

УДК 004.624

А.В.Григорьев
Донецкий национальный технический университет
grigorie@r5.dgtu.donetsk.ua

Анализ специфики задачи проблемной адаптации САПР в современных условиях

В работе рассматривается специфика задачи проблемной адаптации САПР в современных условиях. Выполняется анализ тенденций развития САПР и систем искусственного интеллекта, приводятся требования к методам и средствам предметной адаптации интеллектуальных САПР.

Ключевые слова: проблемная адаптация, САПР, системы искусственного интеллекта, интеллектуальные САПР.

Введение

САПР относятся к важнейшим информационным системам. Развитие производства и общества в целом не мыслимо без применения САПР. Лавинообразное увеличение числа предметных областей (ПрО), где требуется создание САПР, ставит проблему автоматизации их создания. Методы и средства систем искусственного интеллекта (СИИ), проникая, в том числе, и в область создания САПР, позволяют сделать решение этой проблемы реальностью. Данная тенденция, к сожалению, пока не получила своего полного воплощения на практике. Т.о., актуальным является построение унифицированных средств и методов построения САПР, адаптируемых на технологии проектирования в требуемой ПрО, обеспечивающих более высокую эффективность процесса создания и функционирования как новых интеллектуальных САПР (И САПР), так и модификации существующих САПР до уровня гибридных. С точки зрения САПР речь идет о решении задачи проблемной адаптации (ПА). Для решения задачи построения средств ПА в современных условиях важно дать ее постановку и наметить пути решения.

Цель предлагаемой работы:

- выполнить анализ классических механизмов и параметров ПА;
- выполнить анализ тенденций развития САПР в современных условиях и их влияние на специфику задачи ПА в современных условиях;
- выполнить анализ тенденций развития СИИ с целью построения инструментальных средств ПА САПР в современных условиях;
- дать новое определение задачи ПА в современных условиях;

- поставить в общем виде задачу построения инструментальных средств ПА САПР в современных условиях и наметить пути ее решения.

1. Проблемная адаптация классических САПР

Выполним анализ средств и методов ПА классических САПР.

1.1. Классическое определение САПР

Существует ряд определений САПР, что связано со сложностью этого понятия. Примеры определений САПР: как комплекс средств, как совокупность проектных процедур, как набор этапов разработки документации и т.д. [1]. Однако, в качестве главного определения можно рассматривать процедурное определение САПР. В соответствии с ним САПР представляет собой ряд моделей объекта проектирования возрастающих уровней абстракции (АУ), связанных проектными процедурами, модифицирующими данные модели под управлением соответствующих критериев [1] (см. рис. 1).

Совокупность критериев составляет в целом ТЗ на изделие. Набор процедур определяет методику проектирования. Каждая процедура есть комплекс проектных операций. Каждому АУ соответствует некоторое подмножество процедур и связанных с ними форм представления моделей объекта проектирования. Типичные проектные процедуры, относящиеся к любому АУ, это: синтез (выбор) модели, редактирование, верификация (моделирование), документирование. Типичные формы представления моделей объекта проектирования: система уравнений, документ,

графический образ, таблица, текст на некотором языке программирования и т.д. В САПР используются такие АУ моделей проектирования и, соответственно, уровней наборов проектных процедур:

- структурный (полное отсутствие модели функций в модели объекта проектирования);
- системный (уровень потоков заявок как модели функций объекта);

- функционально-логический (уровень дискретных, логических уравнений, составляющих модель объекта);

- количественный, включая подуровень макро-моделей, т.е. моделей с сосредоточенными параметрами (уравнений Кирхгофа) и подуровень микро-моделей, т.е. моделей с рассредоточенными параметрами (уровень дифференциальных уравнений в частных производных как моделей объекта).

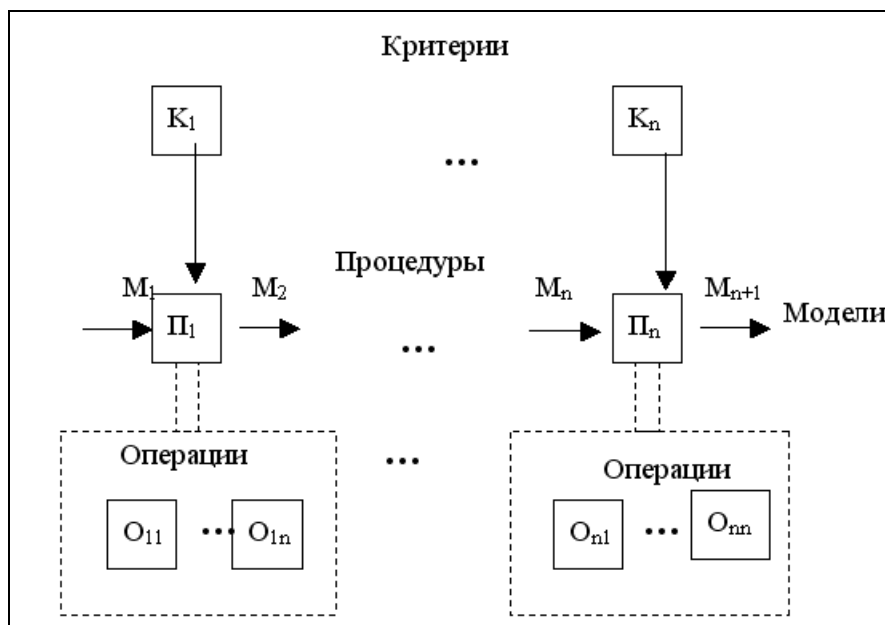


Рисунок 1 - Структура САПР

Перечисленные АУ уровни упорядочены по возрастанию сложности и отличаются:

