

**РАЗРАБОТКА ТЕОРИИ И ЗАДАЧНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ МЕТОДОЛОГИИ
ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ**

***Рыбина Г.В., Рудина С.В., Овечкин Д.П., Рыбин И.В., Пышагин С.В., Колобашкина М.В.,
Смирнов В.В.***

Московский государственный инженерно-физический институт (технический университет) (МИФИ)
г. Москва, Каширское ш., д.31 Тел.: (095)324-89-77 Факс: (095)324-21-11

В работе предложена, теоретически обоснована и экспериментально исследована задачно-ориентированная методология компьютерного построения интегрированных экспертных систем (ИЭС) для статических проблемных областей, представляющая собой совокупность разработанных моделей, методов, алгоритмов и процедур для создания прикладных ИЭС. В результате проведенных исследований впервые был решен целый ряд важных и принципиальных с точки зрения построения ИЭС фундаментальных задач, определяющих научную новизну используемых методов и подходов, а именно:

- сформулирована строгая концепция ИЭС как объекта научного исследования, выделены базовые понятия, термины, категории и введена классификация ИЭС;
- предложен и экспериментально исследован конкретный подход к построению ИЭС, названный "ориентация на модель решения типовой задачи", в рамках которого созданы эвристические модели решения типовых задач (МРТЗ) и методы реализации этих моделей на всех этапах ЖЦ построения ИЭС;
- на основе МРТЗ разработан комбинированный метод приобретения знаний (КМПЗ), включающий модели, методы и процедуры извлечения знаний из экспертов и проблемно-ориентированных текстов, их последующего структурирования и верификация с целью автоматизированного построения адекватной, полной и непротиворечивой базы знаний (БЗ) о ПО;
- разработаны методы извлечения, представления и обработки неопределенных, неточных, недоопределенных и нечетких знаний;
- исследовано применение методологий структурного анализа, объектно-ориентированного проектирования (ООП) и повторно-используемых компонентов (ПИК) для разработки систем типа ИЭС, а также возможность сращивания диаграммной техники структурного анализа с методами приобретения знаний;
- исследована проблема интеграции разнородных моделей и компонентов в ИЭС, разработана совокупность моделей, методов и процедур интеграции разнородных компонентов в ИЭС;
- разработаны модели компьютерной технологии создания ИЭС, модели архитектуры ИЭС, модели типовых процессов создания ИЭС, модели и средства интеллектуальной поддержки разработки ИЭС.

Все разработанные модели и методы являются оригинальными и формируют единую концептуальную основу задачно-ориентированной методологии компьютерного построения ИЭС.

Для реализации и экспериментальной проверки разработанной методологии создан программный макет инструментальной среды для поддержки разработки ИЭС, на основе которого было создано несколько демонстрационных прототипов прикладных ИЭС для задач диагностики, проектирования, обучения,

планирования и управления. Все полученные результаты были опубликованы в 1998-1999 гг.

In this work the task-oriented methodology for computer building of integrated expert systems (IES) for static problem domains (PD) was suggested and theoretically proved, which is the set of designed models, methods, algorithms and procedures for applied IES building. The result of processed researches was the solution of the set of important and principal by the point of view of the IES building fundamental tasks, which are defining scientific innovation of used methods and approaches, as: strong conception of IES as the scientific research object was formulated, base concepts, terms, categories were outlined, and the IES classification was introduced; real approach to IES building was suggested and experimental researched, which was named as "the orientation on the typical task solution model", within which heuristic models of typical task solution (MoTTS) and methods of realization of these models through all steps of building IES life cycle (LC) was created; on the base of MoTTS the combined method of knowledge acquisition (CMoKA) was designed, which includes the models, methods and procedures of knowledge acquisition from experts and problem-oriented texts, their following structuring and verification with the goal of automated design of adequate, full and unambiguous knowledge base (KB) about the PD; the methods of acquisition, representation and processing of uncertain, imprecise, subdefinite and fuzzy knowledge were designed; the application of structural analysis methodologies, of object-oriented project (OOP) and again-used components (AUC) was researched for the design of systems like IES, and the possibility of colliding of the diagram technic of structural analysis with the methods of knowledge acquisition was researched; the problem of integration of various-nature models and components into IES was researched, the set of models, methods and procedures of integration various-nature components into IES was designed; the models of computer technology of IES design, the models of IES architectures, the models of typical IES design processes, the models and tools of intellectual support of IES design were designed.

