

# МОДУЛЬ ЗНАНИЙ КАК СРЕДСТВО ОГРАНИЧЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВ БАЗЫ ЗНАНИЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ОБОЛОЧКИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ САПР

Григорьев А.В.

Донецкий национальный технический университет

*Анализируются возможные методы снижения сложности организации процессов обучения и вывода в базе знаний в условиях специфики представления знаний в инструментальной оболочке для построения интеллектуальных САПР. Предлагается модификация данных методов, ограничивающих значения структурных показателей базы знаний с целью обеспечить приемлемую сложность процессов функционирования базы знаний.*

**Введение.** В работах [1-6] были изложены основные принципы нового метода представлений знаний в базе знаний инструментальной оболочки для построения интеллектуальных САПР – мета-эвристической оболочки (МЭО). Данный метод представления знаний имеет ряд специфических особенностей: использование контекстно-свободных грамматик как основы представления знаний; сужение грамматик до уровня И-ИЛИ-деревьев; организация обучения, вывода и процесса уточнения задачи синтеза на основе теоретико-множественных операций (ТМО) над КС порождающими грамматиками и т.д.

В работе [6] изложена специфика предлагаемого метода представления знаний и получены оценки качества баз знаний, показавшие, что сложность вывода в предлагаемом методе представления знаний имеет экспоненциальную зависимость от структурных параметров базы знаний. Последний факт является недостатком данного метода, делаая его малоприменимым для практического применения в условиях больших баз знаний. Однако полученные оценки сложности вывода могут рассматриваться как источник рекомендаций по ограничению структурных параметров логической системы продукции в целях построения базы знаний, допускающей эффективное решение задачи синтеза вывода. Т.о., актуальной является задача построения средств и методов снижения

сложности вывода в условиях предлагаемого метода представления знаний.

Цель данной работы является:

- классификация средств и методов снижения сложности вывода;
- выбор и модификация средств под специфику данной задачи.

### ***1. Анализ средств и методов, влияющих на структурные показатели базы знаний***

Концептуальная модель предметной области МЭО (далее просто КМ), имеет две части, два этапа. Это:

- модель объекта проектирования, представляющая собой на практике комплекс взаимосвязанных моделей объекта различных уровней абстракции;
- модель собственно САПР, представляет собой набор процедур, определенных над моделью объекта проектирования, т.е. над системой моделей.

Задача логического вывода решается во второй части и представляет собой одну из процедур. Однако, наличие двух компонент КМ ставит следующие задачи:

- построение методов формирования модели объекта проектирования, косвенным путем положительно влияющих на сложность логического вывода;
- построение методов организации логического вывода, снижающих сложность процесса вывода.

При этом можно отметить, что методы формирования модели объекта проектирования влияет косвенным образом на структурные показатели модуля знаний, а построение методов логического вывода - влияет на них прямым образом. Рассмотрим детальнее возможные методы и средства, относящиеся к двум возможным путям решения поставленной проблемы.

#### ***1.1. Анализ средств и методов, влияющих косвенным образом на структурные показатели модуля знаний***

Рассмотрим методы построения модели объекта проектирования, косвенным образом влияющие на сложность логического вывода. Среди них можно назвать:

- 1) Принцип блочного иерархического построения структурной модели объекта проектирования;
- 2) Принцип ограничения когнитивной сложности для отдельного структурного блока в иерархической структурной модели объекта;

3) Средства активного обеспечения когнитивной сложности блоков объектов не выше заданного уровня.

Выполним анализ упомянутых средств отдельно.

Принцип блочного построения структурной модели является классическим принципом построения модели. В его основе лежит интуитивный путь приведения модели к форме представления, удобной для понимания, что составляет достоинство принципа. В общем случае, деление модели на модули есть прерогатива пользователя, но такой произвол можно отнести и к недостаткам данного подхода.

Идея ограничения когнитивной сложности блоков в структурной модели так же не нова. Соответствующие методы позволяют уйти от интуитивного понимания когнитивной сложности к конкретным числовым оценкам. Можно назвать для примера технологию SADT, где действует принцип «все, о чем есть смысл говорить, должно быть представлено не более, чем из семи частей». Достоинство подхода:

- ориентация на построение структурных моделей;
- форма представления эффективная в том смысле, что позволяет ускорить процесс построения моделей объектов, а затем – и их понимание.

