

Эксперименты согласования знаний экспертов с принятием решений в этюдах Рети и Нодареишвили

Эдвард М. Погосян, Вачаган Г. Ваградян, Артур Н. Григорян

Лаборатория „Познавательных алгоритмов и экспертных систем“ ИИИА НАН Армении,
Инженерный и Славянский Государственные Университеты Армении
e-mail: epogossi@aia.am

Аннотация

Развитие систем принятия решений сталкивается с принципиальными трудностями достижения согласованности и совместимости обмена знаний с экспертами.

В статье представлены эксперименты построения противоборствующих систем принятия решений, существенно использующих знания экспертов при формировании стратегий.

Для комбинаторных игр типа шахмат, давно признанных представителями обширного класса комбинаторных проблем принятия решений в условиях противодействия, мы определяем класс PPIT-программ (Personalized Planning and Integrated Testing programs), способных вырабатывать решения в зависимости от известных категорий шахматных знаний, представленных формальными структурами атрибутов, целей, стратегий, планов и т.д.

Показана эффективность PPIT-программ посредством экспериментов по применению знаний для решения труднодоступных для обычных шахматных программ этюдов Рети и Нодареишвили, предложенных Ботвинником для измерения достижений по приближению к игре шахматных мастеров.

1. Введение

1.1. Исследование имеет целью разработку алгоритмов формирования стратегий противодействия, основанных на планах, индивидуализированных в соответствии со знаниями конкретных экспертов, и интегрированном тестировании планов с использованием комбинаторного дерева игры.

Формирование оптимальных стратегий изучается для класса проблем, где пространство гипотез решений может быть определено деревом игры (SSGT) [11,14].

Жизнеспособность этого подхода была продемонстрирована алгоритмами *Промежуточные Цели в Первую Очередь* (IGAF1) для SSGT проблем защиты от проникновений в компьютерные сети [10].

Проблема регулярного улучшения программ с помощью экспертных знаний исследуется для известных представителей класса SSGT – комбинаторных игр типа шахмат [2,8,9,14], где задача представления знаний и включения смысла в программу игры остается центральной еще со времен пионерских работ Шеннона в 1950 г.

Шахматисты определяют и обмениваются шахматными знаниями с помощью единиц лексики и способны формировать соответствующие содержания (смыслы) этих единиц. Вопрос о том, возможно ли формировать эквивалентное содержание с помощью компьютера, остается открытым.

Исчерпывающий обзор состояния проблемы обучения содержанию лексики в играх представлен в [5]. Модели шахматных понятий основанные на элементах шахматных кусочков (chunks) обсуждаются в [6] с целью ответить на вопрос: являются ли chunks общими для всех шахматистов или же они принципиально индивидуализированы. Эти задачи аналогичны другим задачам, связанным с семантикой, в частности, задачам понимания инструкций роботами [16], семантического поиска, формирования онтологий. Обзор исследований представления понятий посредством онтологий представлен в [4].

Ряд подходов по регулярному включению шахматных знаний в процесс формирования стратегий описан в [2,5,7,14]. Все они основаны на общих знаниях из учебников для сокращения поиска в дереве игры. Возможности этих подходов могут быть выявлены посредством понимания роли и доли персонализированного знания в сравнении с его общей коммуникативной составляющей.

В 1912 г. Цермело доказал, что все шахматные позиции строго делятся на три класса: выигрышные, проигрышные или ничейные [19]. В [9] было установлено соответствие между выигрышными шахматными позициями в классификации Цермело и типовыми единицами шахматной лексики.

Это соответствие обосновывает конструктивную природу моделей шахматных знаний и в то же время устанавливает, что реальные модели, в принципе, могут только аппроксимировать выигрышные структуры дерева игры из-за непреодолимой сложности вычислений, требуемых для доказательства корректности моделей. Отсюда следует, что для одних единиц шахматной лексики как шахматисты так и компьютеры, как правило, используют различные модели шахматных знаний, в основе своей опирающихся на индивидуальный опыт. Любые предварительные предпочтения между этими моделями будут включать элемент неопределенности.

Итак, интерпретации единиц лексики должны основываться на определенном индивидуальном опыте, а системы формирования стратегий должны быть способны интегрировать общие шахматные знания с индивидуальным опытом конкретных шахматистов и быть способны улучшать их качество с помощью регулярного усвоения, обучения или вывода смысла единиц шахматной лексики.

Мы исследуем алгоритмы решения шахматных задач, основанных на эффективном использовании экспертных знаний. Укажем некоторые особенности этих алгоритмов в сравнении с известными подходами формирования стратегий.

2. Алгоритмы класса *Динамическое Тестирование Перспективных Планов*

(PPDT: *Perspective Plans Dynamic Testing*) имеют интерпретируемую стратегию поиска и существенно используют экспертные знания на всех этапах этого процесса [13].

Напомним, что процесс поиска стратегий по алгоритму Минимакс содержательно интерпретируем, а оригинальный Минимакс по Цермело не основан на экспертных знаниях. В то же время Минимакс с оценочной функцией использует экспертные знания с параметрическими весами их значимости.

Исследованы следующие подклассы PPDT алгоритмов:

- IGAF (Intermediate Goals At First) - промежуточные цели в первую очередь;
- IGAF/chess Botvinnik;
- CCSS (Chaining Chunks of Successful Strategies) - Сцепление Кусков Удачных Стратегий;
- CPDT (Common Planning and Dynamic Testing) - Общее Планирование и Динамическое Тестирование;

- IGAFF2 - для противостояния вторжениям в компьютерные сети.

В алгоритмах IGAFF промежуточные цели воспринимаются как вспомогательные цели и включают следующие этапы анализа:

- Нахождение множества предпочтительных целей
- Построение цепочек, траекторий зависимостей, нужных для достижения второстепенных или вспомогательных целей
- Оценивание затрат и выигрышей
- Принятие конечного решения.

IGAFF/chess Botvinnik алгоритмы [2] идентифицируют состояние игры и выбирают наиболее выгодную для взятия фигуру противника на основе техники траектории-зоны (TZT). IGAFF/chess алгоритмы на основе экспертных знаний, представленных на специальном языке, были успешно апробированы в Wilkins [18] для разрешения тактически острых комбинаций до глубины перебора превышающей 25 полуходов. К этому же классу относятся алгоритмы Pitrat [7].

CCSS алгоритмы основаны на динамическом тестировании планов, скомбинированных из цепочек последовательностей ранее удавшихся стратегий [14]. Трудности описания таких стратегий в том, что они должны быть достаточно общими, чтобы быть совместимыми в других планах, в то же время сохраняя детали, необходимые для определения значений каждой компоненты планов.

В [3] реализована версия метода CPDT для поиска оптимальных стратегий менеджмента. В них экспертные знания базируются на типовых рекомендациях и используются для определения планов, направляющих поиск оптимальной стратегии в пространстве дерева перебора, с последующей тестировкой планов на соответствующем дереве исполнения программы.

Алгоритм IGAFF2 для противостояния вторжениям в компьютерные сети [10] использует для управления естественную иерархию целей подобно алгоритму Ботвинника [2]. В сравнительных экспериментах алгоритмов IGAFF2 и Минимакс получены, в частности, следующие результаты:

- модель, которая использует алгоритм Минимакс, является сопоставимой с экспертами (администраторы системы) или со специализированными программами в оценке действий против вторжений или других форм нарушений основной системы
- алгоритм IGAFF2 -усечения дерева наряду с тем, что совместим с Минимакс, может работать достаточно эффективно с экспертными знаниями в форме целей или правил, чтобы быть использованным для реальных проблем защиты сетей.

