

## **Построение двухсторонних трансляторов в задаче создания интеллектуальных надстроек над проблемно-ориентированными САПР**

*Григорьев А.В., к.т.н., доц., Морозова О.В.  
Донецкий национальный технический университет, г. Донецк  
grigorie@r5.dgtu.donetsk.ua, malyaw0n@mail.ru*

В работе исследуется эффективность методики построения двухсторонних трансляторов в задаче построения интеллектуальных надстроек над проблемно-ориентированными САПР в среде инструментальной оболочки для построения интеллектуальных САПР. Обсуждается ряд реализаций таких интерфейсов для различных САПР.

### **Введение**

На пути автоматизации построения интеллектуальных САПР, ориентированных на заданную предметную область, возникает ряд новых задач. Примером является задача построения двухсторонних трансляторов при создании интеллектуальных надстроек над проблемно-ориентированными САПР (П САПР). Главный путь повышения эффективности САПР в настоящее время – это повышение уровня их интеллектуальности, включая использование баз знаний, нейронных сетей и т.д. Если существующий САПР не в полном объеме реализует существующую методику проектирования устройств в данной предметной области, то можно повысить уровень его эффективности, надстраивая над ним базу знаний (БЗ) для синтеза (редактирования, моделирования, документирования) решений по требуемой методике проектирования.

Важной тенденцией современных интеллектуальных оболочек (ИО) для создания экспертных систем (ЭС) является исключение из процесса создания ЭС инженера по знаниям в пользу эксперта в предметной области, в данном случае – проектировщика – пользователя САПР. При этом важно, что бы: 1) инструментальные средства ИО по семантике и по форме построения были доступны эксперту в предметной области; 2) «готовые» интеллектуальные компоненты были ориентированы на уровень подготовки типичного проектировщика.

Предполагается ориентация ИО на уровень квалификации эксперта в предметной области по такой градации [1]:

- 1) «умный» эксперт, способный явно задать методику проектирования в форме продукционной БЗ;
- 2) «средний» эксперт, способный задать основные составляющие методики проектирования, что позволяет ИО построить соответствующую БЗ в полуавтоматическом режиме;
- 3) «глупый» эксперт, не способный помочь ИО в задаче построения БЗ, но могущий предоставить «достоверные» решения, что вынуждает ИО строить соответствующую БЗ в автоматическом режиме.

Представляется актуальным дать возможность пользователю-проектировщику самому строить новые интеллектуальные компоненты, минуя разработчиков. Такой путь предполагает построение интеллектуальной надстройки над САПР, расширяющей его возможности, самим инженером-проектировщиком.

В целом можно выделить такие главные параметры адаптации ИО для проблемной области:

- 1) Специфика методики проектирования в данной предметной области;
- 2) Уровень существующего воплощения методики проектирования в форме П САПР;
- 3) Уровень способности эксперта в предметной области, играющего роль инженера по знаниям, явно сформулировать свои знания о методике проектирования.

Для решения проблемы построения интеллектуальных САПР в среде специализированных ИО, в том числе и – построения интеллектуальных надстроек над П САПР, авторами разработан аппарат концептуальной модели предметной области (КМ П) [2-4], включающий методику построения двунаправленных (двойных) трансляторов [5]. Основа КМ П - система взаимосвязанных проблемно-независимых языков спецификаций (ЯС) различных уровней абстракции и полноты, которые могут отражать специфику требуемой предметной области. Каждый ЯС является основой построение в среде ИО БЗ, отображающей методику проектирования в требуемой предметной области на данном уровне абстракции с учетом уровня квалификации эксперта в предметной области. БЗ как совокупность модулей знаний отражает структуру модели объекта проектирования. Основой представления знаний в модулях знаний является грамматика, эквивалентная И-ИЛИ-дереву, с определенными над ней продукционными зависимостями.

На основе данной КМ П авторами построен ряд ИО, а также создан в их среде ряд интеллектуальных надстроек над П САПР, включая надстройки над: САПР экономических расчетов – Excel [5]; САПР бизнес-планов – ProjectExpert [6]; САПР вычислительной техники – VHDL [7]; САПР парогазовых установок – СПРУТ [8]. Надстройки отличаются решаемой задачей, полнотой возможностей, ориентацией на уровень квалификации эксперта в предметной области, а так же – на уровень абстрактного представления модели (структурный, функционально-логический, количественный) и несут в себе все достоинства и недостатки различных версий ИО. Ранее положения, положенные в основу данной КМ П, были апробированы при построении ИО «ИнтерНаМ», интеллектуального САПР микропроцессорных систем – EMULAT, САПРов программного обеспечения RPG/M и R-тран.

Задача построения интеллектуальной надстройки для П САПР предполагает наличие двух языков:

- 1) ЯС, имеющего физическую семантику, составляющего основу представления знаний в ИО;
- 2) конкретного внутреннего языка описания модели объекта проектирования в П САПР (ПЯ).

Задача двойного транслятора может возникать при:

- 1) построении БЗ путем обучения на основе прототипов решений, полученных в П САПР;
- 2) решении задачи реконструкции объекта проектирования;
- 3) передачи синтезированного решения в П САПР для его исследования, документирования

полученных результатов и т.д.

Специфика задачи:

- 1) Физическая семантика ПЯ и ЯС соответствующего уровня абстракции;
- 2) Формы, доступные для передачи или получения данных о структуре объекта проектирования в П САПР: грамматика ПЯ и формат внутренних структур данных (ВСД);
- 3) Формы, доступные для передачи или получения данных о структуре объекта проектирования в ИО: грамматика ЯС и формат ВСД.

Решение задачи построения таких интерфейсов с учетом данной специфики в современной литературе описано недостаточно. С одной стороны, задача построения трансляторов, естественно, может быть решена с использованием типичных методов [9] и средств автоматизации программирования, например, системы FLEX. Но тут возникает проблема учета физической семантики языков. С другой стороны, с точки зрения теории Data Mining, речь идет о специфической задаче извлечения информации из формальных текстов или баз данных.

Можно назвать, для примера, близкие, но не эквивалентные методы:

1) **Теория физических структур, совмещенная с теорией измерений** [10]; *достоинства:* достаточно обоснованная попытка отразить законы природы; *недостатки:* фактически нет физической семантики, как она понимается в САПР (потенциалы, потоки и т.д.); не рассматриваются уровни абстракции языков; слабо проработаны алгоритмы извлечения, соответствующие специфике подхода;

2) **Методы машинного обучения в задачах извлечения информации из текстов** [11], включая:

А) Методы символического подхода, где правила извлечения описываются языками, близкими к регулярным выражениям, при этом обучение в таких методах строится либо по принципу дедуктивного вывода, либо по принципу индуктивного обобщения; включает пропозиционные и реляционные методы, которые эквивалентны, соответственно, логике нулевого и первого порядка; на обучающей выборке, исходя из выбранного метода обучения, синтезируются обобщенные правила распознавания целевой информации; *достоинства*: индуктивный принцип обобщения, грамматический подход; *недостатки*: не рассматривается физическая семантика текстовых компонент;

Б) Методы численного подхода, где извлекатель формируется в ходе подбора комбинации изначально заданных правил, исходя из заданных уровней точности и полноты извлечения; *достоинства*: возможность учитывать наличие известных правил, по которым строится текст; *недостатки*: не рассматривается физическая семантика текстовых компонент и т.д. Т.о., речь идет о новой задаче, требующей новых методов решения.

Цель работы:

- 1) Описать используемую методику построения двойных трансляторов;
- 2) Привести пример типичной задачи построения двойного транслятора для конкретного П САПР;
- 3) выполнить оценку предложенной методики построения таких интерфейсов на эффективность, полноту и общность.

## 1. Методика организации двухсторонних трансляторов

Рассмотрим принципы адаптации ЯС к особенностям ПЯ П САПР:

- 1) уровень абстрактного представления ПЯ определяет уровень абстрактного представления соответствующего ЯС;
- 2) семантика ПЯ приводится в соответствие к семантике ЯС;
- 3) грамматика ЯС (идентификаторы компонент модели) отражает грамматику ПЯ.

Сама задача адаптации возникает и решается, исходя из уровня квалификации эксперта в предметной области, управляющего созданием надстройки:

- 1) умный эксперт – предполагает обязательными все этапы адаптации;
- 2) средний эксперт – может предполагать адаптацию на семантику, а может и – нет; в этом случае используется автоматический механизм такой адаптации, без учета семантики;
- 3) глупый эксперт – может не предполагать такой адаптации, точнее - адаптация может делаться автоматически, без учета семантики.

Суть методики адаптации – это приведение семантики ПЯ к семантике формального ЯС соответствующего уровня абстракции.