- полнотой представления модели пространства и времени (наличием или отсутствием, дискретным или непрерывным представлением);
- полнотой отражения совокупности фазовых переменных (поток и потенциал) и координат взаимодействия (емкость, индуктивность и т.д.);
- полнотой состава дополнительных свойств и отношений (функций), отделенных в модели объекта (топологические, функциональные, энергетические и т.д.);
- полнотой представления законов сохранения (энергии, вещества и т.д.), выраженных посредством набора отношений.

Т.о., прежде всего АУ отличаются:

- составом типов переменных и формой их представления;
- составом и формой представления отношений (функций) над переменными.

Вместе с тем, модель объекта на любом абстрактном уровне может рассматриваться как

совокупность структурных и функциональных компонент той или иной степени полноты. При этом в модели объекта проектирования некоторого АУ всегда имеет место структурная и функциональная модельная иерархия. Т.о., различаются уровни абстрактного представления объекта и – уровни структурной и функциональной иерархии в пределах АУ. Следует отметить, что САПР как область знаний является частью цепочки: 1) Системный анализ (СА), как средство изучения и классификации существующих процессов и систем; 2) САПР; 3) Автоматизация научных исследований (АСНИ), как поиск новых знаний. Это означает, что САПР испытывает на себе влияние обеих смежных дисциплин. На практике это приводит к тому, что САПРы могут решать два класса задач, отличающихся размером пространства поиска решений проектных процедур:

- задачи типичного проектирования, т.е. – выбора подходящего решения из ряда известных;
- задачи поискового конструирования, т.е. - поиска неизвестного ранее решения (изобретения).

По уровню сложности комплекса средств, входящих в САПР, выделяют: автоматизированные рабочие места (АРМ), САПР проектной организации и т.д. Предметная область (ПрО) в САПР есть множество моделей объектов проектирования некоторого типа, связанных некоторыми общими признаками, например, такими как назначение, физический принцип действия и т.д. В САПР сложился ряд ПрО, которые можно было бы назвать классическими. Типичные классические САПР функционируют в таких ПрОб как энергетика, радиоэлектроника, строительство, авиастроение, машиностроение и т.д. Как правило, ПрО классических САПР привязаны к физической семантике и отличаются типом фазовых переменных (скорость, давление температура, тепловой поток и т.д.) и типом координат взаимодействия (масса, индуктивность, упругость пружины и т.д.). Сложность и разнообразие условий задач проектирования, решаемых САПР, привело к возникновению понятия ПА для САПР, а так же – предметной адаптации (ПрА) как более узкой задачи. Рассмотрим их детальнее.

1.2. Проблемная адаптация САПР

Классическое определение проблемной адаптации (ПА) задает ее как способность САПР приспосабливаться к специфическим свойствам решаемой задачи путем автоматической или ручной настройки структуры и состава программного обеспечения на специфику задач проектирования [2]. В целом проблемную адаптацию с точки зрения процедурного определения САПР можно трактовать как определение совокупности моделей, критериев и процедур по полноте и способу реализации, исходя из специфики построения САПР, которая в свою очередь, определяется спецификой функционирования САПР. Рассматривая САПР с современных позиций как типичную информационную систему, можно говорить, что при ПА подвергаются адаптации интерфейсы, алгоритмы проектирования и базы данных САПР. Приведенное выше классическое определение ПА достаточно широко, но следует отметить, что конкретное наполнение этого понятия динамически меняется во времени, исходя из уровня развития теории построения САПР и динамики развития различных ПрО. На прошедшем (классическом) этапе развития методов ПА рассматривалась единая САПР уровня АРМа достаточно широкой структуры, ориентированная на некоторую ПрО. Сложность структуры САПР обеспечивает ПА. К механизмам ее адаптации можно отнести:

- приспособление к специфическим свойствам решаемой задачи на уровне ТЗ;
- адаптацию диалога САПР к уровню подготовки пользователя;

- адаптацию на уровне определения методов и алгоритмов синтеза (выбора) требуемого решения исходя из мощности пространства решений; например, поиск одного из типичных решений, поисковое конструирование [3];

- адаптация на требуемый уровень макро-модельного представления объекта проектирования, включая как модель в целом, так и – модели компонентов, исходя, например, из размерности задачи и заданной структурной декомпозиции (расщепления сложного объекта на части) [3];

- адаптация алгоритмов модельного анализа объекта проектирования, состоящая в их выборе и настройке;

- параметризация модели объекта проектирования, т.е. – автоматическое изменение множества взаимосвязанных параметров при изменении значений части параметров и т.п.