All designed models and methods are original and are forming the unified conceptual base of the task-oriented methodology of computer-aided IES design.

For the realization and experimental testing of designed methodology the programming application of instrumental environment for IES design support was created, on the base of which some demonstrating prototypes of applied IES for the tasks of diagnostics, projecting, teaching, planning and controlling were created. All gained results were published in 1998-1999.

Объявленные ранее цели проекта:

Проект направлен на решение фундаментальных проблем, связанных с созданием теоретико-методологических основ новой технологии построения интегрированных экспертных систем (ИЭС), объединяющих подходы инженерии знаний и традиционного программирования. Решается совокупность конкретных фундаментальных задач по комплексному системному исследованию, анализу, теоретическому обобщению и разработке теоретических основ и

методологических принципов компьютерного построения ИЭС для задач реальной практической сложности и значимости, где малоэффективны методы и средства традиционных экспертных систем.

Степень выполнения поставленных задач:

Задачи, поставленные в проекте, выполнены полностью (несмотря на существенное снижение объемов финансирования в 1998-1999 гг.).

Полученные важнейшие результаты:

К важнейшим результатам, полученным в ходе выполнения проекта, следует отнести решение комплекса научных и методологических вопросов, связанных с созданием теории и задачно-ориентированной методологии построения интегрированных экспертных систем (ИЭС) для статических проблемных областей, в основе которой лежит совокупность моделей, методов, алгоритмов и процедур, разработанных на основе авторского подхода "ориентация на модель решения типовой задачи" (Рыбина Г.В.).

В 1998-1999 гг. были получены следующие научные результаты:

проведены анализ, исследование, обобщение и формальное определение базовых понятий, категорий, методов и процессов построения ИЭС, обеспечивающих создание строгой концепции ИЭС;

построены модели описания знаний о стратегиях (схемах) решения задач каждого класса (МРТЗ) и способы реализации МРТЗ на всех этапах жизненного цикла (ЖЦ) построения ИЭС;

разработаны модели, методы и процедуры автоматизированного построения баз знаний (БЗ) для ИЭС (комбинированный метод приобретения знаний на базе интеграции методов компьютерного интервьюирования экспертов с методами обработки проблемно-ориентированных текстов, методы и процедуры верификации "поля знаний" и БЗ, способы проверки БЗ на полноту и непротиворечивость);

разработаны и формально описаны механизмы выявления, представления и обработки неопределенных, неточных, недоопределенных и нечетких знаний при построении ИЭС;

исследована возможность использования агента-ориентированного подхода для организации процессов интервьюирования экспертов (в соответствии со схемами решения типовых задач и процедуры формирования обобщенного "поля знаний" на основе фрагментов, созданных агентом в процессе интервьюирования экспертов), а также для создания средств интеллектуального управления процессами построения ИЭС; реализовано эффективное сращивание методологии структурного анализа, применяемого на этапе анализа системных требований на разработку ИЭС, и объектно-ориентированного проектирования, используемого на этапе общего и детального проектирования ИЭС (диаграммы классов и диаграммы объектов); разработаны методы и принципы построения, описания и

использования повторно используемых компонентов;
разработаны методы и принципы создания инструментальных средств нового поколения для поддержки задачно-ориентированной методологии построения ИЭС на основе интеллектуального управления всеми этапами ЖЦ построения ИЭС в виде так называемого "интеллектуального планировщика".

Для реализации и экспериментальной проверки разработанной задачно-ориентированной методологии был создан программный макет инструментальной среды для поддержки разработки ИЭС, на основе которого было создано несколько демонстрационных прототипов прикладных ИЭС для задач диагностики, проектирования, обучения, планирования и управления. Все полученные результаты были опубликованы в открытой печати в 1998-1999 гг.

Степень новизны полученных результатов:

В настоящее время для ИЭС, представляющих собой один из сложных классов интеллектуальных систем поддержки решения задач, в отличие от процессов разработки традиционного программного обеспечения, практически отсутствуют методологии и инструментальные системы, которые бы поддерживали некоторую компьютерную технологию построения ИЭС на всех или отдельных этапах разработки (например, по типу CASE-систем).