Недостатки подхода:

- отсутствие средств для приведения «плохих» моделей к оптимальному виду;
- отсутствие учета того факта, что построенные «оптимальные» модели могут быть синтезированы с помощью базы знаний и, таким образом, требуется обеспечить эффективную работу последней.

Средства обеспечения сложности объектов не выше заданного уровня позволяют решать проблему приведения «плохих» моделей к оптимальному виду. К ним можно отнести:

- задачу о рюкзаке в дискретной математике;
- задачу компоновки в САПР радиоэлектронной аппаратуры и т.п.

Достоинства:

- ориентация на структурную модель (касается задачи компоновки);

Недостатки:

- не учитывают специфику представления структурной модели в МЭО.

## ***1.2. Анализ средств и методов, влияющих прямым образом на структурные показатели модуля знаний***

Рассмотрим методы построения базы знаний о методах проектирования объекта, прямым образом влияющие на сложность логического вывода. Среди них можно назвать:

1) Средства модульного построения базы знаний, включая обеспечение процесса работы с совокупностью модулей знаний в процессе вывода;

2) Принцип разбиения заведомого слишком сложного И-ИЛИ-дерева решений на более мелкие И-ИЛИ-деревья с целью увеличения эффективности процессов вывода в базе знаний;

3) Средства ограничения числа решений, включенных в базу знаний.

Выполним анализ упомянутых средств отдельно.

Принцип модульного построения базы знаний не нов и применяется повсеместно. Для примера можно назвать инструментальную систему для построения экспертных систем CLIPS, имеющей полный набор средств работы с совокупностью модулей знаний, включая: формирование частичной видимости базы данных из тех или иных модулей; создание стека фокусов, т.е. указателей на модули знаний; средства работы со стеками модулей и т.д. Разбиение базы знаний на модули ориентировано на распараллеливание процесса вывода, на создание логически и семантически связанных потоков вывода. Достоинством данного принципа является то, что процесс вывода строится с учетом семантики предметной области, а сам процесс вывода становится прозрачнее и понятнее пользователю, а так же имеет более высокую эффективность. Недостаток: отсутствуют общие методики построения модулей знаний в базах знаний САПР.

Идея сведения большого сложного И-ИЛИ-дерева решений в процессе вывода к ряду маленьких деревьев с тем, что бы повысить эффективность базы знаний за счет снижения сложности процесса вывода, не нова – можно назвать, для примера, работы Донского, Войтицкого [8-10]. Недостатки данных работ:

- идея применялась не на задаче создания модулей знаний, а - в контексте динамического создания локальных И-ИЛИ-деревьев в так называемых слоях «большого» И-ИЛИ-дерева, с целью уйти от полного перебора всех альтернатив И-ИЛИ-дерева при выводе;

- работа имела форму чисто теоретической разработки, без практических приложений.

Достоинство: предлагался источник рекомендаций по ограничению структурных параметров логической системы продукций в целях построения базы знаний, допускающей эффективное решение задачи синтеза вывода данного факта.

Средства ограничения числа решений, включенных в базу знаний на взгляд автора, косвенно уже давно определены. Классические исследования, проведенные еще в свое время под руководством Поспелова Д.А. [11], были посвящены тому, какие функции от признаков использует человек в своей повседневной практике, когда он формирует новые понятия. В экспериментах было показано, что наиболее простыми квалификационными признаками являются конъюнкции признаков или дизъюнкции одиночных признаков. С функциями, содержащими 4-5 признаков, человек работает свободно, при возрастании числа квалифицирующих признаков сверх этого сложность задачи классификации начинает возрастать. Более сложными являются ситуации, когда необходимо применять одновременно операции конъюнкции и дизъюнкции. Наиболее сложным случаем классификационной функции является вариант не только наличия какого либо признака, но и факт отсутствия некоторого признака. Пример «нечеловеческой» классификационной функции:  $y = x_1 x_2 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_2$ , где  $x_1, x_2$  - некоторые признаки. К достоинствам подхода можно отнести наличие оценок сложности некоторой совокупности решений для человека. Недостатки: отсутствие связи с содержимым базы знаний.