К параметрам адаптивной САПР можно отнести, соответственно: уровень подготовки пользователя; мощность пространства поиска решений; размерность решаемой задачи модельного анализа; изменяемые параметры объекта проектирования и т.д.

1.3. Классические средства предметной адаптации САПР

Предметная адаптация САПР является частью более общей задачи ПА и из всего комплекса ПА рассматривает только проблемы, связанные с адаптацией САПР на ПрО. Говоря о ПрА, следует отметить наличие в САПР принципа аналогий, позволяющего сводить фазовые переменные (поток и потенциал), а так же координаты взаимодействия (емкость, индуктивность и т.д.) любых физически отличных ПрОб [1] друг к другу (см. таб. 1). Говоря о нетехнических ПрО можно назвать экономику, сводимую к термодинамике (см. таб. 2).

Так, анализ экономических систем с точки зрения термодинамики носит наименование ресурсодинамики. Такой подход позволяет решать задачи о нахождении смешанных и переходных процессов в этих системах на основе моделирования ресурсообмена, путем аналогичным моделированию теплообмена в задачах термодинамики.

Это, в свою очередь, позволяет найти аналогии в отношениях, составляющих модель объекта проектирования, и – в законах сохранения. С учетом общих подходов к моделированию пространства и времени на различных АУ любых ПрО, сложившиеся в САПР, имеет место возможность практически полного взаимного отображения ПрО друг в друга.

Таблица 1 Фазовые переменные в различных ПрО

Системы	Фазовые переменные	
	типа I	типа U
Электрические	Ток I	Напряжение U
Механически поступательное	Сила F	Скорость V
Механически упругое	Сила F	Деформация
Механически вращательное	Вращательный момент M	Угловая скорость Ω
Гидро	Поток (расход) q	Давление P
Пневмо	Поток (расход) q	Давление P
Тепло	Тепло поток q	Температура T

Таблица 2 Аналогии фазовых переменных в термодинамике и экономике.

Термодинамика	Общие понятия САПР	Экономика
Температура	Потенциал	Цена ресурса
Поток тепла	Сила тока	Поток ресурса
Разница температур	Напряжение	Разница цен
Объект - рабочее тело в термодинамике	Объект, задающий функцию, связывающую 2 потенциала (R и C) Земля, объект с постоянным током и напряжением	Объект посредник
Резервуар тепла		Рынок
Количество тепла	Количество энергии	Капитал
Энтропия, тепловое сопротивление	Сопротивление	Капиталопотеря на организацию потока ресурса

Принцип аналогий позволяет:

- унифицировать методы построения требуемого САПР как комплекса аналогичных типов проектных процедур, моделей и критериев для любой ПрО, включая как технические, так и – не технические;

- адаптировать любую развитую САПР, функционирующую в одной ПрО, с той или степенью эффективности, к другой ПрО.

Т.о., полнота процедурной модели САПР и принцип аналогий есть основные средства проблемной (предметной) адаптации САПР.

Следует так же отметить, что классические САПРы в целом можно разделить на универсальные САПР, типа AutoCAD и проблемно-ориентированные (П САПР), типа ArhiCAD.

Универсальные САПР являются основным инструментальным средством построения П САПР, или иначе – типичными программными инструментальными средствами проблемной (в данном случае - предметной) адаптации в данной ПрО.

С другой стороны, средства и методы как СА, так и АСНИ, позволяющие настроиться на заданную ПрО, так же можно отнести к средствам ПрА для САПР.

К недостаткам классических средств предметной адаптации САПР можно отнести малую степень автоматизации средств обеспечения ПрА. Это отражается в практически полном отсутствии инструментальных комплексов для построения САПР на базе

унифицированных подходов или – адаптации существующих САПР к другим ПрО.

Следует отметить, не умаляя роли сложных САПР, что наиболее важная задача это – построение средств ПА для САПР уровня АРМ.

2. Специфика проблемной адаптации САПР в современных условиях

Современный этап развития средств ПА проводит к изменению как классической модели адаптивной САПР, так и - параметров и механизмов ее адаптации. Т.о., актуальной является задача разработки средств и методов ПА САПР в современных условиях [4].

Специфика задачи проблемной адаптации САПР определяется тенденциями, которые наблюдаются в современном развитии САПР, а так же – тенденциями в области интеллектуальных систем, оказывающими наиболее существенное влияние на развитие САПР.

Рассмотрим детальнее специфику задач ПА на современном этапе.

2.1. Современные тенденции развития САПР

В САПР имеет место ряд тенденций, описывающих количественную и содержательную динамику ПрО, а так же подходов, методов и инструментальных средств ПА. Перечислим эти тенденции и их последствия, ранжируя их по уровню важности.

Тенденция 1. Неравномерность развития ПрО, технологий проектирования в них и соответствующих им САПР.

Следствие 1. Могут иметь место ПрО, обладающие более развитыми технологиями проектирования и соответствующими САПР. Т.о., методы и средства построения наиболее развитых САПР или средства их проблемной (предметной) адаптации могут применяться при создании или адаптации других САПР в иных ПрО.