Этапы методики:

- 1) Выявление в ПЯ семантики предполагаемой модели пространства и времени;
- 2) Выявление в ПЯ фазовых переменных, т.е. потенциала и потока, координат взаимодействия, топологических свойств, а так же приведение их к элементам ЯС на основе принципа аналогии;
- 3) Выявление в модели структурного блока ПЯ компонент модельной структуры ЯС (внешняя и внутренняя границы, связи чужие и свои, внутренние);
- 4) Выявление в ПЯ модели функций базовых структурных блоков;
- 5) Выявление в ПЯ модели функций небазовых функциональных блоков различных уровней иерархии. Требуемая характеристика ПЯ (ВСД) П САПР: наличие физической семантики; отсутствие нечеткостей, неоднозначностей, альтернативности в описании объекта проектирования.

Модель предлагаемого интерфейса может быть представлена так:  
 $M=(Go, Fo, Mo, So, Gs, Fs, Ms, Ss, Pos, Pso)$ ,

где:

Go - грамматики ЯС в ИО;

Fo - формат ВСД представления моделей в ИО;

Mo - описания прототипов в данной проблемной области на ЯС ИО (знания экспертов, проекты);

So - описания прототипов в данной проблемной области в формате ВСД ИО;

Gs - грамматики ПЯ в П САПР; Fs ВСД представления моделей в П САПР;

Ms - описания прототипов в данной проблемной области на ПЯ П САПР (знания экспертов, проекты);

Ss - описания прототипов в данной проблемной области в формате ВСД П САПР;

Pos - процедуры отображения Mo,So в Ms,Ss;

Pso - процедуры отображения Ms,Ss в Mo,So.

Охарактеризуем формы представления моделей в ИО:

1) Грамматика ЯС в ИО (Go) описана в [4];

2) Модель СД во внутреннем формате (So), представляется в виде описаний библиотек, типов, массивов и т.п. в формате DBF;

3) Функциональные модели, задающие соответствия для базовых структурных блоков и связей, представляются в виде динамических недоопределенных вычислительных моделей, описание которых совмещено с описанием структур (So) и представлено в формате DBF. Исследуем специфику и эффективность процессов построения «двойных трансляторов для типичного П САПР.

## **2. Пример построения интерфейсов для САПР парогазовых установок СПРУТ**

**Задача:** создать в среде ИО надстройку над САПР паро-газовых установок (ПГУ) в энергетике СПРУТ, способную решать:

1) задачу синтеза по некоторой методике проектирования требуемой ПГУ с последующей передачей решения в САПР СПРУТ;

2) задачу реконструкции существующего решения ПГУ по некоторой методике, вначале получив решение из среды СПРУТ, а затем - передав измененное решение в СПРУТ.

### ***Специфика задачи:***

1) ориентация ИО на эксперта высокой квалификации, способного описать в виде набора продукций методику синтеза или реконструкции ПГУ; продукции ориентированы на использование конструкций на ЯС в посылках и выводах продукций;

2) наличие в СПРУТ известного авторам (как разработчикам СПРУТ) формата ВСД, доступного для анализа, заданного фактически как ПЯ, т.е. - подмножеством языка АвтоЛИСП;

3) реконструкция решения в ИО состоит в анализе имеющихся особенностей существующей ПГУ и выборе структурных особенностей для требуемой ПГУ, что обуславливает необходимость передачи решения – структуры ПГУ из среды СПРУТ в среду ИО целиком как прототипа, подвергаемого реконструкции;

4) синтез решения в ИО состоит в выборе структурных особенностей требуемой ПГУ в терминах ЯС, построения решения в виде файла на ЯС, что требует построения транслятора «ЯС->ПЯ» для создания решения в форме ЛИСП-файла.

***Специфика способа решения задачи. Физическая семантика ПЯ, приведенная к специфике физической семантики ЯС:***

1) модель ПГУ рассматривается как статическая, т.е. – неизменная во времени; т.о. рассматривается одна модель пространства на жизненном цикле, т.е. фактически модель времени отсутствует;

2) модель ПГУ рассматривается как количественная макромоделю для подуровня макромоделю; т.е. – как модель с сосредоточенными параметрами, а фактически – как набор физических точек (ФТ), с трехмерными пространственными координатами и расширенным набором топологических и «обычных» свойств: длина, вес, материал и т.д.; параметры ФТ связаны алгебраическими зависимостями;

3) модель структуры – иерархическая, т.е. ряд ФТ объединяются в блоки – трубу некоторого типа, оборудование, стену и т.д.; трубы объединяются в трубопровод, рассматриваемый как

массив труб и т.д.; рассматривают точки стыков – как функции взаимосвязи двух или более блоков;

4) направление передачи данных между подблоками – двунаправленное;

5) модель пространства это – совокупность подблоков, входящих в иерархию, составляющую модель ПГУ, а так же связи между ними;

6) идентификаторы блоков, массивов, номеров блоков в массиве – явно заданы в ЛИСП-файле.

*Механизм реализации интерфейса:* система FLEX.

*Возможности надстройки как БЗ:* на выходе – структура ПГУ, удовлетворяющая заданным требованиям.

*Роль СПРУТ:* моделирование, документирование.

*Интерфейс:* разработаны процедуры Pos, Pso.

### **Заключение**

Исходя из изложенного, можно сделать выводы: 1) Предложенная общая методика построения «двойных» трансляторов (интерфейсов), позволяет в целом учитывать специфику решаемой задачи, что обеспечило решение ряда задач построения конкретных интерфейсов для тех или иных П САПР; 2) Многочисленные примеры с различной спецификой позволяют сделать вывод, что данная методика имеет достаточно высокую эффективность, полноту и общность. Как перспективная задача может рассматриваться создание средств автоматизации построения интерфейса под требуемый ЯП (ВСД) П САПР.

## Литература

1. Григорьев А.В. Пути создания интеллектуальных САПР при различных уровнях квалификации экспертов /Научно-теоретический журнал «Искусственный интеллект», №3, 2005. – Донецк: ИПИИ, 2005. – С. 758–763.
2. Григорьев А.В. Семантика модели предметной области для интеллектуальных САПР // Научные труды ДонГТУ: Серия ИКВТ. – Донецк: ДонГТУ, 2000. – Вып. 10. – С. 148-154.
3. Григорьев А.В. Комплекс моделей САПР как система взаимосвязанных уровней знаний о действительности // Научные труды ДонГТУ: Серия ИКВТ. – Донецк: ДонГТУ. – 2000. – Вып. 10. – С. 155-167.
4. Григорьев А.В., Базалей А.О. Специализированная оболочка для синтеза интеллектуальных САПР и АСНИ. (ИКВТ-97). Сборник трудов ДонГТУ, Выпуск 1. Донецк: ДонГТУ, 1997. С. 225-228.
5. Григорьев А.В., Бондаренко А.В., Шойхеденко А.В. Интерфейс табличного процессора EXCEL и специализированной оболочки для синтеза интеллектуальных САПР и АСНИ. (ИКВТ-97). Сборник трудов ДонГТУ, Выпуск 1. Донецк: ДонГТУ, 1997. С. 229-238.
6. Григорьев А.В. Организация пространственного и временного логического вывода в концептуальной модели интеллектуальных САПР. Серия ИКОТ-2008. Вип. 132.- Донецк: ДонНТУ. - 2008. – С.296-311.
7. Григорьев А.В., Кошелева Д.А. Интеллектуализация процесса проектирования аппаратуры средствами языка VHDL / Наук. праці ДонНТУ. Серия ИКОТ. Выпуск 93. –: Донецк: 2006. – С. 99-105.
8. Григорьев А.В. Организация проблемно-ориентированной базы знаний в САПР трубопроводов. Межд. н.м.к. "Автоматизация проектирования и производства в машиностроении". - Киев: ИСИ ОУ, 1995. - С.49-50.
9. Ахо А., Ульман Дж. Теория синтаксического анализа, перевода и компиляции. В двух томах. Т.1. Синтаксический анализ. Пер. Агафонова В.Н. Под. ред. Курочкина В.М. Мир, М.: 1978, с. 614.
10. Витяев Е.Е. Извлечение знаний из данных. Компьютерное познание. Модели когнитивных процессов: Моногр. / Новосибир. гос. ун-т. Новосибирск, 2006, 293 с.
11. Алексеев С.С. Морозов В.В. Симаков К.В. Методы машинного обучения в задачах извлечения информации из текстов по эталону. Труды 11-й Всероссийской н. к. «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции» - RCDL'2009, Петрозаводск, Россия, 2009. С.162-180.

**Сведения об авторах:**

Країна: Украина;

Місто: Донецк;

Місце роботи: Донецкий национальный технический университет;

Адреса для листування:

- г. Донецк, Артема, 58, каф. Прикладной математики;

- grigolsgni@mail.ru

- 050-64-41-019

*Григорьев А.В., к.т.н., доц., доц.* каф. Прикладной математики;

*Морозова О.В., аспирант* каф. Прикладной математики;

**Сфера наукових досліджень:** инженерия знаний, интеллектуальные САПР, проблемная адаптация, средства автоматизации программирования.