## ***2. Решение задачи снижения сложности вывода в условиях предложенного метода представления знаний***

Т.о., проблема ограничения структурных показателей модуля знаний распадается на две задачи:

- ограничение когнитивной сложности синтезируемого решения;
- ограничение числа склеиваемых решений в модуле знаний.

При этом можно отметить, что ограничение сложности синтезируемого решения влияет косвенным образом на структурные показатели модуля знаний, а ограничение числа склеиваемых решений - влияет прямым образом.

## **2.1. Ограничение когнитивной сложности модели объекта проектирования**

Исходя из недостатков и достоинств рассмотренных выше методов косвенного снижения сложности логического вывода, автором был предложен ряд своих методов, позволяющих решить задачу ограничения когнитивной сложности модели объекта проектирования. К ним относятся:

- метод оценки уровня когнитивной сложности, приемлемой для данного класса пользователей на основе тестирования ряда объективных и субъективных характеристик пользователя [12-14];
- метод оценки уровня когнитивной сложности моделей, представленных на внутреннем формальном языке спецификаций МЭО [1];
- алгоритм активного обеспечения допустимой когнитивной сложности модели, представленной на внутреннем формальном языке спецификаций МЭО, являющийся решением модифицированной задачи о рюкзаке, но решенной в трактовке задачи компоновки [12-14].

**Примечание 1.** Принцип предельной когнитивной сложности в неявной форме применялся автором уже в системе проектирования микропроцессорных систем на основе микропроцессорного секционного комплекта Am2900 - системы EMULAT.

Т.о., предлагаемые средства ограничения и алгоритм снижения когнитивной сложности - это механизм, созданный для внутреннего формального языка спецификаций описания объектов проектирования в МЭО. Поясним суть данных методов, определив их достоинства и недостатки. Данный механизм необходим в случае обучения базы знаний методикам проектирования сложных объектов на основе ряда известных прототипов-решений. Если имеется одноуровневая структурная схема объекта большой сложности, полученная в практике проектирования, то данный алгоритм может, ориентируясь на требования пользователя, упростить ее до разумных пределов когнитивной сложности, построив новую иерархию вложенных подблоков. Порядок объединения алгоритмом подблоков в блоки, вообще говоря, в сильной степени зависит от специфики данной схемы. Допускается, что другая близкая, в понимании пользователя, по назначению исходная схема, но имеющая существенные отличия, может быть разбита алгоритмом по-другому. Т.о., нет 100%-й возможности получить ряд схем, в которых логически близкие блоки действительно близки по структуре. Следовательно, схемы, используемые для склеивания с целью создания модуля знаний, могут

породить не совсем корректную методику проектирования. Однако, данный недостаток неизбежен при малой степени компетентности эксперта, допускаемой общей методикой построения инструментальной оболочки.

Однако следует отметить, что в результате либо автоматического преобразования текстов к более когнитивно простой форме, либо - создания модели путем редактирования под управлением системы контроля предельной сложности, вместо одного сложного текста описания модели будут получена иерархия более простых текстов.

Покажем, что подобное действие благотворно влияет на показатели структурной сложности базы знаний. Общая суть процесса влияния такова: большие тексты, склеенные много раз, порождают И-ИЛИ-дерево, структурные параметры которого (высота, число дизъюнктов и т.д.) имеют мощность, меньшую или равную сумме значений структурных параметров совокупности И-ИЛИ-деревьев, порожденных склейкой тех же текстов, но разбитых на маленькие части-тексты. Т.е. много мелких И-ИЛИ-деревьев позволяют организовать вывод быстрее, чем одно большое И-ИЛИ-дерево.

Данная оценка верна, исходя из экспоненциальной формы зависимости сложности от структурных параметров. Т.о., оценка сложности совокупности локальных баз знаний меньше, чем сложность «большой» базы знаний.

Предлагаемое решение позволяет использовать средства пассивного контроля предельной когнитивной сложности схемы, определенной для данного класса пользователей, а так же алгоритм активного обеспечения допустимой когнитивной сложности для ограничения структурных параметров базы знаний с целью обеспечения допустимого уровня сложности вывода, а именно временной и ленточной сложности.