1.3. Вышеуказанные игровые модели принятия решений в условиях противодействия в Институте Проблем Информатики и Автоматизации АН Армении изучаются с 1956 году с момента основания института в лабораториях Тер-Микаеляна Т.М., Заславского И.Д., Брутяна Х.К. В 1969 году по инициативе Сергея Мергеляна для этих целей была создана специальная лаборатория Тиграна Петросяна, которая с 1973 года переименована в лабораторию "Познавательных алгоритмов и моделей" под руководством Погосяна Э.М.

1.4. В данной работе представлены программы Интегрированного Тестирования Индивидуализированных Планов (Personalized Plans Integrated Testing (PPIT)) [17], которые имеют следующие особенности:

- в процессе формирования планов используются как общие, так и персональные знания,
- используются параметрические веса и специфичные конструкции комбинаторной природы.

- оценивание целей интегрировано с учетом их значимости, цены достижения, связанностью с другими важными целями в перспективных планах и связанностью с главной из них.

В РПГ, аналогично IGAF/chess Ботвинника, производится склеивание результатов разных уровней анализа: целей, траекторий, зон и абстрактных образов ситуации. В то же время формирование весов контекстно зависимо.

Исследование в [9] указывает на существенно индивидуализированное содержание шахматных экспертных знаний. Поэтому все операции с шахматными знаниями, в частности, шахматное планирование должны быть существенно персонифицированы.

Соответственно, в РПГ алгоритмах, в отличие от CPDT, перспективные планы составляются с использованием как общих знаний, хранимых в лексических словарях/базах [15], так и знаний, зависящих от индивидуальности экспертов. Эти знания включают персонально полученные знания, накопленные, в частности, в процессе жизни экспертов, исходя из истории их восприятия жизненных ощущений и формы обращения к ним (интуитивное, ассоциативное, атрибутивное и т.д.), особенностей их формирования (индуктивное, дедуктивное), и др..

1.5. РПГ программы направлены на усвоение экспертных знаний для достижения сравнимых с человеком решений в трудных шахматных задачах.

Идентифицируются следующие две задачи усвоения знаний:

- построение оболочек программ, способных понимать содержание единиц шахматной лексики;
- построение процедур регулярного усвоения содержания этих единиц оболочками программ.

Формулируются следующие требования для конструирования эффективных оболочек:

- быть способным накапливать известные категории общих и персонализированных шахматных знаний, а также быть зависимым от них при построении стратегий;
- быть способным тестировать гипотезы, основанные на приближенных знаниях, относительно стратегий в запрашиваемых позициях с помощью относительно надежных методов, например, используя технику поиска в дереве игры.

Вторую задачу мы планируем решить в два этапа:

- доказать, что алгоритмы, в принципе, могут усваивать единицы лексики используемые шахматистами и позволяют улучшать их с тем чтобы решать трудные шахматные задачи на основе экспертных знаний;
- разработать процедуры для регулярного усваивания содержания этих единиц.

1.6. В статье представлены результаты первого этапа плана.

В главе 2 описаны структуры основных блоков РПГ программ. Главы 3 и 4 описывают эксперименты, демонстрирующие эффективность РПГ программ при решении этюдов Рети и Нодареишвили на основе знаний экспертов. В заключении обсуждаются основные положения работы.

2. РПГ программы интегрированного тестирования индивидуализированных планов

2.1. Основой работы РПГ программ является анализ планов.

План – это некоторое описание стратегии [11,14]. Для шахмат, например, планами в некоторой позиции могут являться захват центра или краев доски.

Планы имеют направляющий характер. По существу они призваны выбрать, из всех возможных целей те, которые, обеспечат наибольший выигрыш.

Выигрыш имеет как материальную, так и позиционную составляющие. В общем случае план основывается на более простых и заранее описанных компонентах. Например, план захвата центра основывается на понятиях *захват* и *центр*. Центр определяется как множество полей {D4, D5, E4, E5}. Захват некоторых полей означает, что либо наша фигура уже находится на этом поле, либо это поле находится под контролем наших фигур, и если произойдет размен фигур, то мы останемся в выигрыше. Таким образом, это те и если выигрыши, конечные точки которых находятся в центре доски, или в тех местах, которые приводят к контролю над центром доски. Иными словами, к нашей главной цели — выигрышу материала, прибавляется атрибут: *материал дороже для нас, если он находится ближе к центру доски*.

Каждый план это некоторая иерархия целей, которых стоит достичь. Между разными целями естественным образом существует полное или частичное упорядочение, которое указывает какие приоритеты имеют они относительно друг друга.

Например для плана *захватить центр* кроме естественного упорядочения целей по признаку наибольшего выигрыша вводится упорядоченность целей по признаку их близости к центру доски. Для дальнейшего тестирования выбираются те цели, которые могут обеспечить и наибольший выигрыш и близость к центру. Определенным развитием этой идеи может стать введение нечеткой логики по отношению к планам. Например для плана *захватить центр* нечеткость заключается во введении коэффициентов близости к центру.

2.2. Планы обычно представлены в виде схожем со следующими примерами.

2.2.1. *План выигрыша королем и ладьей против короля*: сильная сторона с помощью собственного короля и ладьи оттесняет короля противника к самому краю доски и наносит решающий удар ладьей с того же края доски, расположив своего короля напротив короля противника.

Описание техники выигрыша может быть следующим:

Позиция ладьи: ладья должна стоять на ближайшей к королю противника линии (горизонталь или вертикаль) разделяющей два короля и на расстоянии не менее 2-х клеток от неприятельского и своего королей. Ладью надо поставить на указанной линии за своим королем. Если последнее невозможно, то надо ставить ладью на той же линии и на максимальном — 1 расстоянии от короля противника.

Позиция короля: король сильной стороны должен стремиться находиться на следующей от ладьи линии, считая от короля слабой стороны. Если это не так, то король должен стремиться попасть на эту линию, при этом должен занять поле относительно короля противника, соответствующее ходу коня по направлению к своей ладье. Если это невозможно, то король сильной стороны ставится напротив короля противника. В соответствии с ходом противника ладья ставится на такое поле, чтобы получилась нужная позиция.

Если взаимное расположение фигур на доске правильное (то есть короли стоят по ходу коня и король сильной стороны находится ближе к своей ладье чем король противника) и ход сильной стороны, то производится передача хода. Это значит, что ладья ставится на другое поле со стороны своего короля, но не ближе к нему чем расстояние 2.

Как только король слабой стороны будет вынужден занять поле напротив короля сильной стороны на расстоянии 2, то ладья дает шах с линии короля противника. У короля есть единственная возможность уйти от шаха путем перехода на следующую, по направлению к краю доски, линию.

Алгоритм повторяется до достижения края доски, где и ставится мат.

2.2.2. *План защиты - король против короля и пешки*: если слабый король находится вне квадрата пешки, то он должен стремиться попасть в квадрат. Если это невозможно, то

любой причине (кроме просто дальности расстояния, продвижение короля слабой стороны к пешке противника может быть заблокировано королем сильной стороны), то сопротивление бесполезно.

Король слабой стороны должен стремиться взять пешку противника. Этот предикат имеет наивысший приоритет. Если это невозможно, то надо занять позицию, ближайшую к пешке и блокирующую продвижение пешки к полю превращения (т.е. пытаться находиться на вертикали пешки противника).