Тенденция 2. Повышение уровня полноты воплощения существующих методик проектирования в практически действующих САПР.

Следствие 2. Т.о., любую САПР можно надстроить, добавив в нее те или иные проектные процедуры, повысив тем самым уровень воплощения методик проектирования. Цель такой надстройки может быть снижение трудоемкости тех или иных важнейших этапов проектирования.

Типичный современный П САПР представляет собой специализированный графический редактор, обладающий базой данных для хранения структурных и функциональных компонент. Модель объекта, построенная, фактически, вручную, может быть верифицирована с помощью средств модельной отладки, а затем - документирована в форме чертежей, спецификаций, смет, графиков, таблиц и т.д. Таковы, например, САПР OrCAD и им подобные. Построить П САПР означает выполнить построение соответствующего графического редактора либо средствами универсального САПР, либо - на оригинальной инструментальной базе.

Т.о., говоря об уровне воплощения методик проектирования в большинстве современных П САПР, отражающемся в составе моделей, проектных процедур и критериев в П САПР, можно отметить его явную неполноту, что выражается в довольно низкой производительности САПР.

Построение таких надстроек есть одна из важнейших задач проблемной адаптации современных П САПР.

Конкретные САПР в зависимости от полноты воплощения методик проектирования в данной ПрО могут отличаться:

- составом абстрактных уровней;
- составом проектных процедур на различных уровнях абстракции;
- полнотой моделей отдельных проектных процедур.

Перечисленные выше параметры есть параметры проблемной адаптации САПР по полноте воплощения методик проектирования.

Тенденция 3. Повышение уровня формализации различных существующих ПрО до уровня инженерных методик проектирования, представленных в форме наборов правил построения изделий, призванных упорядочить процесс проектирования типов изделия с требуемыми характеристиками.

Следствие 3. Благодаря процедурному определению САПР и наличию средств предметной адаптации, понятие САПР сейчас трактуется достаточно широко и применяется к различным ПрО. Если ПрО обладает достаточно формализованным описанием объекта, имеются методы построения объекта с требуемыми характеристиками, т.е., иначе, если можно говорить об инженерии в данной ПрО, то можно говорить и о необходимости и возможности построения П САПР. По такому пути развиваются различные ПрО. Например, в настоящее время существуют:

- САПР радиоэлектроники;
- САПР программного обеспечения;
- САПР бизнес-планов в экономике;
- САПР одежды в текстильной промышленности;
- САПР танцев в хореографии и т.д.

Поскольку речь идет о модели объекта проектирования в САПР, то в ПрО рассматривается структурная и функциональная компонента модели. При этом ПрО, связанные с некоторым типом изделия, могут представляться, в свою очередь, с точки зрения изменчивости моделей структур и функций во времени либо как статические, либо как динамические. В целом имеет место И-ИЛИ-дерево предметных областей, где любая конкретная ПрО есть некоторый узел в И-ИЛИ-дереве и отличается различной степенью общности и уровнем положения в дереве ПрО. Т.о., с каждой ПрО любого уровня в этом дереве связан тип изделия или структурный блок некоторого уровня общности. Собственно конкретной объект проектирования (изделие) есть одно или некоторая совокупность терминальных узлов И-ИЛИ-дерева ПрО. Можно привести следующие примеры ПрО, расставленные по уровню включения друг в друга:

- 1) Модель мира как наиболее общая ПрО;
- 2) Модель мира конкретного САПР как совокупность физически различных областей, используемых в данном типе изделий;
- 3) Физически различные ПрО, например, электрические системы, гидродинамические системы, термодинамические и т.д.;
- 4) Класс типов изделий в рамках отдельной физической ПрО, например, радиоэлектронная аппаратура (РЭА) в области электрических систем;
- 5) Отдельный тип изделий в рамках РЭА, например, микропроцессоры;
- 6) Микропроцессоры определенного подкласса, например, сетевые процессоры.

Тенденция 4. Сокращение времени жизни ПрО как типов изделий и технологий их проектирования с одновременным увеличением числа вновь возникающих ПрО [5] (типов изделий), см. рис. 2.

Следствие 4. Тенденция требует все более часто возникающих задач разработки новых

САПР или - адаптации старых САПР для решения новых задач проектирования. Т.о., становится актуальна задача автоматизации построения новых САПР или – модификации существующих САПР. Соответственно, классических средств предметной адаптации САПР становится уже недостаточно и актуальным становится задача разработки новых, более эффективных средств и методов автоматизации построения или – модификации САПР, расширяющих возможности классических подходов проблемной адаптации САПР.

Тенденция 5. Усложнение новых технологий проектирования в плане сложности объекта проектирования, что выражается в построении типов изделий на базе иерархических, регулярных структур, реализующих регулярные же, иерархические организованные функции.

Следствие 5. Тенденция делает необходимым строить САПР как набор процедур и критериев, способных учесть специфику

моделей объектов проектирования, т.е. иерархичности и регулярности структур и функций.