В связи с этим данный проект, базовые основы которого разрабатывались в течение ряда лет в лаборатории "Системы искусственного интеллекта" кафедры Кибернетики МИФИ, представляет собой конкретный подход к теоретическому и методологическому обобщению, а также к разработке и экспериментальному исследованию разнородных моделей, методов, средств и технологий, составляющих концептуальную основу единой задачно-ориентированной методологии построения ИЭС для статических проблемных областей (ПО), и соответствующих инструментальных средств (ИС) компьютерной поддержки этой методологии на всех этапах ЖЦ создания ИЭС, начиная от извлечения знаний из экспертов и проблемно-ориентированных текстов до конфигурирования и тестирования прототипа ИЭС.

При создании концептуальных основ задачно-ориентированной методологии впервые был решен целый ряд важных и принципиальных с точки зрения построения ИЭС фундаментальных задач, определяющих научную новизну используемых методов и подходов, а именно:

сформулирована строгая концепция ИЭС как объекта научного исследования, выделены базовые понятия, термины, категории и введена классификация ИЭС;

предложен и экспериментально исследован конкретный подход к построению ИЭС, названный "ориентация на модель решения типовой задачи", в рамках которого созданы эвристические модели решения типовых задач (МРТЗ) и методы реализации этих моделей на всех этапах ЖЦ построения ИЭС;

на основе МРТЗ разработан комбинированный метод приобретения знаний (КМПЗ), включающий модели, методы и процедуры извлечения знаний из экспертов и проблемно-ориентированных текстов, их последующего структурирования

и верификация с целью автоматизированного построения адекватной, полной и непротиворечивой базы знаний (БЗ) о ПО;

разработаны методы извлечения, представления и обработки неопределенных, неточных, недоопределенных и нечетких знаний;

исследовано применение методологий структурного анализа, объектно-ориентированного проектирования (ООП) и повторно-используемых компонентов (ПИК) для разработки систем типа ИЭС, а также возможность сращивания диаграммной техники структурного анализа с методами приобретения знаний;

исследована проблема интеграции разнородных моделей и компонентов в ИЭС, разработана совокупность моделей, методов и процедур интеграции разнородных компонентов в ИЭС;

разработаны модели компьютерной технологии создания ИЭС, модели архитектуры ИЭС, модели типовых процессов создания ИЭС, модели и средства интеллектуальной поддержки разработки ИЭС.

В связи с этим в рамках реализации данного проекта были проведены такие виды новых исследований и разработок, как:

анализ и исследование особенностей ЖЦ построения ИЭС для различных классов задач (диагностика, проектирование, обучение, планирование, управление);

разработка, исследование и развитие МРТЗ и методов реализации МРТЗ на всех этапах ЖЦ;

разработка методологии системного анализа ПО и способов построения моделей архитектуры ИЭС на основе интеграции методов структурного анализа систем,

объектно-ориентированного проектирования, повторно-используемых компонентов (ПИК) и комбинированного метода приобретения знаний;

разработка моделей, методов и процедур

автоматизированного построения БЗ (итеративное извлечение

знаний из экспертов и проблемно-ориентированных текстов

в соответствии с построенной моделью архитектуры ИЭС,

построение "поля знаний" для каждой задачи,

верификация и валидация "поля знаний", формирование фрагментов БЗ в терминах выбранного языка представления

знаний, объединение фрагментов БЗ и проверка БЗ на

полноту и непротиворечивость);

разработка теоретических и методологических основ для выявления, представления и обработки различных видов неопределенных, неточных, недоопределенных и нечетких знаний с целью расширения комбинированного метода

приобретения знаний и построения ядра ИЭС;

разработка теоретических и методологических основ

агента-ориентированного подхода применительно к

комбинированному методу прямого извлечения знаний из

экспертов и проблемно-ориентированных текстов и

процессам интеллектуального управления разработкой ИЭС;

разработка формальной спецификации методов интеграции

моделей, используемых при построении ИЭС (разработка

формального представления в вычислительной среде моделей,

используемых на различных стадиях ЖЦ, и унификация

операций их обработки, исследование и разработка

формальных механизмов учета знаний с НЕ-факторами, разработка формального аппарата описания и использования ПИК);

создание макета проблемно-ориентированных ИС нового поколения для поддержки разработки ИЭС с элементами интеллектуального управления процессами разработки ИЭС на отдельных этапах ЖЦ;

экспериментальная проверка ИС при реализации прикладных ИЭС для задач диагностики, проектирования, обучения, планирования и управления.