Если король сильной стороны находится за горизонталью своей пешки (далее от поля превращения), то король слабой стороны должен держаться вертикали пешки на ближайшей к ней клетке.

Если король сильной стороны находится на горизонтали своей пешки рядом с ней, то король слабой стороны должен встать напротив короля противника на ближайшем возможном расстоянии.

Если король сильной стороны находится впереди своей пешки, то позиция теоретически проигранная, но наименее плохой стратегией для слабой стороны будет держаться на вертикали короля противника, если это невозможно, то нужно двигаться по направлению к пешке противника.

План захвата центра:

- Попытаться занять центр доски четырьмя центральными пешками.
- Если наша пешка атакована, то попытайтесь защитить ее другой пешкой.
- Если это невозможно или трудно (по любой причине), то попытайтесь защитить ее легкой фигурой (Конем или Слоном).
- Если это невозможно, то попытайтесь защитить ее тяжелой фигурой (Ладьей или Ферзем). Параллельно пытайтесь расставить свои фигуры так, чтобы они занимали активную позицию.
- Если это невозможно, тогда защитите пешку, пытаясь уйти с опасной позиции.
- Если это невозможно, то найдите слабо защищенную пешку у противника и атакуйте ее.
- Если и это невозможно сделать, то отдайте пешку с максимальной пользой для себя (мы имеем в виду позиционную пользу).

2.3. РПГ программы состоит из следующих основных блоков:

- Отбрасывание безнадежных планов (Reducing Hopeless Plans - RHP)
- Выбор планов максимальной полезности (Choosing Plans with Max Utility - CPMU)
- Генерация ходов с помощью планов (Generating Moves by Plans - GMP)

RHP для рассматриваемой позиции P1 и множества планов рекомендует CPMU список L1 планов, предлагаемых по некоторым (необязательно доказанным) причинам быть проанализированными в P1. Основой блока является знание классификации шахматных позиций, позволяющее отождествить нишу во множестве знаний, наиболее релевантную для анализа позиции. Если база знаний обширна и P1 отождествлена правильно, то это может обеспечить готовую к использованию порцию знаний, чтобы направить будущую фигуру с помощью GMP. Иначе, RHP, реализующий сокращенную версию CPMU, идентифицирует L1 и передает управление CPMU.

CPMU рекомендует GMP продолжение игры по текущему плану, если L1 совпадает со списком L0 планов, сформированных в предыдущей позиции P0 и изменения в P1 недостаточны, чтобы влиять на полезность текущего плана.

Если изменения в P1 существенны, то CPMU анализирует L1 полностью, с тем чтобы найти план с максимальной полезностью, чтобы адресовать его GMP как новый текущий план. Иначе, CPMU формирует новый комплементарный список L1/L1*L0 из планов списка L1 не проанализированных еще в L0, находит план с наилучшей полезностью в

этом списке и, сравнивая его с полезностью текущего плана, рекомендует один из них с наивысшей полезностью.

Для вычисления полезности единиц шахматных знаний таких как атрибуты, цели и планы, они представлены как операторы с соответствующими указанными ниже аргументами:

- для базовых атрибутов аргументами являются характеристики положения полей в рассматриваемых позициях, включая данные о взятии фигур, защите, занятии и т.д.
- для формирования полезности атрибутов, включая понятия и цели, аргументами являются подмножества полезностей базовых атрибутов, связанных с анализируемой позицией.
- для планов аргументами являются полезности целей связанных с реализацией этих планов.

Полезность базовых аргументов вычисляется на основе техники траектории-зоны (TZT) [2], первоначально предложенной для оценки полезности взятия фигур противника. Так например, чтобы выбрать взятие с наибольшей полезностью, TZT определяет последовательность своих ходов к каждой фигуре противника без расчета возможных мешающих реальному взятию ответов, строит «зоны игры», индуцированные траекториями, с последующей оценкой их значений на основе всех доступных знаний с целью выбрать наилучшую траекторию.

Полезность единицы знания оператор выявляет из полезностей соответствующих аргументов в некотором *предопределенном* порядке. Таким образом, каждый оператор по требованию может предоставить аргументы, которые анализируются в данный момент. Например, при реализации текущего плана оператор может определить цель, которая в повестке анализа, та в свою очередь определяет основные атрибуты, позволяющие рассмотреть аргументы этих атрибутов.

Операторы оценки полезности основаны на *принципе интеграции* всего разнообразия единиц знаний, которые алгоритм обработал на данный момент. Фактически, операторы представляют некий вид экспертных знаний с различными механизмами их улучшения. Вместе с динамически изменяемыми параметрическими значениями фигур они могут включать правила, позиции с известными значениями и стратегии для их достижения, другие комбинаторные структуры. Чтобы оценить ожидаемые полезности, операторы берут также в расчет цену ресурсов, необходимых для их достижения.

2.4. TZT программа стремится построить дерево перебора, оценить полученные конечные варианты (здесь слово «оценить» нужно воспринять в более широком смысле этого слова, о которой будет сказано ниже), поднять вверх эти оценки (например с помощью процедуры Min-Max) и исходя из полученных оценок выбрать наилучший ход в оригинальной позиции. Дерево перебора на каждом уровне представляет собой всевозможные разумные ходы одного из противоборствующих сторон. Алгоритм имеет такую конструкцию, что неразумные действия сами собой не включаются в перебор.

Первым этапом работы алгоритма является построение *траекторий и зон нападения и защиты*. Образно говоря, траектории представляют собой ветви дерева перебора, которые начинаются с одного узла b_0 и заканчиваются в узле b_n , в результате чего общая система из состояния X доводится до состояния Y. А зоны представляют собой некоторые поддерева, которые в качестве основы включают в себя определенные траектории и дополнительные ветки, которые по существу могли бы влиять на состояния системы во время движения по этим траекториям (таким образом, в зону не включаются те узлы, которые не смогут по существу влиять на состояние системы, *неразумные действия*).

Техника формирования зон и траекторий для шахматной задачи следующие:

Фигура с траекторией - это совокупность полей ведущих от первоначального поля b_0 к конечному полю b_k .

Если некоторые фигуры разного цвета (+) и (-) находятся на полях a_0 и a_k и если существует траектория ведущая с поля a_0 на поле a_k , и при этом время передвижения с поля a_0 на поле a_k не превышает некоторое число N_L (горизонт), то траектория стороны (+) называется *комлевой траекторией* зоны, а a_0 фигура - *комлевой* фигурой.

Поля, входящие в комлевую траекторию могут быть двух типов: поля остановки (α поля) и промежуточные (β поля). Множество траекторий фигур (+) и (-), заканчивающихся на этих полях, называются *траекториями первого отрицания*. Совокупность траекторий фигур (+) и (-), заканчивающихся на полях первого отрицания, называются *траекториями второго отрицания* и т. д.

Совокупность комлевой и отрицающих фигур образует *зону игры*.

В зону включаются комлевая фигура, все те фигуры стороны (+), которые могут вступить в игру в течение одного полухода (готовы к взятию) и все те фигуры стороны (-), которые успевают принять участие в игре, в пределах переменного горизонта N_X .

Выбор конкретной траектории означает выбор направления возможной динамики общей системы на определенное время (равного длине выбранной траектории), который, по существу, и является выбором стратегии действий.

Главной же задачей является выбор наилучшей траектории действий, а это означает, что мы должны уметь каким-то образом сравнивать эти траектории.