## ***2.2. Ограничение числа склеиваемых решений***

Предлагаемое решение:

1) Модуль знаний напрямую соответствует типу структурного блока, имеющемуся в структурной модели объекта проектирования и отвечает требованиям ограниченной когнитивной сложности.

2) При построении модуля знаний необходимо ограничивать число возможных решений, содержащихся в модуле знаний с тем, чтобы ограничить классификационную сложность множества решений, содержащихся в модуле знаний.

Прокомментируем второе решение. Независимо от ограничения на размер склеиваемых текстов, в том числе и - ограничению по когнитивной сложности, в процессе обучения базы знаний можно клеить любое количество текстов-моделей. От числа склеиваемых текстов и их специфики напрямую зависят основные структурные показатели модуля знаний, т.е. высота И-ИЛИ-дерева, число дизъюнктов и т.д.

Следовательно, ограничений по когнитивной сложности недостаточно, что бы получить базу знаний приемлемого качества. Т.о., идея ограничения когнитивной сложности объекта должна найти свое отражение в идее ограничения структурных показателей отдельного модуля знаний. Часть методики проектирования, ограниченная модулем знаний, должна быть прозрачна, доступна для понимания пользователя. Это означает, что:

1) любое отдельное синтезируемое решение должно быть обозримо;

2) число параметров, по которым производится синтез, их значений, т.е. фактически множество возможных отличий различных решений тоже должно быть когнитивно ограничено.

Первое требование обеспечивается разработанными ранее средствами ограничения когнитивной сложности. Второе требование не поддерживается в предлагаемом комплексе средств. Предлагается следующее новое решение, учитывающее специфику используемого метода представления знаний и использующее результаты классификации признаков, полученные группой Поспелова Д.А., рассмотренные выше.

Будем рассматривать простое и сложное решение задачи.

При этом важно отметить, что методика проектирования, не имеющая циклов, позволяет проектировать только ряд стандартных схем, без построения бесконечных регулярных составляющих.

Простейшее решение задачи таково. При отсутствии регулярности в схеме, пользуясь тем же принципом SADT, можно ограничить множество решений по мощности 6-7 решениями. Т.е. - клеить надо не более 6-7 близких по назначению решений. Таким путем, с учетом близости склеиваемых решений, а так же их когнитивной ограниченной сложностью, можно ожидать, что классификационная сложность готового модуля знаний будет ограничена.

В более сложном случае необходимо управлять процессом склеивания, оценивая на каждом шаге текущую классификационную сложность. Наша цель при этом - обеспечить для пользователя задание им в диалоге синтеза 6-7 параметров, сведенных в

конъюнкты. Оценить классификационную сложность процесса синтеза по модулю знаний означает выяснить, какого рода диалоговые вопросы и в каком количестве будут задаваться пользователю при синтезе решений. Порядок прохода по ИЛИ-узлам в ходе синтеза эквивалентен для пользователя объединению их логически по "И". При этом наличие или отсутствие некоторого структурного компонента в схеме трактуется как простейшее двузначное условие, объединенное по "И" с прочими условиями. Следовательно, для оценки классификационной сложности И-ИЛИ-дерева необходимо оценить наибольшую длину цепочки дизъюнктов, имеющуюся в И-ИЛИ-дерева, двигаясь от корня к кроне. Если длина цепочки более 7 - это сигнал для окончания "клейки" прототипов.

Если же тот или иной вариант структуры имеет регулярные составляющие, т.е. массивы, то они рассматриваются как отдельные модули знаний. Число вариантов размера массива, выбираемых в И-ИЛИ-дерева, должно быть конечным и заданным в некотором интервале. Такой подход обеспечит доступную классификационную сложность, поскольку речь будет идти об одном параметре, обладающим ограниченным числом значений.

**Заключение.** В работе получены следующие результаты:

1) Выполнена стыковка двух компонентов предложенной КМ МЭО - модели объекта и модели САПР, заданной как база знаний. Т.о., специфика модели объекта, ориентированного на САПР, нашла свое отражение в специфике базы знаний, ориентированной на задание методик проектирования в САПР. Данная стыковка и обеспечила общее повышение эффективности КМ.

2) Предложен новый комплекс из известных средств и методов, обеспечивающий решение новой задачи – задание оптимальной формы представления структурной модели, обеспечивающей повышение эффективности процессов вывода в базе знаний, предназначенной для синтеза данных структурных моделей. Практически все известные подходы и методы, применяемые в комплексе средств, претерпели модификацию вследствие новой специфики применения.

3) Предложен комплекс средств и методов, обеспечивающий решение задачи ограничения структурных показателей отдельного модуля знаний. Основой комплекса является метод управления процессом склеивания прототипов на основе динамической оценки классификационной сложности базы знаний. Предложенный метод

реализуется в условиях отсутствия массивов неограниченных размеров в базе знаний.

Перспективной задачей является практическая оценка степени снижения сложности вывода на основе применяемых методов.

### *Литература*

1. Григорьев А.В. Теоретико-множественные операции над грамматиками как механизм работы со знаниями в интеллектуальных САПР. Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, N 2(48). Луганск, ВУТУ, 2002. С. 186-194.

2. Григорьев А.В. Алгоритм выполнения теоретико-множественных операций над грамматиками в среде специализированной оболочки для создания интеллектуальных САПР. Наукові праці національного технічного університета. Серія «Проблеми моделювання і автоматизації проектування динамічних систем» (МАП -2002). Випуск 52: Донецьк: ДонНТУ, 2002. - С.83-93.

3. Григорьев А.В., Каспаров А.А. И/ИЛИ-дерево как средство абстрактного представления знаний. Наукові праці національного технічного університета. Серія «Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка». Випуск 39: Донецьк: ДонНТУ, 2002. - С.36-42.

4. Григорьев А.В. Семиотическая модель базы знаний САПР. Научные труды Донецкого государственного технического университета Серия: Проблемы моделирования и автоматизации проектирования динамических систем, выпуск 10: - Донецьк, ДонГТУ, 1999. - С. 30-37.

5. Григорьев А.В. Принципы организации вывода решений в базе знаний инструментальной оболочки для создания интеллектуальных САПР. // Практика і перспективи розвитку інституційного партнерства». Вісник ДонГТУ – ТРТУ. Донецьк: РВА ДонНТУ, 2003 – С.96-106.

6. Григорьев А.В. Специфика выполнения теоретико-множественных операций над контекстно-свободными грамматиками в условиях различных форм дополнительных семантических правил в семиотической модели интеллектуальных САПР. Научные труды ДонНТУ. Серія «Проблеми моделювання і автоматизації проектування динамічних систем». Випуск 5 (116). Донецьк: ДонНТУ, 2006. – С.91-104.

7. Оценка эффективности инструментальной системы для создания интеллектуальных САПР как системы с базой знаний. В этом же сборнике.

8. Е.И. Войтицкий. Исследование алгоритмов логического вывода в продукционных системах и оценка их сложности. КДС – 96. Ялта, 1996. С. 163-172.

9. Донской В.И. Логические продукционные системы: анализ и синтез // Техническая кибернетика и системный анализ, 1994, N 4, С. 11-22.

10. Donskoi V.I. Psevdo-boolean optimization with a disjunctive constraint // Comp. Maths Phys., Vol.34, No. 2, pp. 389-398, 1994.

11. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. М.: Наука, 1986. - 288 с.

12. Григорьев А.В. Оценка когнитивной сложности моделей. Научные труды Донецкого государственного технического университета. Серия: Информатика, кибернетика и вычислительная техника, выпуск 6: - Донецк: ДонГТУ, 1999. - С. 252-259.

13. Методика тестирования для определения когнитивной сложности моделей различных предметных областей. Научные труды Донецкого государственного технического университета. Серия: Информатика, кибернетика и вычислительная техника, выпуск 6: - Донецк: ДонГТУ, 1999. - С. 246-251.

14. Григорьев А.В. Ограничение когнитивной сложности моделей. В кн. Прогрессивные технологии и системы машиностроения.: Международный сб. научных трудов. - Донецк: ДонГТУ, 2000. Выпуск. 10 - С. 49-58.

Получено 12.05.07.