Сопоставление с мировым уровнем:

В настоящее время за рубежом ИЭС, т.е. системы, объединяющие подходы искусственного интеллекта и традиционного программирования, широко используются при решении практических задач в различных областях. Однако важнейшей причиной медленного внедрения ИЭС в практические приложения в России является отсутствие отработанных методологий разработки приложений.

Заимствование зарубежных методологий практически невозможно, потому что, как правило, западные фирмы считают методологии своим "know-how" и не публикуют их. Характерно также, что эти фирмы проводят для потенциальных потребителей консалтинг, в рамках которого излагают не общую методологию, а только ту ее часть, которая необходима для конкретного приложения.

С другой стороны, сложившаяся за два десятилетия практика создания традиционных (простых) экспертных систем (ЭС) оказывается малоприменимой и неэффективной при попытках "слепого" переноса ее на ИЭС из-за следующих причин:

отсутствия единой концепции ИЭС для объекта научного исследования;

отсутствия единого представления различных классов моделей (информационных, функциональных, моделей ИИ), а также методов организации процессов решения задач на этих моделях;

отсутствия исследований проблемы интеграции в рамках ИЭС;

отсутствия моделей, методов и средств создания прикладных ИЭС для различных классов задач и ПО (статических и динамических), наиболее типичных для использования концепции ИЭС;

отсутствия методов и процедур компьютерного приобретения знаний с учетом особенностей ИЭС и др.

Кроме того с точки зрения требований, предъявляемых к процессам создания традиционных программных систем, в частности, к поддержке ЖЦ разработки программ - для ИЭС отсутствуют ИС, которые бы поддерживали некоторую стандартную, четко определенную методологию разработки прикладных ИЭС.

Отдельные попытки решения вышеперечисленных задач проводились как в нашей стране, так и за рубежом, однако большинство исследований и разработок охватывает только часть из них и не может претендовать на роль конкретной методологии построения ИЭС. Среди отечественных фундаментальных исследований в этой области наиболее

известны работы А.И.Эрлиха, Г.С.Осипова, Ю.Р.Валькмана, В.В.Емельянова, а с точки зрения методологии и технологии построения программного обеспечения традиционных ЭС - результаты, полученные Э.В.Поповым и В.Ф.Хорошевым.

Из зарубежных работ можно выделить базовую инструментальную систему G2 фирмы Gensym для поддержки проектирования ИЭС реального времени, однако ПО, для которых обычно разрабатываются системы реального времени, не относятся к классу статических областей, а являются открытыми динамическими ПО. В системе G2 не предусмотрена также и реализация важнейших задач, связанных с компьютерным извлечением знаний, в том числе знаний с НЕ-факторами, и автоматизированным формированием БЗ, а также с вопросами создания прикладных ИЭС для различных классов задач, типичных для использования концепции ИЭС. Таким образом, в настоящее время для ИЭС практически отсутствуют методологии и ИС, которые бы поддерживали некоторую четко определенную компьютерную технологию проектирования ИЭС на всех или отдельных стадиях ЖЦ разработки (по типу CASE - систем). В связи с этим предлагаемый проект разработки задачно-ориентированной методологии построения ИЭС не имеет на сегодня аналогов в России и представляет собой конкретный подход к теоретическому и методологическому обобщению и экспериментальному исследованию разнородных моделей, методов, средств и технологий, необходимых для создания современных средств построения прикладных ИЭС на всех стадиях ЖЦ.