Оценивать эти траектории можно различными, более или менее эффективными, способами. Одним из этих способов является параметрическое оценивание, суть которого заключается в том, что "действующим лицам присваиваются" какие-то значения, на основе которых и производится расчеты состояния системы. Но этот подход недостаточно гибок, потому что не учитывает тонкостей и особенностей позиции. Подход можно улучшить, если сделать эти параметры динамически меняющимися, то есть меняющимися исходя из позиции. Однако позиции могут быть очень разнообразными, что делает этот подход далеко не полным.

Другой подход заключается в том, что производится поиск тех позиций, которые встречались раньше и завершались успешно. Человеческий опыт, который накапливается в результате многолетней работы и экспериментов, сохраняется в каком-то виде и используется для принятия дальнейших решений. Минус этого подхода - в сложности его реализации. Комбинирование этих двух методов может дать хорошие результаты.

2.5. В текущей C++ реализации РРГТ программы единицы знаний реализованы как ОО классы со специализированным интерфейсом для каждого типа знаний и единого для программы в целом. В работе программы реализованы следующие *этапы* (отмеченные * реализованы частично):

1*. Процедура выбора наиболее подходящих для текущей позиции планов из множества всех планов (выполняется для каждой позиции).

2*. Процедура отсеечения тех планов, которые невозможно реализовать (например если план предлагает защитить свои пешки ладьей, а у нас нет ладьи, то не следует брать этот план на дальнейшее оценивание) (выполняется для каждой позиции).

3. Процедура построения всех траекторий фиксированной длины (выполняется для каждой позиции).

4. Процедура проверки достижимости той или иной цели для каждой траектории (вокруг каждой траектории строятся зоны, которые оцениваются на признак выполнимости выбранной цели), и в соответствии с полученными результатами присваивания некоторых значений или приоритетов (выполняется для каждой траектории)

5. Процедура расчета значения или приоритета выбранного плана, путем присваивания ему максимальной оценки или приоритета имеющихся траекторий (выполняется для каждого плана).

6.* Процедура выбора плана с максимальным значением или приоритетом путем выбора плана с максимальной оценкой или приоритетом из всех имеющихся уже оцененных планов.

7. Процедура выбора хода в соответствии с уже выбранным подходящим планом. В реализованной версии оценивания после определения соответствующих знаний для оценки позиции начинается оценка позиции. Оценочная функция имеет следующий вид:

$$Mark(S) = StatMark(S) + AdditMark(S)$$

где $StatMark(S)$ и $AdditMark(S)$ определяются исходя из реальной ценности фигур, но в данной реализации не учитываются вышеуказанные экспертные знания.

Вводится понятие реальной ценности фигуры - $V_R(f)$. Она определяется как произведение номинальной стоимости фигуры $V_N(f)$ и коэффициента присутствия $\omega(f)$.

Известное соотношение ценности фигур относительно пешки таково:

$$п = 1, К = 3, Л = 5, Ф = 9, Кр = 104$$

Коэффициент присутствия $\omega(f)$ определяется как отношение количества полей, которые на момент оценки находятся под боем данной фигуры к максимально возможному количеству полей покрываемых данной фигурой на пустой доске.

$AdditMark(S)$ определяется как процент от реальной ценности фигур, который рассчитывается на основе вышеуказанных экспертных знаний.

По очередности, для текущей позиции, применяются конкретные экспертные знания (которые сформированы в виде предикатов, где используется и закон квадрата) и их результат возвращается как результат всей процедуры.

Выбирается та траектория у которой процедура $Mark(S)$ возвращает самое большое значение.

Опишем эксперименты по применению знаний для решения этюдов Рети и Нодарешвили (Рис.1.2), предложенных Ботвинником для измерения достижений по приближению к игре шахматных мастеров.



Рис.1. Этюд Рети: ничья



Рис.2. Этюд Нодарешвили: выигрыш.

3. Эксперименты с этюдами класса Рети

3.1.Поскольку этюд Рети уникален и является учебной шахматной задачей, то предполагается, что он имеется в базе знаний РРПТ программы. RHP блок классифицирует его как пешечный эндшпиль и предлагает известный план для белого короля.

Реализовать G4 и если G1, или G2, или G3 реализовать их, где цели G1 ... G4 перечислены согласно их приоритетам и имеют следующее содержание:

- G1. Взятие пешки.
- G2. Продвижение проходной пешки к полю превращения.
- G3. Защита собственной пешки.
- G4. Быть максимально близко к собственной и чужой пешкам.

Поскольку план известен, то управление передается GMP узлу, который, основываясь на TZT узел GMT, определяет полезность атрибутов для каждой цели, находит цель с максимальной полезностью и делает ход вызванный этой целью.

Были также рассмотрены несколько других этюдов, полученных из оригинального этюда Рети добавлением пешек в различных частях шахматной доски.

Во всех экспериментах добавлением новых правил было возможно фокусировать анализ программы на существенную для этюда Рети часть доски и успешно решить задачу.

3.2. Рассмотрим процесс выбора ходов для этюда Рети, в соответствии с предложенной программой.

По процедуре выбора планов для тестирования и в соответствии с ними в процедуре распознавания этапа и типа позиции получается, что этюд Рети соответствует эндшпилю на доске эндшпиль, если отсутствуют около 70% фигур). По типу этот эндшпиль является пешечным (на доске с обеих сторон присутствуют только пешки и король). На доске есть проходные пешки (пешка называется проходной, если на ее пути к полю превращения нет противостоящей пешки). Получается, что этюд Рети - это эндшпиль с проходными пешками на доске.

Для такого этапа игры в нашей базе существует следующий план:

Попытаться одновременно максимально приблизиться как к своей так и к противостоящей пешке, чтобы сохранить возможность защиты первой и взятия второй. Если появится реальная возможность безопасного передвижения своей пешки вперед, или взятия противостоящей пешки, или защиты собственной пешки, то нужно воспользоваться ими.

Приняв как базу вышеуказанные экспертные знания, разыграем один вариант развития событий для этюда Рети. По мере развития варианта будем обосновывать выбор наших ходов исходя из указаний предложенного алгоритма. Будем рассматривать только те ходы, которые более вероятны.

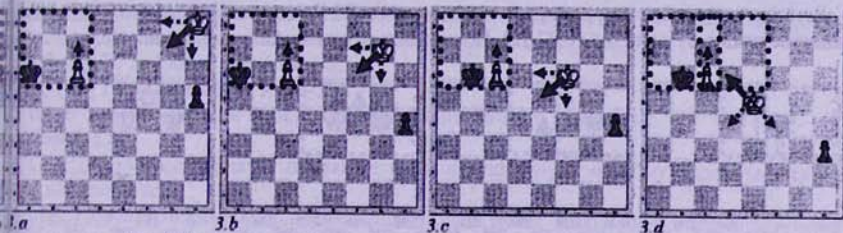


Рис. 3. Решение этюда Рети: выбор траектории и первых 4 правильных ходов

В начальной позиции белые имеют четыре возможных хода (строятся траектории). Рассмотрим и оценим их в соответствии с алгоритмом (рис. 3.a).

C6-C7. Эта траектория подпадает только под четвертый пункт (нет взятия материала, проходная пешка под угрозой взятия, нет защищенного материала).

H8-G8. Тоже самое что и предыдущий, с той разницей, что король немного ближе к пешкам.

H8-H7. Тоже самое что и H8-G8.

H8-G7. Тоже самое что H8-G8 и H8-H7, но с более высокой степенью приближенности белого короля к обеим пешкам (сохраняет возможность войти в квадрат своей или вражеской пешки, таким образом может либо защитить свою пешку, либо нейтрализовать вражескую).

