. of the IEEE International Conference on Systems, man, and Cybernetics - SMC'98*, San Diego, CA, USA, Oct. 1998, pp.11-14.

Слэйгл Дж., Диксон Дж. (1969). Slagle, J., Dixon, J. (1969), "Experimentics with Some Programs that Search Game Trees", *Journal of the ACM*, No.16(2), 1969, pp.189-207.

Слэйгл Дж., Диксон Дж. (1970). Slagle, J., Dixon, J. (1970), "Experimentics with the **m** and **n** Tree Searching Program", *Journal of the ACM*, No.17, 1970, pp.147-154.

(см. также Слэйгл Дж., 1973)

Штефик М. (1981). Stefik, M. (1981), "Planning and meta-planning (MOLGEN: Part 2)", *Artificial Intelligence*, 1981, No.2, pp.141-169.

Штефик М. (1995). Stefik, M. (1995), *Introduction to Knowledge Systems*, 3rd Ed., San Francisco, CA: Morgan Kaufmann, 1995.

Штефик М. (2002).

Программирование на языке CLIPS,

Введение в экспертные системы, Перевод с англ. в HTML с 3-го изд., 2002.

Штильман Б.М. (1975). "Формирование множества пучков траекторий", Приложение 1, стр.70-78 в кн. Ботвинник М.М., 1975.

Штильман Б.М. (1976aa). "О программе формирования зоны игры", *Деп. ВИНТИ* 3947-76, (тоже в Штильман Б.М., 1979).

Штильман Б.М. (1976bb). "Дерево перебора в зоне игры", *Деп. ВИНТИ* 3947a-76, (тоже в Штильман Б.М., 1979).

Штильман Б. (1976a). Stilman, B. (1976a), "Das Programmieren der Generierung und des Minimax innerhalb der Spielzonen" (Programming of Search and Minimax within a Zone), *Abt, Informatik Universitat Dortmund*, Dortmund, Germany, 1976, vol.29, pp.31-55, (Перевод с русского Штильман Б.М., 1976bb на немецкий).

- Штильман Б. (1976b).** Stilman, B. (1976b), "Die Spielzone" (Zones), *Abt, Informatik Universitat Dortmund*, Dortmund, Germany, 1976, vol.29, pp.1-30, (Перевод с русского Штильман Б.М., 1976аа на немецкий).
- Штильман Б.М. (1976с).** "Машина учится", *Шахматы в СССР*, 1976, № 4, стр.20-22.
- Штильман Б. (1977).** Stilman, B. (1977), "The Computer Learns", in book **Levy, D.**, *1976 US Computer Chess Championship*, Computer Science Press, Woodland Hills, CA, 1977, pp. 83-90.
- Штильман Б.М. (1978).** "Исследование системы управления на основе модели шахматной игры", *Технический отчёт*, ВНИИЭ, Москва, 1978, 201 стр.
- Штильман Б.М. (1979).** "Зоны игры", Приложение 1, стр.70-104 в кн. Ботвинник М.М., 1979 (см. также Штильман Б.М., 1976аа и 1976bb).
- Штильман Б.М. (1981).** "Иерархия формальных грамматик для решения переборных задач", *Технический отчёт*, ВНИИЭ, Москва, 1981, 105 стр.
- Штильман Б. (1984а).** Stilman, B. (1984а), "Fields of Play", Appendix 1, pp.68-104 in Botvinnik, М.М., 1984.
- Штильман Б.М. (1985).** "Разработка метода иерархии формальных грамматик и его применение в планировании ремонтов энергооборудования", *Тезисы диссертации к.т.н.*, ВНИИЭ, Москва, 1985.
- Штильман Б.М. (1985а).** "Иерархия формальных грамматик для решения переборных задач", *Искусственный интеллект. Итоги и перспективы. Труды международной рабочей группы*, Москва, 1985, стр.63-72.
- Штильман Б.М. (1985b).** "Формально-лингвистическая модель для решения задач дискретной оптимизации. 1. Инструментарий формализации. Язык траекторий", *Известия АН СССР. Техническая кибернетика*, Москва, 1985, № 3, стр.110-122, 4886 экз.
- Штильман Б.М. (1985с).** "Формально-лингвистическая модель для решения задач дискретной оптимизации. 2. Язык зон, переводы и проблема границ", *Известия АН СССР. Техническая кибернетика*, Москва, 1985, № 4, стр.10-21, 4886 экз.
- Штильман Б. (1992).** Stilman, B. (1992), "A Linguistic Geometry of Complex Systems, *Abstr. 2nd Int. Symposium on Artificial Intelligence and Mathematics*", Fort Lauderdale, FL, USA, Jan. 1992.
- Штильман Б. (1993а).** Stilman, B. (1993а), "A Linguistic Approach to Geometric Reasoning" , *Int. J. Computers and Mathematics with Applications*, 1993, No.26(7), pp.29-57.
- Штильман Б. (1993b).** Stilman, B. (1993b), "Network Languages for Complex Systems" , *Int. J. Computers and Mathematics with Applications*, 1993, No.26(8), pp.51-79.
- Штильман Б. (1993с).** Stilman, B. (1993с), "Syntactic Hierarchy for Robotic Systems", *Integrated Computer-Aided Engineering*, 1993, No.1(1), pp.57-81.
- Штильман Б. (1993d).** Stilman, B. (1993d), "A Formal Language for Hierarchical Systems Control", *Languages of Design*, 1993, No.1(4), pp.333-356.
- Штильман Б. (1994а).** Stilman, B. (1994а), "A Linguistic Geometry of the Chess Model" , *Advances in Computer Chess 7*, University of Limburg, Maastricht, Netherlands, 1994, pp.91-117.
- Штильман Б. (1994b).** Stilman, B. (1994b), "A Linguistic Geometry for Space Applications" , *Proc. of 1994 Goddard Conference on Space Applications of Artificial Intelligence*, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, May 1995, pp.87-101.
- Штильман Б. (1994с).** Stilman, B. (1994с), "Heuristic Networks for Space Exploration", *Telematics and Informatics, An Int. Journal on Telecommunications & Information Technology*, 1994, No.11(4), pp.403-428.
- Штильман Б. (1994d).** Stilman, B. (1994d), "Translations of Network Languages" , *Int. J. Computers and Mathematics with Applications*, 1994, No.27(2), pp.65-98.