Тенденция 6. Размытие границ между разработчиком САПР и инженером - проектировщиком, выполняющим проблемную адаптацию САПР на условия ее функционирования.

Следствие 6. Методики проектирования, на которые должен адаптироваться САПР путем создания соответствующих проектных процедур, могут иметь различную степень формализации в зависимости от их происхождения, например: подходы авторов технологии проектирования, опыт экспертов-проектировщиков, готовые решения как отражение методик проектирования. Т.о., инструментальные средства ПА должны учитывать уровень квалификации пользователя, выполняющего адаптацию САПР.

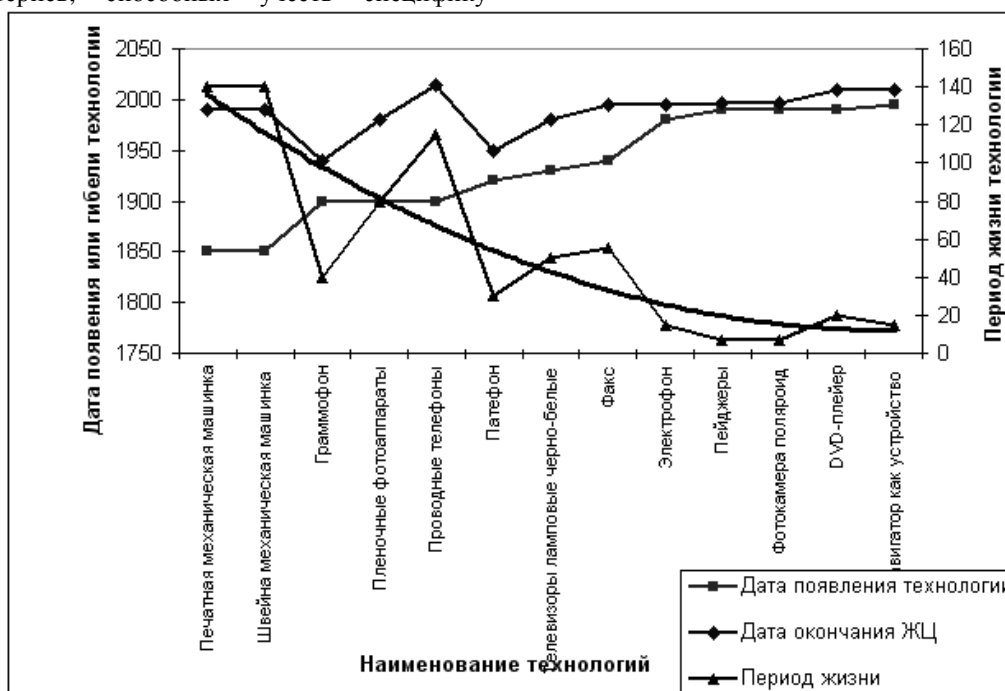


Рисунок 2 – Специфика динамики жизненных циклов технологий в современный период

Тенденция 7. Появление нового, унифицированного подхода и инструментальных программных средств ПА, выраженных в комплексе MATLAB-SIMULINK, комплекса для построения САПР в различных Про.

Специфика подхода состоит в:

- построении графического редактора для ручного построения модели объекта по стандартному шаблону (подключение библиотек компонент, построение схемы по принципу «перетяни и брось», задание типов связей между элементами схемы, задание параметров компонентов);

- наличии библиотек источников воздействий и визуализации (анализа) результатов моделирования;

- использовании принципа аналогий для построения системы уравнений, описывающих объект по заданному его графическому образу;

- использовании базового математического пакета для модельного исследования объектов проектирования, т.е. – решения соответствующих систем уравнений, например, на уровне количественной макромодели.

Т.о., предлагается методика создания надстройки (Simulink) над математическим

пакетом (MatLab), способной обеспечить построение проблемно-ориентированного графического редактора для данной ПрО, а так же - автоматическое построение модели и унифицированные средства ее модельного анализа.

К недостаткам существующей реализации такого подхода можно отнести закрытость методики от эксперта-проектировщика и все еще достаточно высокая трудоемкость процесса адаптации.

Следствие 7. Принцип разделения программного средства ПА на базовый математический пакет, инструментальную систему по созданию САПР-надстроек, функционирующих в среде инструментальной системы, но - на базе математического пакета, является плодотворным и может использоваться для создания новых технологий ПА САПР.

Тенденция 8. Интеллектуализация САПР и, в частности, построения проектных процедур в форме ЭС с базами знаний, реализующих те или иные методики проектирования.

Цель интеллектуализации – повышение эффективности процесса проектирования; как правило, интеллектуальные компоненты САПР, строятся либо вручную, либо с малой степенью автоматизации.

Следствие 8. В зависимости от полноты интеллектуализации множества проектных процедур это приводит к построению либо всех процедур САПР целиком в форме ЭС, либо к построению САПР как гибридной, включающей так же процедуры, построенные с применением классических методов построения САПР.

Тенденция 8 является в настоящее время наиболее важной, т.е. интеллектуализация САПР есть основное направление повышения эффективности средств проблемной адаптации САПР в современных условиях.