Таким образом выбирается самый большой приоритет или оценку получает траектория H8-G7. Общий наш план получает приоритет или оценку, идентичную приоритету или оценке траектории H8-G7. Естественно, что выбирается этот план. В соответствии с траекторией H8-G7 выполняется ход Кр H8-G7. У черных два возможных ответа: либо двигать свою проходную пешку к полю превращения, либо королем приблизиться к пешке белых и нейтрализовать ее.

Допустим черные выбирают первую стратегию и делают ход H5-H4. Получается позиция изображенная на рис. 3.b. Так как уже был выбран план, то в дальнейшем выбор ходов производится в соответствии с той траекторией, которая получит максимальную оценку. В этой позиции таким же образом, как во время выбора хода Кр H8-G7, выбирается траектория G7-F6 и в соответствии с ней ход Кр G7-F6.

Пусть черные делают ход Кр A6-B6 (рис. 3.c). В этой позиции по таким же принципам, как во время выбора хода Кр G7-F6, выбирается траектория F6-E5 и в соответствии с ней ход Кр F6-E5, с той лишь разницей, что используется признак близости к центру, для получения более высокого приоритета (оценки). Выясняется, что если черные возьмут пешку белых, белый король своим ходом войдет в квадрат черной пешки, что обеспечивает ничью и задача решена. Если же черные в этой позиции двигают свою пешку к полю превращения, то белый король в один ход может защитить свою пешку.

Пусть черные сделали ход H4-H3 (рис. 3.d). Рассмотрим возможные ходы белых.

C6-C7. Эта траектория подпадает только под четвертый пункт (нет взятия материала, проходная пешка под угрозой взятия, нет защищенного материала).

E5-E6. Эта траектория тоже подпадает только под четвертый пункт.

E5-F4. То же самое, что и E5-E6.

E5-D6. Эта траектория подпадает под третий пункт (защита материала, король защищает свою пешку), и поэтому получает более высокий приоритет (оценку), чем остальные.

Естественным образом выбирается траектория E5-D6 и ход Кр E5-D6. У черных единственный разумный ответ H3-H2. Получается позиция изображенная на рис. 4.a

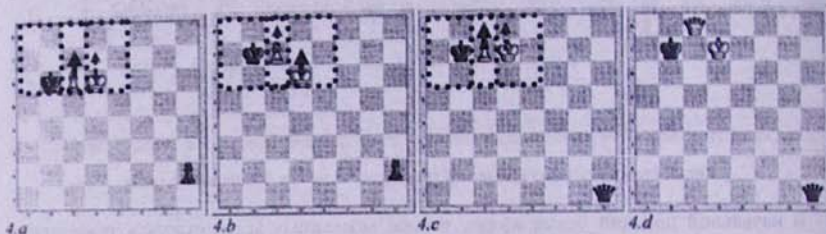


Рис. 4. Решение этюда Рети: выбор траектории и следующих 4 правильных хода

D6-D7. Эта траектория подпадает под третий пункт (защита материала).

С6-С7. Эта траектория подпадает под второй пункт (проходная пешка, без помех идущая к полю превращения), и потому получает более высокую оценку, чем предыдущий.

Выбирается ход Кр D6-D7. Ответ черных Кр B6-B7. Получается позиция рис.4.b.

С7-С8. Эта траектория не подпадает ни под один пункт (имеется опасность потерять пешку). Получает нулевую оценку.

D6-D7. Эта траектория подпадает под третий пункт (защита материала), и поэтому получает более высокую оценку, чем предыдущая.

Выбирается ход Кр D6-D7. Ответ черных Н2-Н1 Ф. Приходим к позиции рис.4.c.

D7-D8. Эта траектория подпадает под третий пункт (защита материала).

С7-С8. Эта траектория подпадает под второй пункт (проходная пешка, без помех идущая к полю превращения), и поэтому получает более высокую оценку, чем предыдущая.

Выбирается траектория С7-С8 и в соответствии с ним ход С7-С8, после чего у белых оказывается ферзь и позиция становится ничейной (рис.4.d).

По тем же принципам и в соответствии с алгоритмом решаются и некоторые позиции на стадии те же, что и этюд Рети, но решающиеся совершенно другим образом (рис. 5).

3.3. План выбора ходов в позициях схожих с Рети тот же самый, что и в Рети.

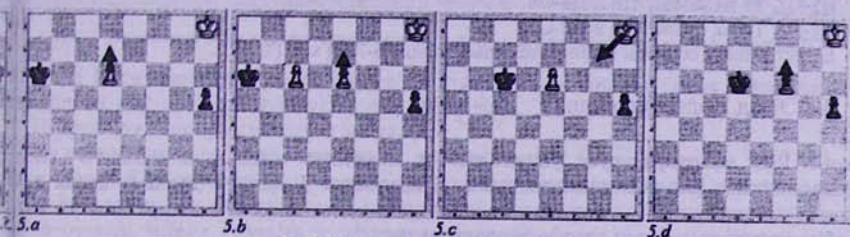


Рис. 5. Расширенные Рети-позиции 1 – 4

Рассмотрим процесс выбора ходов в этюдах 5.a, 5.b, 5.c, 5.d.

Этюд 5.a.

D6-D7. Эта траектория подпадает под второй пункт (проходная пешка, без помех идущая к полю превращения),

H8-G8. Эта траектория подпадает только под четвертый пункт (нет взятия материала, проходная пешка под угрозой взятия, нет защищенного материала).

H8-G7. То же самое, что и H8-G8.

H8-H7. То же самое, что и H8-G8.

Естественным образом выбирается траектория D6-D7 и ход D6-D7.

Этюд 5.b

С6-С7. Эта траектория не подпадает ни под один пункт, поэтому и получает самый низкий приоритет.

E6-E7. Эта траектория подпадает под второй пункт (проходная пешка, без помех идущая к полю превращения), и поэтому получает более высокую оценку, чем предыдущая.

H8-G8. Эта траектория подпадает только под четвертый пункт (нет взятия материала, проходная пешка под угрозой взятия, нет защищенного материала).

H8-G7. То же самое, что и H8-G8.

H8-H7. То же самое, что и H8-G8..

Естественным образом выбирается траектория E6-E7 и ход E6-E7.

Этюд 5.с

E6-E7. Эта траектория не подпадает ни под один пункт, поэтому и получает самый низкий приоритет.

H8-G8. Эта траектория подпадает только под четвертый пункт (нет взятия материала, проходная пешка под угрозой взятия, нет защищенного материала).

H8-H7. То же самое, что и H8-G8.

H8-G7. То же самое что H8-G8 и H8-H7, но с более высокой степенью приближенности белого короля к обоим пешкам (сохраняет возможность войти в квадрат своей или вражеской пешки, таким образом может либо защитить свою пешку, либо нейтрализовать вражескую).

Естественным образом выбирается траектория H8-G7 и ход Кр H8-G7.

Этюд 5.d

F6-F7. Эта траектория подпадает под второй пункт (проходная пешка, без помех идущая к полю превращения), и поэтому получает более высокую оценку, чем предыдущая.

H8-G8. Эта траектория подпадает только под четвертый пункт (нет взятия материала, проходная пешка под угрозой взятия, нет защищенного материала).

H8-G7. То же самое, что и H8-G8.

H8-H7. То же самое, что и H8-G8.

Естественным образом выбирается траектория F6-F7 и ход F6-F7.