Использованные методы и подходы:

Реализация подобного крупномасштабного научного проекта стала возможной в значительной степени благодаря: накопленному опыту разработок прикладных ИЭС для широкого класса задач, в том числе задач технической и медицинской диагностики, задач проектирования объектов машиностроения и управления специальным оборудованием, сложных комплексных экологических задач, задач обучения персонала и других;

научным и инженерным результатам, полученным в рамках исследований, посвященных как созданию различных средств поддержки разработки традиционных ЭС, так и сравнительному анализу и экспериментальной апробации значительного числа отечественных и зарубежных коммерческих ИС;

теоретическому и методологическому обобщению исследований и разработок в области создания систем понимания естественно-языковой информации;

теоретических и экспериментальных результатов, полученных в процессе исследований и разработок, проведенных в рамках проекта АТ-ТЕХНОЛОГИЯ.

Разрабатываемая задачно-ориентированная методология (ЗОМ) компьютерного проектирования ИЭС представляет собой совокупность разработанных на основе авторского подхода (Рыбина Г.В.) "ориентация на модель решения типовой задачи" моделей, методов, алгоритмов и процедур для создания прикладных ИЭС. Комплекс взаимосвязанных

инструментальных средств (ИС) обеспечивает автоматизированную поддержку разработки ИЭС на всех этапах ЖЦ построения ИЭС, начиная от извлечения знаний из экспертов и проблемно-ориентированных текстов до конфигурирования и тестирования прототипа ИЭС. Научная новизна ЗОМ полностью определяется совокупностью оригинальных моделей, методов, алгоритмов и процедур, разработанных в рамках ЗОМ.

Приведем краткую характеристику методов и подходов, использованных в рамках создания ЗОМ. Поскольку круг теоретических вопросов, связанных с аргументацией и описанием подхода "ориентация на модель решения типовой задачи" и его реализацией в ЗОМ, неоднократно рассматривался в работах автора прошлых лет, а методы и процедуры автоматизированного построения БЗ для ИЭС детально описаны в публикациях 1998-1999 гг., то акцентируем основное внимание на особенностях методологии построения ИЭС на основе ЗОМ.

Как показано в целом ряде работ, главная особенность современной индустрии программного обеспечения заключается в концентрации сложности разработки на начальных этапах ЖЦ - анализе и проектировании при относительно невысокой сложности и трудоемкости последующих этапов кодирования и тестирования. Вопросы типа "что должна делать будущая ИЭС" решаются на этапе анализа, целью которого является преобразование общих, неясных знаний пользователя о требованиях к разрабатываемой системе в точные определения, т.е. спецификации. Ответы на вопросы "каким образом ИЭС будет удовлетворять предъявленным к ней требованиям" дает этап проектирования, задачами которого являются проектирование общей архитектуры ИЭС, включая разработку структуры и интерфейсов компонентов и детальное проектирование, связанное с разработкой спецификаций каждого компонента ИЭС, интерфейсов между ними и плана интеграции компонентов. Итогом реализации этапов анализа и проектирования является проект ИЭС, содержащий достаточно информации для кодирования и тестирования прототипа ИЭС в рамках имеющихся ресурсов и времени. Существенная особенность ЗОМ заключается в том, что на этапе анализа предлагается фактическое сращивание фаз извлечения и структурирования знаний, характерных для ЭС, с этапом анализа системных требований пользователя (АСТП) как на разработку ИЭС в целом, так и на разработку, например, БД, входящей в состав архитектуры ИЭС. И если для реализации этапа АСТП для обычных информационных систем, особенно используя структурный анализ (СА), в настоящее время накоплен значительный арсенал компьютерных методологий и специальных CASE-средств, то для построения ЭС не существует какой-либо четко определенной методологии и технологии автоматизированного построения программного обеспечения, в связи с чем спецификации соответствующих этапов "идентификация проблемы" и "концептуализация" носят весьма расплывчатый и неопределенный характер. Как следствие, возникает не меньшее число вопросов к сходству и различию функциональных особенностей двух ключевых фигур -

системного аналитика (аналитика проблемной области) и инженера по знаниям.

Разработанная в рамках ЗОМ с этой целью соответствующая методология приобретения знаний интегрирует процессы извлечения и структурирования знаний, полученных из различных источников знаний, с этапом АСТП и поддерживает, фактически, весь ЖЦ построения ИЭС. Эта важная особенность ЗОМ позволяет преодолеть, с одной стороны, традиционную "автономность" (идеологическую, теоретическую и инженерную) фазы приобретения знаний, а с другой - обеспечить поддержку отдельных процессов проектирования ИЭС, что ведет к изменению традиционного взгляда на этап приобретения знаний, как изначально предшествующий всем остальным этапам ЖЦ. Другим важным свойством ЗОМ на этапе анализа является формирование единой концептуальной основы процессов извлечения, структурирования, верификации и формализации знаний, что позволяет говорить об автоматизированном построении БЗ для прототипа разрабатываемой ИЭС.