- Штильман Б. (1994е).** Stilman, B. (1994e), "A Linguistic Geometry for Control Systems Design", *International Journal of Computers and Their Applications*, Dec. 1994, vol. 1, No.2, pp.89-110.
- Штильман Б. (1994ф).** Stilman, B. (1994f), "[Software Development Environment for Concurrent Design and maintenance of Complex research Projects](#)" , *Proc. of the Int. Symposium on Applied Corporate Computing - ISACC'94*, Monterrey, Mexico, Oct. 1994, pp.147-156.
- Штильман Б. (1995).** Stilman, B. (1995), "[Heuristic Networks for Aerospace Systems Control: Totally Concurrent Motions](#)" , 1995.
- Штильман Б. (1995аа).** Stilman, B. (1995аа), "[Multiagent Air Combat with Concurrent Motions](#)" , (Symposium on LINGUISTIC GEOMETRY AND SEMANTIC CONTROL), *Proc. of the First World Congress on Intelligent Manufacturing: Processes and Systems*, Mayaguez, Puerto Rico, Feb. 1995, pp.855-867.
- Штильман Б. (1995а).** Stilman, B. (1995а), "[Deep Search in Linguistic Geometry](#)" , (Symposium on LINGUISTIC GEOMETRY AND SEMANTIC CONTROL), *Proc. of the First World Congress on Intelligent Manufacturing: Processes and Systems*, Mayaguez, Puerto Rico, Feb. 1995, pp.868-879.
- Штильман Б. (1995б).** Stilman, B. (1995б), "[A Linguistic Geometry for 3D Strategic Planning](#)" , *Proc. of the 1995 Goddard Conference on Space Applications of Artificial Intelligence and Emerging Information Technologies*, NASA Goddard Space Flight Center, Greebelt, MD, USA, May 1995, pp.279-295.
- Штильман Б. (1995с).** Stilman, B. (1995с), "A Linguistic Geometry for Multiagent Systems", *Proc. of The 8th Int. Conference on Industrial & Engineering Applications of Artificial Intelligence & Expert Systems - IEA/AIE*, Melbourne, Australia, June 1995, pp.3-12.
- Штильман Б. (1995д).** Stilman, B. (1995д), "Total Concurrency and Uncertainty in Linguistic Geometry", *Proc. of The IEEE Int. Symposium on Intelligent Control*, Monterey, CA, USA, August 1995, pp.79-84.
- Штильман Б., Дир Д. (1995е).** Stilman, B., Dyer, D. (1995е), "Linguistic Geometry for Aerospace Combat Simulation: Serial and Concurrent Agents", *Proc. of the Fifth Int. Conf. on Human-Machine Interaction and Artificial Intelligence in Aerospace*, Toulouse, France, Sept. 1995, pp.27-29.
- Штильман Б. (1996а).** Stilman, B. (1996а), "[Network Languages for Intelligent Control](#)" , *An International Journal: Computers & Mathematics with Applications*, 1996, No.31(3), pp.91-118.
- Штильман Б. (1996б).** Stilman, B. (1996б), "Linguistic Geometry Tools Generate Optimal Solutions", *Conceptual Structure: Knowledge Representation as Interlingua*, *Proc. of the 4th Int. Conf. on Conceptual Structures*, ICCS'96, Sydney, Australia, August 1996, pp.75-99; pub.. as "Lecture Notes", in *Artificial Intelligence*, No. 1115, Springer-Verlag, Berlin, 1996.
- Штильман Б. (1997а).** Stilman, B. (1997а), "[Network Languages for Concurrent Multiagent Systems](#)" , *An International Journal: Computers & Mathematics with Applications*, 1997, No.34(1), pp.103-136.
- Штильман Б. (1997б).** Stilman, B. (1997б), "From Serial to Concurrent Motions in Multiagent Systems: A Linguistic Geometry Approach", *Journal of Systems Engineering*, 1997, (to appear).
- Штильман Б. (1997с).** Stilman, B. (1997с), "Fighting Dimensionality with Linguistic Geometry: Serial and Concurrent Strategies", in the book *Computer-Intensive Dimensionality*, Ed. Warwick, K., Karny, M.; Birkhauser Publ., Boston, 1997, pp.1-47.
- Штильман Б. (1997д).** Stilman, B. (1997д), "Managing Search Complexity in Linguistic Geometry", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Dec. 1997, vol. 27, No.6, pp.978-998.
- Штильман Б. (1998а).** Stilman, B. (1998а), "No-Search Approach in Linguistic Geometry: State Space Chart", (The 3d Symposium on Linguistic Geometry), *Proc. of the IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics - SMC'98*, San Diego, CA, USA, Oct.11-14, 1998, pp.4907-4912.