4. Этюд Нодареишвили

4.1 RHP классифицирует уникальную и известную шахматную задачу - этюд Нодареишвили, как пешечный эндшпиль и предлагает 4 соответствующих плана для различных этапов игры.

Цели для планов имеют следующее содержание:

G1. Двигать пешки к полю превращения

G2. Защита собственных полей

G3. Занятие или защита важнейших клеток

G4. Выявление вечного шаха

G5. Избежание вечного шаха

G6. Уменьшение стесненности собственного короля

G7. Взятие ферзя

G8. Нахождение фигур противника, находящихся на одной линии с королем

G9. Нападение на короля

G10. Нападение на фигуру находящуюся на одной линии с королем

G11. Занятие последней горизонтальной линии

G12. Подход короля к собственному ферзю

G13. Быть в противоположной стороне от пешки ближайшей к королю противника.

Планы для экспериментов были представлены следующим образом:

План 1: Делать G1 и G6

План 2: Делать G1 и если G4, делать G5 и G6

План 3: Если G8, делать G9 и G10

План 4: Делать G11 и G12 и G13

После некоторой коррекции и улучшений процедуры оценки, программа, в принципе, была способна усваивать вышеприведенные единицы знаний, чтобы выбрать соответствующий план для каждого этапа игры и реализовывать их.

Рассмотрим процесс выбора ходов для этого этюда.

4.2. В отличие от этюда Рети, при решении этюда Нодареишвили (рис.2) используется не один план, а поочередно несколько. Поэтому решение этюда Нодареишвили нужно разделить на несколько этапов. Для каждого этапа предлагается свой индивидуальный план. В зависимости от стадии или типа этапа выбираются общие (для текущего этапа) задания, правила или планы.

Одним из особенностей этюда Нодареишвили является то, что на разных стадиях игры могут применяться такие знания, которые противоречат друг другу.

Например в одной стадии становление ферзем очень важно, что по существу является спасением, а в другой стадии важно правильно отдать ферзя, чтобы избежать от вечного шаха со стороны черных.

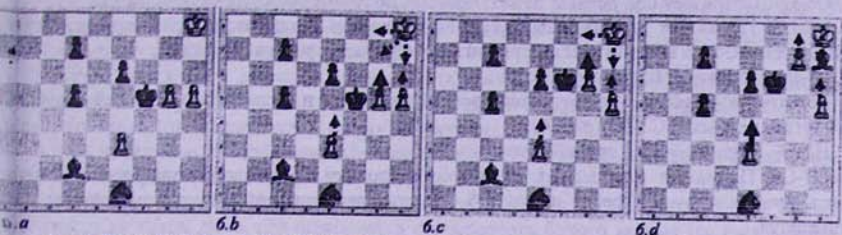


Рис. 6. Возможные ходы в этюде Нодареишвили: правильные и возможные ходы (слева направо)

Этюд Нодареишвили представляет такую стадию игры, которая ближе к пешечному этюду, в котором присутствуют проходные пешки.

Начнем поэтапное рассмотрение этюда.

На первом этапе эксперты предлагают провести пешку G5 в ферзя, при этом убрав пешку E3 с этого поля, и по мере возможности помешать черному королю занять поле F6, потому что находясь там черный король может стеснять белого короля, что в свою очередь может привести к ухудшению позиции белых (например белые могут получить вечный шах).

Соответствующий план выглядит следующим образом:

Попытаться провести свою пешку к полю превращения, одновременно пытаться ослабить степень стесненности своего короля (прогнать неприятельского короля).

Исходя из этих соображений, были приняты на вооружение следующие предикаты, которые определяют наличие этих признаков на доске и в соответствии с ними упорядочивают рассматриваемые цели. Предикаты приведены по приоритетной очередности.

Проходная пешка

Занятие или защита наиболее важных полей (F6)

Выигрыш материала

Защищенный материал

Разыграем один вариант развития событий (рис. 6.а).

H8-G8. Не подпадает ни под один из пунктов, и поэтому получает самый низкий приоритет.

H8-G7. Тоже самое, что и H8-G8.

H8-H7. Тоже самое, что и H8-G8.

G5-G6. Подпадает под первый пункт, поэтому получает наивысший приоритет.

Н5-Н6. Подпадает под первый пункт, поэтому получает наивысший приоритет, но поскольку после этого хода черные могут взять пешку G5, то автоматическим образом приоритет этой траектории снижается.

Е3-Е4. Подпадает под второй пункт.

Естественным образом выбирается траектория G5-G6 и в соответствии с ней ход G5-G6. Ответ черных Кр F5-F6 (рис. 6.b)

Н8-G8. Не подпадает ни под один из пунктов, и поэтому получает самый низкий приоритет.

Н8-Н7. Подпадает под четвертый пункт.

G6-G7. Подпадает под первый пункт, поэтому получает наивысший приоритет.

Н5-Н6. Подпадает под первый пункт, но поскольку после этого хода черные могут взять пешку G5, то автоматически приоритет этой траектории снижается.

Е3-Е4. Подпадает под второй пункт.

Естественным образом выбирается траектория G6-G7 и в соответствии с ней ход G6-G7. Ответ черных С С2-Н7 (рис. 6.c)

Н8-Н7. Подпадает под третий пункт.

G7-G8. Подпадает под первый пункт, но поскольку после этого хода черные могут взять превращенную в ферзя пешку G8, то автоматически приоритет этой траектории снижается.

Н5-Н6. Подпадает под четвертый пункт.

Е3-Е4. Подпадает под второй пункт, и получает наивысший приоритет по сравнению с остальными.

Естественным образом выбирается траектория Е3-Е4 и в соответствии с ней ход Е3-Е4. Ответ черных К Е1-F3 (рис. 6.d)

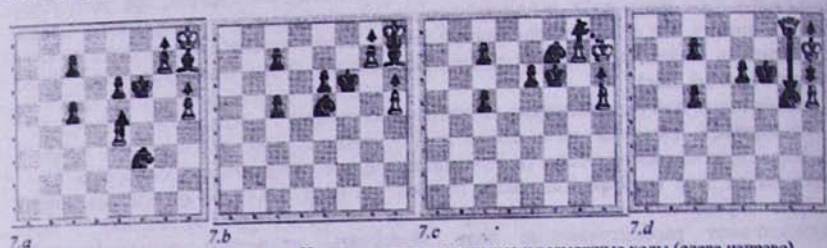


Рис. 7. Возможные ходы в этюде Нодареишвили: правильные и возможные ходы (слева направо)

Н8-Н7. Подпадает под третий пункт.

G7-G8. Подпадает под первый пункт, но поскольку после этого хода черные могут взять превращенную в ферзя пешку G8, то автоматически приоритет этой траектории снижается.

Н5-Н6. Подпадает под четвертый пункт.

Е4-Е5. Подпадает под второй пункт, и получает наивысший приоритет по сравнению с остальными.

Естественным образом выбирается траектория Е4-Е5 и в соответствии с ней ход Е4-Е5. Ответ черных К F3 : Е5 (рис. 7.a).

Н8-Н7. Подпадает под третий пункт и получает наивысший приоритет по сравнению с остальными.

G7-G8. Подпадает под первый пункт, но поскольку после этого хода черные могут превратить превращенную в ферзя пешку G8, то автоматически приоритет этой траектории снижается.

H5-H6. Подпадает под четвертый пункт.

Выбирается траектория H8-H7 и в соответствии с ней ход Кр H8 : H7. Ответ черных К F5-F7 (рис. 7.b).

G7-G8. Подпадает под первый пункт, поэтому получает наивысший приоритет.