Выводы по анализу САПР. Исходя из анализа тенденций развития САПР, можно сделать следующие выводы.

Вывод 1.

На первое место в комплексе средств ПА для САПР выступает ПрА, современные механизмы адаптации непосредственно связаны с процессом интеллектуализации САПР, а параметры адаптации затрагивают уже не только параметры готовой САПР, но и условия, в которых выполняется адаптация или создание САПР. Т.о., можно предложить новое определение ПА в современных условиях.

Определение. ПА - это способность И САПР приспосабливаться путем автоматической или ручной настройки структуры и состава программного обеспечения к специфическим:

- свойствам решаемой задачи проектирования;
- условиям создания САПР.

Вывод 2.

Т.о., речь идет о расширении набора параметров проблемной адаптации САПР, при том, что старые параметры адаптации не утрачивают своей роли. В целом же механизмы современной ПА для САПР должны строиться с учетом названных тенденций, но - на базе классических подходов проблемной (предметной) адаптации.

2.2. Современные тенденции в области ИИ

Поскольку интеллектуализация САПР есть важнейшая тенденция развития современных САПР, то тенденции развития ИИ самым прямым способом влияют на пути развития САПР и, в частности, на методы ПА современных САПР. Рассмотрим детальнее *тенденции развития в области систем ИИ*, перечислив их достоинства и недостатки с точки зрения требований ПА в САПР:

Тенденция 1. Переход от технологии создания единичных экспертных систем к технологии создания инструментальных оболочек, предназначенных для автоматизации построения ЭС различного назначения [6]. Основой построения ЭС для заданной ПрО в среде ИО является концептуальная модель (КМ) ПрО, которая по существу представляет собой набор методов и средств для построения и организации функционирования ЭС требуемого назначения. Формально КМ задается как средство построения множества моделей объектов предметной области и правил организации вывода на этом множестве.

Достоинства. Данная тенденция соответствует тенденции 7, имеющейся в САПР и фактически предлагает эффективную форму инструментальной системы (ИО) для проектировщиков, проводящих адаптацию САПР.

Тенденция 2. Вытеснение из процесса построения ЭС инженера по знаниям в пользу эксперта в предметной области [7]; т.о., методы построения КМ ПрО ИО должны быть ориентированы на возможности эксперта в предметной области. Соответственно, при создании ИО необходимо предусмотреть адаптацию на различный уровень квалификации таких экспертов, а фактически – на уровень их способности формулировать знания о модели объекта проектирования и методиках проектирования;

Достоинства. Данная тенденция соответствует тенденции 6, имеющейся в САПР и фактически вводит классификацию для проектировщиков, проводящих адаптацию САПР.

Тенденція 3. Появление технологий для бизнес-анализа проблемной области, позволяющих формализовать знания об объектах проектирования в данной ПрО. Данные технологии делят на три категории, исходя из применяемых типов моделей [8]:

- модели, предназначенные для анализа и оптимизации систем (например, BPR, VCM, BSC, SWOT и т.д.),
- модели универсального назначения, (например, SADT, DFD, IDEF1, IDEF3, IDEF5 и т.д.);
- модели, ориентированные на автоматизацию (например, ARIS, RUP, ISA, BSP и т.д.).

Перечисление технологии можно охарактеризовать как средства построения КМ ПрО. Отдельно следует выделить такое направление как построение онтологий ПрО, по определению являющиеся средствами построения КМ ПрО [9-12]. Вместе с тем, следует отметить ПрО САПР, где в наиболее эффективной форме уже применяются технологии бизнес-анализа. Это область программной инженерии (ПИ). Методы ПИ позволяют обеспечить автоматический синтез программного обеспечения на различных языках программирования по бизнес-модели.

Достоинства. Данные технологии, включая методы ПИ, фактически являются проявлениями применения подходов СА в САПР для современных условий. Без учета данных методов при построении КМ ПрО (и, в частности, онтологий) невозможно построить эффективные современные средства ПрА для САПР.

Тенденция 4. Появление технологий, моделирующих естественные процессы адаптации в живой природе: нейронные сети; генетические алгоритмы (ГА); пчелиные и муравьиные алгоритмы; многоагентные системы; нечеткая логика и нечеткие вычисления [15] и т.д.

Все перечисленные подходы имеют соответствующие параметры адаптации, например:

- требования внешней среды, заданные фитнес-функцией в ГА;
- изменяющиеся интервалы значений параметров вычислительной модели (нечеткие вычисления);
- параметры реальной системы, используемые при обучении нейронных сетей;
- правила функционирования агентов и т.д.

В наиболее развитых случаях [13] следует отметить возможность динамического изменения параметров моделей, позволяющих адаптировать параметры моделей на специфику ПрО (например, адаптацию параметров ГА –

вероятность появления той или иной генетической операции).

Многие из перечисленных алгоритмов находят свое применение в современных САПР.

Достоинства. Данные технологии, фактически являются средствами ПрА САПР в современных условиях. Без учета данных методов при построении КМ ПрО (и, в частности, ГА, нейронных сетей) невозможно построить эффективные современные средства ПрА для САПР.