Значительное место здесь было уделено созданию теоретической и методологической базы для методов и процедур структурирования знаний, т.е. формирования так называемого "поля знаний", а также проверке созданного поля знаний на полноту и непротиворечивость. Для ЗОМ эти вопросы играют существенную роль, поскольку, с одной стороны, допускается возможность адаптивного использования нескольких моделей и языков представления знаний (ЯПЗ), а с другой - уже на этом этапе обеспечивается адекватность представляемых знаний, устраняется избыточность и громоздкость полученной информации, производится логическое тестирование (верификация) информации. В стадии исследований тем не менее остаются вопросы, связанные с полнотой и непротиворечивостью создаваемых БЗ, а также крайне важная проблема оценки обоснованности знаний, используемых в прикладных ИЭС.

Нельзя не упомянуть и о другой важной проблеме, связанной с вопросами автоматизированного построения в рамках ЗОМ непротиворечивых БЗ с так называемыми НЕ-факторами, поскольку знания, извлеченные из экспертов, содержат, как правило, различные виды НЕ-факторов (неопределенность, неточность, нечеткость, неполнота, недоопределенность и др.), в связи с чем соответствующие методы и процедуры приобретения знаний должны обеспечивать возможность извлечения, представления и обработки недостоверной или не полностью известной информации. Однако несмотря на обилие исследований и разработок в области приобретения знаний в целом, эти вопросы в настоящее время остаются, практически, малоисследованными, хотя формальные основы и математические аппараты для многих НЕ-факторов (например, нечеткости) создаются в рамках самостоятельных направлений исследований и широко известны.

В связи с этим одной из важных задач являлась разработка в рамках ЗОМ конкретного подхода к процессам выявления, представления и обработки высказываний эксперта о свойствах ПО, содержащих элементы неопределенности, неточности, недоопределенности и нечеткости. С

некоторыми из полученных результатов можно ознакомиться в работах, опубликованных в 1999 г. Характеризуя предложенный подход с методологической точки зрения, следует отметить, что анализ достаточно большого числа работ, а также экспериментального материала, полученного в процессе компьютерного извлечения и структурирования знаний на основе применения средств комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ, показал, что в общем случае можно выделить две основные группы НЕ-факторов.

Первая из них - НЕ-факторы типа 1 включает в себя НЕ-факторы, проявляющиеся в рассуждениях эксперта в явном виде (неопределенность, нечеткость, неточность, недоопределенность как общих знаний, так и конкретных). Во второй группе - НЕ-факторы типа 2, собраны НЕ-факторы, выделить которые в процессе интервьюирования эксперта не представляется возможным (неполнота, немонотонность, (нене)противоречивость, некорректность, недетерминированность, ненормированность). Для их выявления требуются специальные механизмы и подходы, например, интервьюирование нескольких экспертов, использование технологии извлечения знаний из баз данных (Data Base Mining) и др.

Опыт показал, что наиболее распространенными НЕ-факторами, проявление которых было отмечено в знаниях, полученных от экспертов, являются: нечеткость, неопределенность, неточность, недоопределенность и неполнота. Однако в настоящее время более или менее универсальное определение существует только для одного из указанных НЕ-факторов - нечеткости, для остальных НЕ-факторов у исследователей не выработано единого взгляда на их природу и способы проявления в экспертных знаниях. В опубликованных работах эти вопросы обсуждаются достаточно детально и предлагается единый подход и формализация выделенных НЕ-факторов.

Что касается особенностей ЗОМ на этапе проектирования ИЭС, то здесь необходимо отметить переход от функционально-ориентированных средств СА, наиболее адекватно и наглядно отражающих основные компоненты многоуровневой иерархической архитектуры различных ИЭС на этапе анализа, к идее ООП на основе знаний о процессах проектирования типовых ИЭС. Если на этапе анализа строилась информационно-логическая модель архитектуры ИЭС, включающая совокупность множества взаимосвязанных расширенных диаграмм потоков данных (РДПД), текстов и словаря данных, то на этапе проектирования осуществляется построение модели реализации ИЭС, демонстрирующей как ИЭС будет удовлетворять предъявленным к ней требованиям. Базовые концепции ЗОМ предполагают использование библиотек ПИК, конкретных СУБД, ППП и других автономных систем на этапе проектирования, в связи с чем был выбран ООП-подход к реализации этого этапа, поскольку здесь происходит перенос акцентов с функционального моделирования на информационное.

Интеллектуальная поддержка этапа проектирования ИЭС заключается в создании на основе внутренней БЗ и планировщика, управляющего процессом разработки ИЭС, списка готовых решений, максимально удовлетворяющих

текущему контексту, использовании локальных планов разработки каждого компонента (объекта) проектируемой ИЭС, обеспечении оперативного доступа пользователя к ним и др. возможности.

В рамках данного проекта исследовалась возможность применения агенто-ориентированного подхода для организации интеллектуальной поддержки процесса построения ИЭС в целом, в частности, использовалась концепция реактивного агента, модель которого включает в себя следующие базовые компоненты:

множество моделей окружения (знания агента об окружении), т.е. в данном случае это модели отдельных компонент инструментальной среды;

множество (упорядоченное) целей агента, называемое конфигурацией целей агента, причем целью агента может быть создание (с помощью пользователя или самостоятельно) отдельных подсистем разрабатываемой ИЭС или сбор и обобщение информации о процессе построения прототипа ИЭС;

множество стратегий агента, называемое конфигурацией стратегий, где под стратегиями понимаются сформированные (полностью или частично) планы разработки отдельных подсистем создаваемой ИЭС;

наблюдения агента, под которыми понимаются знания, полученные в ходе <подглядывания из-за плеча пользователя> при построении им прототипа ИЭС;

множество операций адаптации (обучения) агента, где под процессом адаптации агента понимаются изменения множества его стратегий или множества моделей его окружения;

множество операций выполнения стратегии агента.

Следует отметить, что выбор реактивного агента обусловлен прежде всего тем, что из всех предложенных к настоящему времени моделей агентов именно эта модель наиболее полно отражает требования, предъявляемые к средствам планирования и управления процессом разработки ИЭС на основе знаний. Таким образом, предложенная модель среды интеллектуальной поддержки построения ИЭС, детально описанная в публикациях 1998-1999 года, была расширена, и в общем виде ее можно представить совокупностью следующих компонентов:

база знаний о составе проекта и типовых проектных решениях, используемых при разработке ИЭС;

текущий контекст, состоящий из множества объектов из базы знаний, редактируемых или выполняющихся на текущем шаге управления;

специальная программа-планировщик, осуществляющая общее управление разработкой, обеспечивающая интерфейс агентов с ядром комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ и содержащая компоненты для обмена сообщениями и хранения глобального плана разработки;

множество агентов, осуществляющих интеллектуальную поддержку разработки отдельных подсистем ИЭС;

Следовательно, основная часть функций и процедур, отвечающих за поддержку построения отдельных компонентов ИЭС, обеспечивается отдельными агентами. В этом случае общий цикл планирования и управления разработкой представляет собой следующую последовательность этапов: каждый агент оценивает состояние текущего контекста и

выбирает наиболее адекватную данному контексту модель окружения;
затем агент выбирает цель, причем если цель невозможно выбрать, то агент переходит в пассивное состояние;
каждый агент оценивает количество ресурсов, необходимых для достижения конкретной цели;
из всех оценок требований ресурсов выбирается наименьшая, а затем агент с этой оценкой делается текущим;
текущий агент оценивает состояние текущего контекста и вырабатывает стратегию достижения цели, т.е. строит план;
если план достижения цели состоит из одной задачи и она может быть решена самим агентом, то он выполняет ее, затем следует переход к последнему этапу;
если план включает из нескольких задач, то он помещается его в глобальный план разработки;
осуществляется выбор следующей текущей задачи в глобальном плане разработки;
переход к начальному этапу.
Таким образом, на основании исследований и разработок, связанных с применением агенто-ориентированного подхода к созданию модифицированной версии интеллектуального планировщика, было показано, что в рамках данной проблемы целесообразно использовать технологию реактивных агентов со слабо выраженными средствами коммуникации, что может обеспечить при необходимости децентрализацию процесса управления проектом за счет способности автономных агентов самостоятельно решать поставленные им задачи.
В целом, вопросы типа "что такое проектирование на основе знаний" остаются пока неисследованными и малоизученными, поэтому каждая практическая реализация в этом направлении, безусловно, отражает субъективную точку зрения авторов на данную проблему.

ПУБЛИКАЦИИ

- 1. Об одном подходе к автоматизированному извлечению, представлению и обработке знаний, содержащих НЕ-факторы**
Душкин Роман Викторович Рыбина Галина Валентиновна
Известия Академии Наук. Теория и системы управления (5) (1999) 34-44
- 2. Динамические интегрированные экспертные системы реального времени: анализ опыта исследований и разработок**
Рыбин Виктор Михайлович Рыбина Галина Валентиновна
Приборы и системы управления (8) (1999) 4-8
- 3. Методологические особенности автоматизированного извлечения знаний с НЕ-факторами**
Рыбина Галина Валентиновна Душкин Роман Викторович
Труды международного семинара Диалог'99 по компьютерной лингвистике и её приложениям в двух томах. Под редакцией А.С.Нариньяни II (1999) 255-258
- 4. Интегрированные экспертные системы реального времени для задач диагностики, управления и экологического мониторинга: некоторые итоги и перспективы**
Рыбин Виктор Михайлович Рыбина Галина Валентиновна
Искусственный интеллект. Специальный выпуск. Материалы VIII Международной конференции KDS-99 "Знания-Диалог-Решение" (1999) 362-370
- 5. Некоторые аспекты автоматизированного извлечения и обработки знаний с НЕ-**

факторами

Рыбина Галина Валентиновна Душкин Роман Викторович

SCM'99. Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям.

Сборник трудов в двух томах II (1999) 105-108

6. Some Aspects of Acquisition of Uncertain Knowledge in Automated Knowledge Bases Design for Integrated Expert Systems

Рыбина Галина Валентиновна Душкин Роман Викторович

Proceedings of 3rd IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems

INES'99 (Stara Lesna, Slovakia, November 1-3, 1999) (1999) 323-328

7.

Рыбина Галина Валентиновна

Третья Международная летняя школа-семинар по искусственному интеллекту для студентов и аспирантов (1999) 46-52

8. Вопросы извлечения и представления неточных и недоопределенных знаний при автоматизированном построении баз знаний для интегрированных экспертных систем

Рыбина Галина Валентиновна Душкин Роман Викторович Козлов Дмитрий

Александрович Смирнов Виталий Валерьевич Файбисович Михаил Леонидович

Третья Международная летняя школа-семинар по искусственному интеллекту для студентов и аспирантов (1999) 191-198

9. Усовершенствование процесса мониторинга и контроля глобальной телекоммуникационной сети на основе использования методов и средств многоагентных систем

Рыбина Галина Валентиновна Киселёв Андрей Петрович Инюшев Дмитрий

Вячеславович

Реинжиниринг бизнес-процессов на основе современных информационных технологий. Сборник научных трудов (1999) 272-275

10. О некоторых подходах к теоретическому и экспериментальному моделированию процессов построения многоагентных систем

Рыбина Галина Валентиновна Гриценко Фёдор Анатольевич Петухов Дмитрий

Михайлович

Российская научная конференция "Экономические информационные системы на пороге XXI века" (1999) 133-135

11.

Рыбина Галина Валентиновна

Научная сессия МИФИ-99. Сборник научных трудов (1999) 136-138

12. О реализации нечёткого решателя для комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ

Рыбина Галина Валентиновна Душкин Роман Викторович Кабанова Елена

Николаевна

Научная сессия МИФИ-99. Сборник научных трудов (1999) 158-159

13. Некоторые аспекты реализации интеллектуального планировщика комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ

Рыбина Галина Валентиновна Пышагин Сергей Владимирович Дмитриев Дмитрий

Игоревич Мاستаков Денис Эльвартович

Научная сессия МИФИ-99. Сборник научных трудов (1999) 176-177