H7-G8. Подпадает под четвертый пункт.

H5-H6. Подпадает под первый пункт, но поскольку пешка G7 ближе к полю превращения, то он имеет меньший приоритет по сравнению с G7-G8.

Естественным образом выбирается траектория G7-G8 и в соответствии с ней ход G7-G8, после чего у белых появляется ферзь. Ответ черных К F8-G5 (рис. 7.c).

После этого хода начинается второй этап.

Кажется, что в этой позиции у белых есть преимущество, но это лишь на первый взгляд, потому что у черных есть возможность вечного шаха (конем, на полях G5 и F7). Естественно, что такой (ничейный) исход белых не устраивает.

В этой позиции основополагающим знанием является правильная жертва ферзя (ферзь превращается на черного коня).

Следующим важным фактором здесь является тот факт, что этот размен должен произойти на таком поле, где ослабляется стесненность белого короля (то есть в нашем случае на поле G5).

В созданной позиции эксперты предлагают провести пешку H5 в ферзя.

Соответствующий план выглядит следующим образом:

Попытаться провести свою пешку к полю превращения, если обнаружится вечный шах - попытаться ликвидировать его, одновременно пытаясь ослабить степень стесненности своего короля.

Исходя из этих соображений были приняты на вооружение следующие предикаты, реализующие вышеуказанный план:

Распознавание и ликвидация вечного шаха

Ослабление стесненности короля

Прходная пешка

Выигрыш материала

Защищенный материал

G8-G5. Подпадает под первый и второй пункт одновременно, поэтому и получает наивысший приоритет.

H7-H8. Подпадает под пятый пункт.

H7-H6. Подпадает под пятый пункт.

H5-H6. Подпадает под третий пункт.

Естественным образом выбирается траектория G8-G5 и, соответственно, ход Ф G8 : G5. Ответ черных Кр F6 : G5 (рис. 7.d).

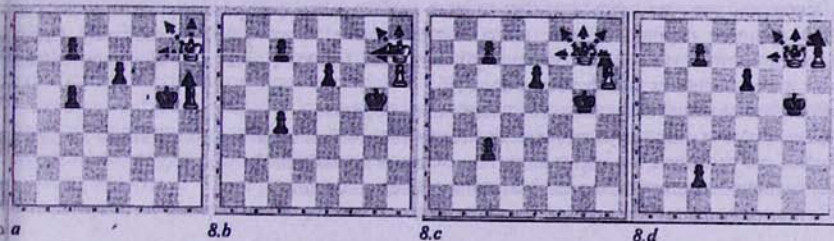


Рис. 8. Возможные ходы в этюде Нодарешвили: правильные и возможные ходы (слева направо)

H7-G7. Не подпадает ни под один из пунктов, и поэтому получает самый низкий приоритет.

H7-G8. Тоже самое, что и H7-G7.

H7-H8. Тоже самое, что и H7-G7.

H5-H6. Подпадает под третий пункт, поэтому и получает наивысший приоритет по сравнению с другими.

Естественным образом выбирается траектория H5-H6 и в соответствии с ней ход H5-H6. Ответ черных C5-C4 (рис.8.a).

H7-G7. Подпадает под пятый пункт, поэтому и получает наивысший приоритет по сравнению с другими.

H7-G8. Не подпадает ни под один из пунктов, и поэтому получает самый низкий приоритет.

H7-H8. Тоже самое, что и H7-G8.

Естественным образом выбирается траектория H7-G7 и, соответственно, ход Kp H7-G7. Ответ черных C4-C3 (рис. 8.b).

G7-H7. Подпадает под пятый пункт.

G7-H8. Не подпадает ни под один из пунктов, и поэтому получает самый низкий приоритет.

G7-G8. Тоже самое, что и H7-G8.

G7-F8. Тоже самое, что и H7-G8.

G7-F7. Тоже самое, что и H7-G8.

H6-H7. Подпадает под третий пункт, поэтому и получает наивысший приоритет по сравнению с другими.

Естественным образом выбирается траектория H6-H7 и в соответствии с ней ход H6-H7. Ответ черных C3-C2 (рис.8.c).

G7-H8. Подпадает под пятый пункт.

G7-G8. Тоже самое, что и H7-G8.

G7-F8. Не подпадает ни под один из пунктов, и поэтому получает самый низкий приоритет.

G7-F7. Тоже самое, что и G7-F8.

H7-H8. Подпадает под третий пункт, поэтому и получает наивысший приоритет по сравнению с другими.

Естественным образом выбирается траектория H7-H8 и, соответственно, ход H7-H8 Ф. Ответ черных C2-C3 Ф. (рис. 8.d).

После этого хода начинается третий этап.

Эта позиция возникает в том случае, когда черные своей пешкой C5 стремятся к полю превращения.

Эксперты предлагают белым уничтожить неприятельского ферзя.

Основным знанием здесь является знание слабости тех фигур, которые находятся на одной линии с королем. После шаха иногда взятие таких фигур неизбежно (здесь становится ясным почему мы заранее убрали свою пешку с поля E3). В нашем случае таким шахом является шах ферзем с поля H6:

Соответствующий план выглядит следующим образом:

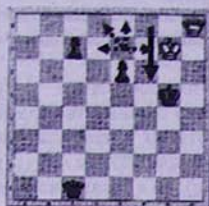
Если на доске существуют неприятельские фигуры, стоящие на одной линии со своим королем, то следует с помощью шаха попытаться взять эти фигуры.

Следующие предикаты воплощают вышеприведенный план:

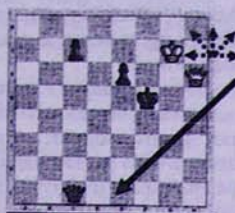
Захват материала (ферзя)

Обнаружение фигур, стоящих на одной линии с вражеским королем и шах со стороны этого короля.

Защищенный материал



9.a



9.b

Рис. 9. Возможные ходы в этюде Нодареишвили: правильные и возможные ходы (слева направо)

G7-G8. Подпадает под третий пункт.

G7-H7. Подпадает под третий пункт.

G7-F8. Не подпадает ни под один из пунктов, и поэтому получает самый низкий приоритет.

G7-F7. Тоже самое, что и G7-F8.

H8-H6. Подпадает под второй и третий пункт одновременно, поэтому и получает наивысший приоритет по сравнению с другими.

Естественным образом выбирается траектория H8-H6 и, соответственно, ход Ф H8-H6+. Ответ черных Кр G5-F5 (рис.9.a).

G7-H7. Подпадает под третий пункт.

G7-I8. Не подпадает ни под один из пунктов, поэтому получает самый низкий приоритет.

G7-G8. Тоже самое, что и G7-H8.

G7-F8. Тоже самое, что и G7-H8.

G7-F7. Тоже самое, что и G7-H8.

H6-C1. 5Подпадает под первый пункт, поэтому и получает наивысший приоритет.

Естественным образом выбирается траектория H6-C1 и в соответствии с ней ход Ф H6-

С. И белые выиграли (рис.9.b).

5. Заключение

RPIT1 программы, в принципе, способны усваивать содержание (смысл) используемых шахматистами лексических единиц и позволяют настроить их содержание адекватно для решения сложных этюдов.

Эффективность RPIT1-программ показана с помощью экспериментов по применению знаний для двух этюдов – Рети и Нодареишвили, труднодоступных для обычных шахматных программ и предложенных Ботвишником для измерения достижений по приближению к игре шахматных мастеров.