Тенденция 5. Появление семиотической модели (СМ) [14], как совокупности формальных математических моделей, взаимосвязанных отношениями достижимости. Такие модели напрямую включают в себя возможность отражения изменчивости (адаптации) объекта как ряда связанных формальных моделей.

Достоинства. СМ фактически есть наиболее подходящая форма для построения КМ ПрО для ИО, ориентированной на автоматизацию построения И САПР в современных условиях.

Тенденция 5. Использование НЕ-факторов [16-18] как средств описания неполноты модельного описания объекта данной ПрО.

Достоинства. НЕ-факторы могут использоваться в рамках СМ для построения системы онтологий различной степени определенности.

Недостатки средств ПрА СИИ с точки зрения ПрА в САПР:

1) Фактически не востребован принцип аналогии САПР, не отражается физическая семантика ПрО;

2) Не поддерживается подход к построению инструментальных средств ПрА, характерный для MatLab-Simulink;

3) Нет средств адаптации на уровень квалификации экспертов в ПрО, выступающих в роли инженеров по знаниям при построении САПР, адаптированной на данную ПрО;

4) Среди средств ИИ не существует единой комплексной КМ ПрО, способной описать САПР как комплекс проектных процедур для моделей различных АУ, включающей требуемые формы представления моделей и средства организации вывода.

Выводы по анализу СИИ. Исходя из анализа тенденций развития СИИ, можно сделать следующие выводы:

1) Современные СИИ так же движутся в своем развитии в сторону построения средств ПрА, что соответствует тенденциям развития САПР;

2) Имеются параллели в развитии инструментальных средств ПА и ПрА как в САПР, так и в СИИ;

3) Подходы, сложившиеся в области СИИ, могут быть использованы для решения проблем, накопившихся в задаче ПрА для САПР;

4) Не все средства ПрА, используемые в САПР, нашли свое отражение в СИИ;

5) Необходим комплексный подход, способный объединить средства и методы ПрА САПР и СИИ в комплексной КМ ПрО для ИО, предназначенной для построения И САПР.

Заключение

Проведенный выше анализ тенденций развития САПР и СИИ в современных условиях позволяет сделать вывод, что *актуальной становится задача* разработки комплексной КМ ПрО САПР как основы для создания специализированной ИО, предназначенной для построения интеллектуальных САПР уровня АРМ, учитывающей тенденции развития САПР и СИИ и являющейся средством ПА и ПрА в современных условиях.

При этом данная КМ должна обеспечивать следующие возможности предметной и проблемной адаптации:

1) ИО должна быть способна настраиваться на любую техническую или не техническую ПрО, обладающей достаточно формализованным описанием объекта и методами построения объекта с требуемыми характеристиками.

2) Быть ориентирована на эксперта в ПрО, выполняющего адаптацию САПР, как источник знаний при построении моделей объекта проектирования и проектных процедур и быть способной адаптироваться на специфический уровень его квалификации;

3) Адаптироваться на данную ПрО с характерными для нее типами фазовых переменных и координат взаимодействия;

4) Быть ориентированной на построение набора требуемых типов изделий в данной ПрО;

5) Формировать состав модельных АУ требуемой полноты;

6) В рамках каждого АУ формировать набор моделей, проектных процедур и критериев требуемой полноты.

7) ИО должна при построении САПР на каждом АУ, задавая набор процедур, моделей и критериев, обеспечить способность задать иерархические, регулярные структуры, реализующие регулярные же, иерархически организованные функции, специфичные для данной ПрО;

8) Иметь возможность адаптироваться на достигнутый уровень воплощения методик проектирования для существующих САПР в данной ПрО, т.е. – быть ориентирована либо на построение нового автономного интеллектуального САПР (И САПР) в случае

отсутствия П САПР, либо – интеллектуальной надстройки над существующим САПР, добавив в нее те или иные проектные процедуры, повысив тем самым уровень воплощения методик проектирования.

9) ИО должна обеспечивать построение либо всех процедур САПР целиком в форме ЭС, либо - построение САПР как гибридной.

Перечисленные выше требования можно рассматривать как постановку задачи в общем виде. Однако, следует отметить, что задача построения требуемой КМ ПрО, решающей задачу в общем виде, достаточно трудоемка и представляет собой отдаленную перспективу. Выбор базовой ПрО позволит перейти от общей постановки задачи к более узкой, поддающейся решению. Следует отметить, что выбор конкретной ПрО как прототипа приведет к конкретной модели целевого САПР и – модели средств адаптации.

Тем не менее, данный путь можно определить как плодотворный, поскольку позволит дать конкретное решение в рамках общей задачи, поскольку системы такого уровня возможностей в настоящее время практически отсутствуют или имеют самые простейшие возможности.

Наметим основные пути решения поставленной задачи.

Т.о., для построения данной КМ необходимо:

1) Выбрать ПрО, обладающую более развитыми технологиями проектирования и соответствующими САПР с тем, чтобы использовать их КМ ПрО как базовое средство проблемной (предметной) адаптации САПР в иных ПрО.

2) Расширить ее, обеспечив возможность использовать классические средства ПрА, основанные на методе аналогий;

3) Разработать на основе выбранной КМ, путем включения в нее как компонент КМ вышеперечисленных выше СИИ единую, комплексную КМ ПрО, с целью построить требуемую ИО для построения И САПР.

Структура ИО должна включать такие основные компоненты:

- комплекс средств для создания И САПР как баз знаний о методиках проектирования в требуемой ПрО путем обучения, адаптируемый на уровень квалификации проектировщика, т.е. – на требуемые источники знаний, форму представления знаний и уровень полноты модели создаваемого И САПР;

- инструментальную систему по созданию САПР-надстроек, включая систему интерфейсов «ИО<=> П САПР», как часть систем обучения и вывода;

- систему логического вывода, адаптируемую на специфику представления баз знаний и уровень ее полноты в И САПР;
- базовый математический пакет для модельного исследования объектов проектирования, как часть системы вывода.

Т.о., поставленные в статье цели достигнуты.

Как перспективную задачу можно определить построение полного состава и структуры параметров ПА описанной выше КМ ПрО.

Литература

1. Норенков И.П. Введение в автоматизированное проектирование технических устройств и систем / И.П. Норенков. – М.:ВШ,1986.
2. Сигорский В.П. Проблемная адаптация в системах автоматизированного проектирования / В.П. Сигорский // Известия высших учебных заведений: Радиоэлектроника. – 1988. – Т.31. – № 6. - С. 5-22.
3. Прасол И.В. Вопросы адаптации агрегированных моделей схем на этапе параметрического синтеза в САПР / И.В. Прасол. - Режим доступа: http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Tr/2009_2/Ссылки/Stat11.htm
4. Евгеньев Г. САПР XXI века: интеллектуальная автоматизация проектирования технологических процессов. САПР графика №4'2000 / Г. Евгеньев, Б. Кузьмин, С. Лебедев, Д.Тагиев. – Режим доступа: <http://www.sapr.ru/Article.aspx?id=7110>
5. Техника, которую мы потеряем. Комсомольская правда в Украине. 23.12.2009. – Режим доступа <http://kr.ua/daily/231109/203259/>.
6. Артемьева И.Л. Концепция оболочки для разработки решателей задач на основе моделей онтологий [Электронный ресурс] / И.Л. Артемьева, Д.А. Крылов. – Режим доступа:http://iai.dn.ua/public/JournalAI_2005_3/Razdel2/02_Artem'eva_Krylov_prav.pdf.
7. Евгеньев Г. SprutExPro - SprutExPro: программирование для непрограммистов OMCONG / Г. Евгеньев, С. Борисов // САПР и Графика. – 2002. – №1.
8. Лядова Л.Н. Интеллектуальные САПР, CASE-, CALS-технологии. Многоуровневые модели и языки DSL как основа создания интеллектуальных CASE-систем / Л.Н. Лядова. – Режим доступа: www.hse.ru/data/2010/03/30/1217475675/Lyadova_LN_2.pdf
9. Гаврилова Т.А. Использование онтологий в системах управления знаниями / Т.А. Гаврилова // Труды международного конгресса «Искусственный интеллект в XXI веке», Дивноморское, Россия. – М.: Физматлит, 2001. - С. 21-33.
10. Нариньяни А.С. Кентавр по имени теон: тезаурус+онтология [Электронный ресурс] / А.С. Нариньяни. - Режим доступа: <http://www.dialog-21.ru/materials/archive.asp?id=6771&y=2001&vol=6077>.
11. Палагін О.В. Архітектурно-онтологічні принципи розбудови інтелектуальних інформаційних систем / О.В. Палагін, М.Г. Петренко // Математичні машини і системи. – 2006. - №4. – С. 15-20.
12. Гаврилова Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. – СПб.: Питер, 2000. – 384 с.
13. Петросов Д.А. Адаптация генетического алгоритма при моделировании вычислительной техники с изменяющейся структурой набором компонентов на основе сетей Петри / Д.А. Петросов. – Режим доступа: vernadsky.tstu.ru/pdf/2009/06/rus_24_2009_06.pdf
14. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика / Д.А. Поспелов. – М.: Наука, 1986. - 288 с.
15. Лю Б. Теория и практика неопределенного программирования / Лю Б.; пер. с англ. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2005. – 416 с.: ил. (Адаптивные и интеллектуальные системы).
16. Нариньяни А.С. Программирование в ограничениях и недоопределенные модели / А.С. Нариньяни, В.В. Телерман, Д.М. Ушаков, И.Е. Швецов // Информационные технологии. – 1998. – №7 - С. 13-22.
17. Телерман В.В. Удовлетворение ограничений в задачах математического программирования / В.В. Телерман, Д.М. Ушаков // Вычислительные технологии. – 1998. – Т. 3. – № 2. – С. 45-54.
18. Нариньяни А.С. Недоопределенность в системах представления и обработки знаний / А.С. Нариньяни //Изв. АН СССР. Техн. кибернетика. – 1986. – № 5. – С. 3 – 28.

Надійшла до редакції 16.04.2010