Штильман Б. (1998b). Stilman, B. (1998b), "No-Search Approach in Linguistic Geometry: Constructions of Strategies", (The 3d *Symposium on Linguistic Geometry*), *Proc. of the IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics - SMC'98*, San Diego, CA, USA, Oct.11-14, 1998, pp.4913-4918.

Штильман Б. (1998с). Stilman, B. (1998с), "Solving Games by Construction of Strategies", *Notes of the CTS Workshop on Combinatorics and Algorithms*, Taipei, Taiwan, Dec.21-23, 1998, pp.74-101.

Штильман Б. (1998d). Stilman, B. (1998d), "Introductions to Linguistic Geometry Tools: Selected Topics", (The 3d *Symposium on Linguistic Geometry*), *Proc. of the IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics - SMC'98*, San Diego, CA, USA, Oct.11-14, 1998, pp.3183-3188.

Штильман Борис, (2000). "Лингвистическая Геометрия: от Перебора к Построению", Stilman Boris (2000), "Linguistic Geometry: From Search to Construction", Series: [Operations Research/Computer Science Interfaces Series](#), Vol. 13, 2000, 416p., Hardcover, ISBN: 0-7923-7738-9, © Springer. Part of [Springer Science+Business Media](#)

Штильман Б., Флечер К., (1998). Stilman, B., Fletcher, C., (1998), "Systems Modeling in Linguistic Geometry: Natural and Artificial Conflicts", *Int. J. Systems Analysis, Modeling, Simulation*, May 1998, pp.1-42.

Штильман М., Яхнис В., (1998). Stilman, M., Yakhnis, V., (1998), "Linguistic Geometry Tools for Multiple Agents with Variable Speeds", *Proc. of the IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, La Jolla, CA, Oct. 1998.

Штроснайдер Дж., Пэул К.Дж. (1994). Strosnider, J.K., Paul, C.J. (1994), "A Structured View of Real-Time Problem Solving", *AI Magazine*, 1994, No.15(2), pp.45-66.

Тэйт А., Хендлер Дж., Драммонд М., (1990). Tate, A., Hendler, J., Drummond, M., (1990), "A Review of AI Planning Techniques", in *Readings in Planning*, San Mateo, CA: Morgan Kaufmann, 1995, pp.26-49.

Тюрек Р. (1996). Turek, R. (1996), "The Application of Linguistic Geometry to the Routing of Emergency Vehicles", *M.S. Thesis*, University of Colorado at Denver, 1996, 44 pp.

Тюрек Р. (1997). Turek, R. (1997), "The Application of Linguistic Geometry to the Routing of Emergency Vehicles", *Advances in Systems Science and Applications*, Jan 1997, pp.186-195, (special issue).

Волченков Н.Г. (1979). "Интерпретатор бесконтекстных управляемых параметрических программных грамматик", в сб. *Вопросы кибернетики. Интеллектуальные банки данных*, Под ред. Л.Т.Кузина, Москва, Науч. совет по компл. пробл. «Кибернетика» АН СССР, 1979, стр.147-157.

Фон Нейман Дж., Morgenstern О. (1944). Von Neumann, J., Morgenstern, O. (1944), *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton University Press, 1944.

Фон Нейман Дж., Morgenstern О. (1970). *Теория игр и экономическое поведение*, Москва, "Наука", 1970.

(

см. также

Фон Нейман Дж., 1961

Кузин Л.Т., 1979

)

Вуд Д. (1996). Wood, D. (1996), "BGF: A Framework for Board Game Applets", *M.S. Thesis*, University of Colorado at Denver, 1996, 120 pp.

Яхнис А. (1997а). Yakhnis, A. (1997a), "Refinement of Strategies within Multi-agent Strategic Approach and Linguistic Geometry", *Advances in Systems Science and Applications*, Jan 1997, pp.173-177, (special issue).

Яхнис А., Яхнис В. (1990). Yakhnis, A., Yakhnis, V. (1990), "Extension of Gurevich-Harrington's restricted Memory determinacy Theorem: A Criterion for the Winning Player and an Explicit Class of Winning Strategies", *Annals of Pure and Applied Logic*, 1990, vol.48, pp.277-297.

Яхнис А., Яхнис В. (1993). Yakhnis, A., Yakhnis, V. (1993), "Gurevich-Harrington's Games defined by Finite Automata", *Annals of Pure and Applied Logic*, 1993, vol.62, pp.265-294.

Яхнис А., Яхнис В., Штильман Б. (1997). Yakhnis, A., Yakhnis, V., Stilman, B. (1997), "Linguistic Geometry and Board Game Approach to Automated Generation of Schedules", *Proc. of the 15th IMACS World Congress on Scientific Computation, Modelling and Applied Mathematics*, Berlin, Germany, Aug. 1997, pp.485-490.

Яхнис В. (1998). Yakhnis, V. (1998), "Grammar of Zones with Admissible Trajectories of Arbitrary Degrees", *Proc. of the IEEE Int. Conf. on Systems, Man, and Cybernetics*, La Jolla, CA, Oct. 1998.

Яхнис В., Штильман Б. (1995а). Yakhnis, V., Stilman, B. (1995a), "[Foundations of Linguistic Geometry: Complex Systems and Winning Conditions](#)", *Proc. of the First World Congress on Intelligent Manufacturing: Processes and Systems*, Mayaguez, Puerto Rico, Feb. 1995, pp.843-854.

Яхнис В., Штильман Б. (1995b). Yakhnis, V., Stilman, B. (1995b), "[A Multi-Agent Graph-Game Approach to Theoretical Foundations of Linguistic Geometry](#)", *Proc. of the Second World Conference on the Fundamentals of Artificial Intelligence (WOCFAI'95)*, Paris, France, July 1995.

Яхнис В., Яхнис А., Штильман Б. (1996). Yakhnis, V., Yakhnis, A., Stilman, B. (1996), "Managing Large System State Spaces via Linguistic Geometry (LG) Trajectories", *Proc. of the Int. Conf. Intelligent Systems: Simeotic Perspective*, Gaithersburg, MD, Oct. 1996, pp.284-290.

Яхнис В., Яхнис А., Штильман Б. (1997). Yakhnis, V., Yakhnis, A., Stilman, B. (1997), "A Linguistic Geometry Grammar of Admissible Trajectories of Arbitrary Degrees", *Proc. of the 15th IMACS World Congress on Scientific Computation, Modelling and Applied Mathematics*, Berlin, Germany, Aug. 1997, pp.509-514.

Юдин А.Д. (1979). "Библиотека эндшпиля программы ПИОНЕР (использование опыта прошлого по справочному методу и методу стремления)", Приложение 3, стр.110-133 в кн. Ботвинник М.М., 1979.

(

см. также

Юдин А.Д., 1975, 1975а, 1976

Резницкий Ф.И., Юдин А.Д., 1979

)

Зейтман С. (1994). Zeitman, S. (1994), "Unforgettable forgetful determinacy", *Logic and Computation*, 1994, vol.4, pp.273-283.

<http://chessprogramming.wikispaces.com/Boris+Stilman>

S. Khanmohammadi, A. Aghagolzadeh, M. A. Badamchi Zadeh†, S. Ghaemi (2002). "Application of Fuzzy-Linguistic Geometry on Robot 3D Path Planning", *Proceedings of the 10th Mediterranean Conference on Control and Automation - MED2002*, Lisbon, Portugal, July 9-12, 2002.

S. Khanmohammadi, A. Aghagolzadeh, M. A. Badamchi Zadeh†, S. Ghaemi (2002). "Application of Linguistic Geometry to Real Time 3D Navigation of Multiple Robots", *Proceedings of the 10th Mediterranean Conference on Control and Automation - MED2002*, Lisbon, Portugal, July 9-12, 2002.

José Roberto Mercado Vega and Zvi Retchkiman (2009). "Modeling the Game of Arimaa with Linguistic Geometry", *2009 IEEE Symposium on Computational Intelligence and Games*, Königsberg, 2009.

Дополнительная литература на русском языке

по ИИ,
распознаванию образов и изображений с лингвистическим подходом,
математической лингвистике,
теории сложности вычислений
и программированию игр

Алферов Г.В. (1998). *Методы лингвистической геометрии Стилмана в задачах робототехники*, в сб. "Проблемы механики и управления. Нелинейные динамические системы", вып.30, Пермь, Пермский государственный университет (ПермГУ), 1998. ["ПермГУ - Сборник Проблемы механики и управления - Уральский центр истории науки и образования - Наука.htm"] Уральский центр истории науки и образования - Наука. (14 КБ)
см. также [Интернет-ресурсы ПермГУ](#)

Адельсон-Вельский Г.М., Арлазаров В.Л., Донской М.В. (1978). *Программирование игр*, "Наука. Гл.ред.ф-м.литературы", Москва, 1978, 256 стр., 34 тыс. экз.

Адельсон-Вельский Г.М., Арлазаров В.Л., Битман А.Р., Донской М.В. (1983). *Машина играет в шахматы*, "Наука", Москва, 1983, 208 стр., 43 тыс. экз.

Ахо А., Хопкрофт Дж., Ульман Дж. (1979). *Построение и анализ вычислительных алгоритмов*, Перевод с англ. под ред. Ю.В.Матиясевича, Москва, "Мир", 1979, 536 стр., 26 тыс. экз.

Ахо А., Ульман Дж. (1978a). *Теория синтаксического анализа, перевода и компиляции. Том 1: Синтаксический анализ*, Перевод с англ. под ред. В.М.Куручкина, Москва, "Мир", 1978, 612 стр.

Ахо А., Ульман Дж. (1978b). *Теория синтаксического анализа, перевода и компиляции. Том 2: Компиляция*, Перевод с англ. под ред. В.М.Куручкина, Москва, "Мир", 1978, 487 стр.

Брукс мл. Ф.П. (1979). *Как проектируются и создаются программные комплексы. (Мифический человек-месяц. Очерки по системному программированию)*, Перевод с англ. под ред. А.П.Ершова, Москва, "Наука. Гл.ред.ф-м.литературы", 1979, 151 стр., 20

тыс. экз.

Брукс мл. Ф.П. (1995). *Как проектируются и создаются программные комплексы. (Мифический человек-месяц. Очерки по системному программированию)*

Гик Е.Я. (1976). *Математика на шахматной доске*, Москва, "Наука", 1976, 176 стр., 100 тыс. экз.

Гик Е.Я. (1983). *Шахматы и математика*, Библиотечка "КВАНТ", вып.24, Москва, "Наука. Гл.редакция физ.-мат. литературы", 1983, 175 стр., 300 тыс. экз.

Карпов А.Е., Гик Е.Я. (1981). *Шахматный калейдоскоп*, Библиотечка "КВАНТ", вып.13, Москва, "Наука. Гл.редакция физ.-мат. литературы", 1981, 208 стр., 300 тыс. экз.

Карпов А.Е., Гик Е.Я. (1984). *Неисчерпаемые шахматы*, Москва, Издательство Московского университета, 1984, 320 стр., 110 тыс. экз.

Карпов А.Е., Гик Е.Я. (1991). *Неисчерпаемые шахматы*, 2-е издание, Москва, Издательство Московского университета, 1991, 400 стр., 75 тыс. экз.

Карпов А.Е., Гик Е.Я. (1991а). *Шахматные сюжеты*, Москва, "Знание", 1991, 335 стр., 110 тыс. экз.

Корнилов Евгений (2005). *Программирование ШАХМАТ и других логических игр*, Санкт-Петербург, "БХВ-Петербург", 2005, стр.272, 3 тыс. экз.

Вычислительные машины и мышление, Под ред. Фейгенбаума Э. и Фельдмана Дж. (1967)., Сборник статей, Перевод с англ. под ред. Э.М.Бравермана, А.В.Напалкова и Ю.В.Орфеева, Москва, "Мир", 1967, 552 стр.

Кузнецов О.П., Адельсон-Вельский Г.М. (1988). *Дискретная математика для инженера*, "Энергоатомиздат", Москва, 1988, 480 стр., 30 тыс. экз.

Лорьер Ж.-Л. (1991). *Системы искусственного интеллекта*, Перевод с французского под ред. к.ф-м.н. В.Л.Стефанюка, Москва, "Мир", 1991, 568 стр., 20 тыс. экз.

Нейман фон Дж. (1961). "К теории стратегических игр", в кн. *Матричные игры*, Москва, "Физматгиз", 1961, стр.173-204.

Нильсон Н.Дж. (1967). *Обучающиеся машины*, Москва, "Мир", 1967.

Нильсон Н.Дж. (1973). *Искусственный интеллект. Методы поиска решений*, Москва, "Мир", 1973.

Павлидис Т. (1979). "Иерархические методы в структурном распознавании образов", *ТИИЭР*, Май 1979, № 5, том 67, Москва, "Мир", стр.39-49.

Павлидис Т. (1986). *Алгоритмы машинной графики и обработки изображений*, Перевод с англ. под ред. к.ф-м.н. И.Б.Гуревича, Москва, "Радио и связь", 1986, 399 стр., 10 тыс. экз.

Пойа Д. (1975). *Математика и правдоподобные рассуждения*, Перевод с англ. под ред. С.А.Яновской, 2-е изд., "Наука. Гл. ред. ф-м. литературы", Москва, 1975, 463 стр., 100 тыс. экз.

Пойа Д. (1976). *Математическое открытие*, Перевод с англ. под ред. И.М.Яглома, 2-е изд., "Наука. Гл. ред. ф-м. литературы", Москва, 1976, 448 стр., 95 тыс. экз.

Резницкий Ф.И., Юдин А.Д. (1979). "Ассоциативная библиотека фрагментов", Приложение 4, стр.133-140 в кн. Ботвинник М.М., [1979](#).

Рэйнгольд Э., Нивергельд Ю., Део Н. (1980). *Комбинаторные алгоритмы. Теория и практика*, Перевод с англ. под ред. В.Б.Алексеева, Москва, "Мир", 1980, 476 стр., 16300 экз.

Розенфельд А. (1972). *Распознавание и обработка изображений с помощью вычислительных машин*, Перевод с англ. под ред. Д.С.Лебедева, Москва, "Мир", 1972, 232 стр.

Русын Б.П. (1986). *Структурно-лингвистические методы распознавания изображений в реальном времени*, Киев, "Наукова думка", 1986, 128 стр., 1 200 экз.

Слэйгл Дж. (1973). *Искусственный интеллект. Подход на основе эвристического программирования*, Москва, "Мир", 1973.

Ту Дж., Гонсалес Р. (1974). *Принципы распознавания образов*, Перевод с англ. под ред. Ю.И.Журавлёва, Москва, "Мир", 1978, 416 стр., 13 500 экз.

Хант Эрл (1978). *Искусственный интеллект*, Перевод с англ. под ред. В.Л.Стефанюка, Москва, "Мир", 1978, 558 стр., 17 700 экз.

Цфасман М.А., Штильман Б.М. (1979). "Позиционная оценка и приоритеты", Приложение 2, стр.104-109 в кн. Ботвинник М.М., [1979](#).

Шлезингер М.И. (1989). *Математические средства обработки изображений*, Киев, "Наукова думка", 1989, 198 стр., 1 900 экз.

Юдин А.Д. (1975). "Библиотека дебютов и алгоритм ее использования", 1975, стр.79-82, Приложение 2, стр.79-83 в кн. Ботвинник М.М., [1975](#).

Юдин А.Д. (1975а). "Библиотека эндшпиля ЭВМ", *Шахматы в СССР*, 1975, № 7, стр.10-11.

Юдин А.Д. (1976). "Программа поиска информации в двумерной таблице с субординацией входов (Библиотека позиций эндшпиля)", *Программирование*, 1976, № 4, стр. 66-72, (тоже в Юдин А.Д.,[1979](#)).

**Ссылки в интернете
о проекте ПИОНЕР
и Лингвистической Геометрии**

Алферов Г.В. (1998), *Методы лингвистической геометрии Стилмана в задачах робототехники*, в сб. "Проблемы механики и управления. Нелинейные динамические системы", вып.30, Пермь, Пермский государственный университет (ПермГУ), 1998, Уральский центр истории науки и образования

см. также Интернет-ресурсы ПермГУ

Ботвинник М.М., *ПИОНЕР*,

<http://adamant1.fromru.com/pioneer.html>

Битман А.Р., Донской М.В. (2002), *Компьютерные программы, как конец спортивных шахмат*, <http://www.svoboda.org/programs/sc/2002/sc.022602.asp>

Донской М.В., *Я Билла Гейтса ни в чем не виню*,

<http://www.compulenta.ru/>

Донской М.В. (2002), *Крупные фигуры*,

<http://www.ibusiness.ru/offline/2002/198/16515/>

Донской М.В., *КАИССА*,

<http://adamant1.fromru.com/kaissa.html>

Рабочая группа по искусственному интеллекту (2001),

<http://www.aigroup.narod.ru/news.htm>

Шахматный гений: человек или компьютер? (2005),

http://www.osp.ru/cw/2005/10/038_1.htm

Харитон Лев (2001), *К 50-летию матча Ботвинник—Бронштейн*,

<http://www.clubkasparov.ru/site/rev/hist/bronstein51.htm>

Харитон Лев (2003), *Шахматная история — на скамье подсудимых?*,

<http://www.clubkasparov.ru/site/rev/hist/khariton.htm>

Каспаров Гарри (2002), *О Ботвиннике*, (глава из книги)

<http://www.clubkasparov.ru/site/rev/hist/botvinnik1.htm>

Энциклопедия Математики,

<http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/~history/> или

<http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/history/index.html>

История шахмат,

http://baikalets.narod.ru/old_files/chess_history.htm

СтранниК Модуля-Си-Раскаль for Win32,

<http://home.perm.ru/~strannik/>

Native XDS-x86 Modula-2/Oberon-2 for Win32, Linux,

<http://www.excelsior-usa.com/company.html>

(gp) Component Pascal for .NET,

http://www.citi.qut.edu.au/research/plas/projects/cp_files/cpdownload.html

(gp) Component Pascal for JavaVM,

http://www.citi.qut.edu.au/research/plas/projects/cp_files/gpcp-installers-18Jan2002/ver1.1.6/

(BlackBox) Component Pascal for Win32,

<http://www.zdnet.com/>

Active Oberon for .NET,

<http://www.oberon.ethz.ch/oberon.net>

Zonnon for .NET,

<http://www.zonnon.ethz.ch/>

Web-сайты с научно-технической литературой

<http://lord-n.narod.ru> Ссылки и загрузка научно-технических книг

<http://www.diagram.com.ua/library/elektronika-cos/> Бесплатная техническая библиотека. Книги по цифровой обработке сигналов.

<http://mccme.ru/free-books/> МОСКОВСКИЙ ЦЕНТР НЕПРЕРЫВНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

<http://ai.obrazec.ru/articles.html> Статьи, имеющие отношение к разработке искусственного интеллекта

Александр Тимофеев,

г.Харьков, Украина,

апрель—июнь 2005 года.

eMail: atimophev@yahoo.com

Это здесь —

<http://atimophev.narod.ru/AfterPIONEER/inPIONEERsFootsteps.ALL.HTM>