Эксперименты проводились как с этюдом Рети “в чистом” виде, так и с усложнением задачи посредством добавления в исходную позицию фигур различной (с точки зрения экспертов) значимости для содержания этюда.

Эксперименты с 15 различными позициями типа Рети выявили принципиальную перспективность алгоритма в работе с экспертными знаниями, ее устойчивость к

"несущественным" изменениям этюда, а также способность к регулярному наращиванию новых знаний для исправления ошибок.

В то же время стало ясно, что подходы решения задач, основанные на "чистой" формализации знаний, занимают слишком много времени для адекватного представления шахматных знаний в программах и должны быть дополнены методами основанными на обучении и выводе знаний.

Открытым остается вопрос о сравнении планов. Из-за отсутствия единой измерительной системы в общем случае, не возможно сравнивать разные планы. Как мы уже знаем, планы имеют свои части (подцели), которых с тем или иным приоритетом нужно пытаться достичь. В рамках одного плана, эти приоритеты могут (и должны) иметь некоторую упорядоченность (полную или частичную), но в разных планах эти части могут иметь несравнимые приоритеты, и таким образом они могут быть несравнимыми.

Открытым остается также вопрос выбора перспективных планов для их дальнейшего динамического тестирования. Исходным является выбор этих планов, исходя из знаний о стадии или типе игры для текущей позиции. Но по мере нарастания базы планов все больше из них должны быть протестированы динамически.

РРПТ программа базируется на шахматных знаниях, в которой хранятся шахматные планы, правила, цели, рекомендации разного рода, конкретные шахматные позиции или их последовательности. База должна позволять легко добавлять, управлять и модифицировать данные структуры, в частности используя методы обучения и вывода.

Для оценивания степени улучшения программ необходимы операторы, аналогичные предложенным в [8,10,14].

Литература

- [1] Atkinson G.: Chess and machine intuition. Ablex Publishing Corporation, New Jersey (1993)
- [2] Botvinnik M.: About solving approximate problems, Sov. Radio, Moscow, (in Russian) (1979)
- [3] Baghdasaryan T., Danielyan E., Pogossian E.: Supply Chain Management Strategy Provision by Game Tree Dynamic Analysis International Conference: Management of Small and Medium Business: Information Technologies (SBM2006), Sevastopol, Sept. 3-8, (2006) 37-41
- [4] Gorodetski V., Kotenko I., Karsaev O.: Framework for ontology-based representation of distributed knowledge in multiagent network security system. Proc. of the 4-th World Multi-conf. on Systems, Cybernetics and Informatics (SCI-2000), vol. III, "Virtual Engineering and Emergent Computing", Orlando, USA, July (2000) 52-58
- [5] Furnkranz J.: Machine Learning in Games: A Survey in "Machines that Learn to Play Games", Nova Scientific (2001)
- [6] Gobet, F.: Chunking mechanisms in human learning. Trends in Cognitive Sci., 5, (2001) 236-243
- [7] Pitrat J. A chess combination program which uses plans. AI, v.8, 1972. 275-371.
- [8] Pogossian E., Vahradyan V., Grigoryan A. On Competing Agents Consistent with Expert Knowledge. Lecture Notes in Computer Science, AIS-ADM-07: The Intern. Workshop on Autonomous Intelligent Systems - Agents and Data Mining, June6-7, 2007, St. Petersburg.
- [9] Pogossian E.: Specifying Personalized Expertise. International Association for Development of the Information Society (IADIS): International Conference Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA 2006), 8-10 Dec., Barcelona, Spain (2006) 151-159
- [10] Pogossian E., Javadyan A., Ivanyan E.: Effective Discovery of Intrusion Protection Strategies. The Intern. Workshop on Agents and Data Mining, St. Petersburg, Russia, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 3505 (2005) 263-274
- [11] Pogossian E.: Combinatorial Game Models for Security Systems. NATO ARW on "Security and Embedded Systems", Porto Rio, Patras, Greece, Aug. (2005) 8-18

- [12] Pogossian E. Djavadyan A.: A Game Model For Effective Counteraction Against Computer Attacks In Intrusion Detection Systems, NATO ASI, Data Fusion for Situation Monitoring, Incident Detection, Alert and Response Management", Armenia, August 19-30 (2003) 823-851
- [13] Pogossian E.: Focusing Management Strategy Provision Simulation. Proceedings of the CSIT2001, 3d Inter. Conf. in Comp. Sci. and Inf. Technologies, Yerevan (2001) 37-42
- [14] Pogossian E.: Adaptation of Combinatorial Algorithms. Academy of Sciences of Armenia, Yerevan (1983) 1-293 (in Russian)
- [15] Pogossian E., Hambartsumyan M., Harutunyan Y.: A Repository of Units of Chess Vocabulary Ordered by Complexity of their Interpretations. National Academy of Sciences of Armenia, IPJA, (research reports 1974-1980) (in Russian) 1-55
- [16] Roy D.: Grounding Language in the World: Signs, Schemas, and Meaning Cognitive Machines Group, the Media Lab., MIT <http://www.media.mit.edu/cogmac/projects.html> (2005) 1-27
- [17] Turing A.M.: Computing Machinery and Intelligence. Mind 49 (1950) [Reprinted in Minds and machines. A. Anderson (ed.), Engelwood Cliffs NJ, Prentice Hall (1964) 433-460]
- [18] Wilkins D. Using knowledge to control tree searching. AI, v.18, 1-51.
- [19] Zermelo E. Über eine Anwendung der Mengenlehre auf die theorie des Schachspiels. Proceedings of the fifth International Conference of Mathematicians, Cambridge, Cambridge University Press (1912) 501-504.

**Փորձագետի Գիտելիքներին Համահունչ Որոշումների Կայացման
ալգորիթմների Փորձարկումներ Ռեալ-ի և Նոդարեիշվիլիի Էտյուդներում**

Լ. Մ. Պողոսյան, Վ. Գ. Վահրադյան, Ա. Ն. Գրիգորյան

Ամփոփում

Հետազոտության նպատակն է մշակել կոմպլեքս տարրերում ստորատեղիաների ձևավորման ալգորիթմներ՝ հիմնված կոնկրետ փորձագետների գիտելիքներին համապատասխան անհատականացված պլանների և այդ պլանների իմստեղծված թեստավորման վրա, խաղի ծաղի օգտագործմամբ: Ալգորիթմների նկարագրությունը ներկայացված է ստորատեղիաների ձևավորման հայտնի մոտեցումների համեմատությամբ:

PPIT ալգորիթմի փորձնական տարբերակը շախմատային հասկացությունների շտեմարանի [6] օգտագործմամբ տվյալ պահին իրականացված է C++ լեզվով MS Windows-օպերացիոն միջավայրում:

Փորձերն անց են կացվել, ինչպես Ռեալիի էտյուդի, նրա իրական տեսքով, այնպես էլ նրա բարդեցված տարբերակների վրա, որտեղ սկզբնական դիրքում ավելացվել են էտյուդի բնույթի համար (փորձագետի տեսակետից) տարբեր արժեքներով թարեր: Ռեալիի տիպի 15 տարբեր դիրքերի հետ փորձերը բացահայտել են ալգորիթմի սկզբնական հետազոտայինությունը փորձագիտական գիտելիքների հետ աշխատանքում, նրա կայունությունը էտյուդի «ոչ էական» փոփոխությունների նկատմամբ, ինչպես նաև սխալների ուղղման համար գիտելիքների կամոնավոր ավելացման ընդունակությունը: