

# Инструментальные средства построения динамических интегрированных экспертных систем: развитие комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ<sup>1</sup>

**Аннотация.** Анализируются состояние и тенденции развития современных инструментальных средств для разработки динамических экспертных систем. Приводится описание архитектуры и функциональных возможностей уникального отечественного инструментария для поддержки построения интегрированных экспертных систем - комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ. Рассматриваются новые возможности комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ, связанные с построением динамических интегрированных экспертных систем.

**Ключевые слова:** динамические интеллектуальные системы, интегрированные экспертные системы, реальное время, инструментальные средства, комплекс АТ-ТЕХНОЛОГИЯ, имитационное моделирование, темпоральный решатель.

## 1. Особенности развития инструментальной базы динамических экспертных систем на рубеже XX-XXI века

В контексте анализа тенденций развития современного инструментария для интеллектуальных систем в целом следует отметить, что в настоящее время наиболее высокие темпы развития наблюдаются в области инструментальных средств (ИС) для поддержки разработки статических и динамических экспертных систем.

Как показано в [1], это связано, в первую очередь, с тем, что научные и коммерческие успехи в разработке статических экспертных систем (ЭС) в середине 80-х годов и интегрированных экспертных систем (ИЭС) в конце 90-х годов, обусловили возрастающую потребность и расширение сферы промышленного использования и разработки прикладных ЭС и ИЭС для широкого класса задач реальной практической значимости и сложности, в том числе для динамических проблемных областей (ПрО).

К подобным динамическим ИЭС, функционирующим, как правило, в реальном времени (ИЭС РВ), предъявляются такие новые требования как [1]: представление, хранение и анализ изменяющихся во времени данных, поступающих от внешних источников; выполнение одновременных временных рассуждений о нескольких различных асинхронных процессах (задачах), в том числе при ограниченных ресурсах (время, память); возможность моделирования внешнего мира и различных его состояний и др. Поэтому в состав архитектуры любой ИЭС РВ по сравнению со статическими ЭС входят специальные компоненты, моделирующие внешнее окружение и позволяющие взаимодействовать с оборудованием в реальном времени, что значительно усложняет процессы разработки таких систем и требует высокой квалификации разработчиков и экспертов [1, 2]. В связи с этим необходимы мощные ИС, позволяющие разрабатывать динамические ЭС и ИЭС, способные функционировать в динамических ПрО при возможной корректировке стра-

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 09-01-00638)

тегий поиска и пополнения базы знаний (БЗ) непосредственно в процессе поиска решений.

В [1] наиболее полно представлен обзор отечественных разработок, связанных с созданием динамических ИЭС для управления электрофизическим комплексом, диагностики сложных технических систем, контроля предстартовой подготовки ракетополетов, радиоэкологического мониторинга территорий, прилегающих к АЭС, экологического мониторинга атмосферного воздуха, прогнозирования радиационных повреждений бортовых микроЭВМ и др. Описание ряда зарубежных динамических ЭС для управления непрерывными производственными процессами в химии, фармакологии, производстве цемента, продуктов питания, в аэрокосмических исследованиях, транспортировке и переработке нефти и газа, управления атомными и тепловыми электростанциями, финансовыми операциями и др. приводится в [2].

Анализируя успехи отечественной научной школы в области динамических интеллектуальных систем, прежде всего следует отметить достаточно разнообразный спектр теоретико-методологических исследований, связанных с созданием теории построения конкретного класса динамических интеллектуальных систем, основанных на правилах (работы Г.С. Осипова [3, 4]), результаты, полученные в области моделирования временных (темпоральных) рассуждений для интеллектуальных систем поддержки принятия решений реального времени (работы под руководством А.П. Еремеева [5, 6]), цикл исследований и разработок в области динамических экспертных систем под руководством В.Л. Стефанюка [7], а также целый ряд других интересных теоретических работ (например, Г.С. Плесневич [8], М.М. Виньков и И.Б. Фоминых [9] и др.). Однако в целом проблема создания мощного программного инструментария для поддержки разработки динамических интеллектуальных систем, в частности динамических ЭС и ИЭС, практически не ставилась.

Один из первых зарубежных инструментариев для создания динамических ЭС, который предназначался для символьных ЭВМ Symbolics и носил название Picon, был создан фирмой Lisp Machine Inc (США) в 1985 г. Успех ИС Picon привел к тому, что группа ведущих разработчиков, образовав фирму Gensym, на основе эволюционного развития идей Picon

выпустила в 1988 г. ИС под названием G2. В настоящее время во всем мире уже широко используется версия 8.3 системы G2 и целый ряд проблемно-ориентированных ИС, созданных на базе ядра G2 и предназначенных для разработки приложений к специализированным Про и классам задач [1, 2, 10].

С отставанием от фирмы Gensym Corp. на 2-3 года некоторые другие фирмы начали создавать свои ИС, наиболее известными из которых являются: RT Works (фирма Talarian, США), COMDALE/C (Comdale Techn., Канада), COGSYS (SC, США), ILOG Rules (ILOG, Франция). По данным, приведенным в [2], объективное сравнение двух наиболее продвинутых систем - G2 и RT Works, проводившееся путем разработки одного и того же приложения двумя организациями, - NASA (США) и Storm Integration (США), показало значительное превосходство системы G2 (Gensym Corp.).

В целом можно констатировать, что сегодня в области инструментальной базы для поддержки разработки динамических ЭС и ИЭС нет такого большого разнообразия, как, например, для статических ЭС, где насчитывается несколько сотен ИС самого различного назначения, мощности и стоимости (от нескольких сотен долларов до нескольких десятков тысяч долларов). Сравнительный анализ зарубежных коммерческих ИС для построения динамических ЭС [2], а также опыт разработки прототипов ИЭС РВ [1, 10], накопленный в лаборатории «Интеллектуальные системы и технологии» кафедры Кибернетики НИЯУ МИФИ, показали значительные преимущества системы G2 над другими коммерческими ИС данного класса (RTWorks, R\*Time, L\*Star, TCD Expert и др.), функциональные возможности которых не превышают 50% от возможностей системы G2.

Высокая сложность и трудоемкость создания ИС для динамических ЭС и ИЭС, отсутствие финансирования и правовых основ защиты интеллектуальной собственности являются серьезными препятствиями для создания отечественных ИС, соответствующих уровню системы G2 (Gensym Corp.). Существенно сократить или даже преодолеть имеющийся до настоящего времени разрыв между мировым и отечественным уровнями решения задач подобной сложности и важности можно за счет накопленного опыта разработки и использования мощного инструментария для построения ста-

тических ИЭС – комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ третьего поколения [1].

В фокусе внимания данной работы находится новый исследовательский проект, связанный с развитием инструментальной базы комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ до уровня современных ИС типа WorkBench для поддержки разработки ИЭС РВ [11].

## **2. Характеристика базовых функциональных возможностей и архитектуры инструментального комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ**

С середины 90-х гг. в лаборатории «Интеллектуальные системы и технологии» кафедры Кибернетики НИЯУ МИФИ ведутся исследования и разработки, в рамках которых был создан инструментарий нового поколения – комплекс АТ-ТЕХНОЛОГИЯ, предназначенный для автоматизированного построения программного обеспечения ИЭС – одного из самых сложных классов интеллектуальных систем, теория и технология построения которых детально описаны в [1]. Инструментальный программный комплекс АТ-ТЕХНОЛОГИЯ, трансформировавшийся за этот период в несколько технологических поколений типа WorkBench (т.е. интегрированных сред, включающих инструменты различного уровня сложности, управление выбором которых осуществляется как системой, так и инженером по знаниям), поддерживает оригинальную задачно-ориентированную методологию, предложенную Г.В. Рыбиной [1].

Инструментарий представляет собой взаимосвязанную совокупность средств автоматизации проектирования ИЭС на всех этапах жизненного цикла (ЖЦ), обеспечивающих в том числе элементы «интеллектуализации» процессов построения прикладных ИЭС на основе знаний о типовых проектных процедурах разработки систем и их компонентов для конкретных классов задач и ПрО. Сегодня комплекс АТ-ТЕХНОЛОГИЯ – это многофункциональное автоматизированное рабочее место для инженеров по знаниям, а также студентов и аспирантов, изучающих теорию и технологии построения ИЭС. Это позволило, начиная с 1995 г. эффективно использовать комплекс в учебном процессе МИФИ и других ВУЗов.

В основе подхода к созданию инструментария в виде семейства версий комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ лежит возможность реализации совокупности базовых требований задачно-ориентированной методологии, связанных с построением ИЭС, а именно: анализ системных требований пользователей на разработку ИЭС и построение модели архитектуры ИЭС; прямое извлечение знаний из экспертов, естественно-языковых текстов и БД, структурирование полученных знаний в виде поля знаний и построение БЗ о ПрО; реализация функций традиционных (т.е. простых производственных) ЭС; реализация гипертекстовой модели общения; реализация обучающих функций; реализация функций, обеспечивающих интеграцию средств представления и обработки знаний в ЭС с СУБД и ППП расчетного и графического характера; проектирование с использованием интеллектуального планировщика компонентов прикладной ИЭС (диалоговых форм, спецификаций процессов, обработчиков событий, и т.п.); программирование, конфигурирование и тестирование прототипов ИЭС; реализация сервисных функций.

Исходя из контекста развития уже существующих компонентов/подсистем комплекса и создания новых средств для моделирования динамики внешнего окружения, рассмотрим кратко особенности функциональной структуры комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ, обеспечивающей цикл работы по созданию ИЭС [1, 11]. Часть функций комплекса поддерживают авторизацию доступа к системе, регистрацию новых проектов и планирование процессов разработки ИЭС. Другие специфицируют и/или обеспечивают выбор архитектуры ИЭС и ее компонентов и этот процесс осуществляется на основе знаний о технологии построения ИЭС и типовых проектных процедурах, а собственно проектирование предполагает автоматизированный переход от общих спецификаций к описанию их в БЗ планировщика с последующим тестированием. Наиболее сложные функции связаны с проектированием, т.к. здесь возникает реальная возможность «интеллектуализации» процессов создания ИЭС за счет технологической БЗ планировщика и повторно-используемых компонентов предшествующих проектов, что позволяет системе «подсказывать» инженеру по знаниям, какие компоненты могут быть использованы в новом проекте.

Программная реализация рассмотренных выше процессов ориентирована на модульную структуризацию функциональных возможностей и отражении их на конкретные программные средства, исходя из чего, комплекс АТ-ТЕХНОЛОГИЯ имеет управляющее ядро, выступающее в качестве некоторого диспетчера сообщений и совокупность отдельных подсистем, предназначенных для реализации конкретных задач. Основу ядра составляют базовые объекты и базовые функции построения с использованием объектной модели Delphi, а в качестве общего компонента выступает БЗ планировщика и средства ее поддержки в виде языков и формализмов представления знаний. Все функции-расширители для ИЭС реализуются в виде отдельных подсистем и программных средств (подсистема приобретения знаний, средства построения обучающих ИЭС, средства проектирования структуры БД и т.д.). Имеются возможности для подключения внешних расширителей комплекса, выполненных в виде пакетов Delphi (dpr-файлов) и ActiveX-объектов, выполненных на основе СОМ-технологии.

Особо важное значение имеют управляющие и исполнительные подсистемы комплекса, поскольку технология разработки прикладных ИЭС в среде комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ ориентирована на эксплицитное представление в БЗ планировщика знаний о процессе проектирования и реализации прикладной ИЭС. Существенной особенностью предложенного подхода к самой технологии является ориентация не только на мощность отдельных компонентов инструментария, но и на их сбалансированное объединение в соответствующую среду, причем важную роль играют компоненты управления разработкой, реализующие две основные функции: администрирование проекта и формирование его репозитория; выполнение проекта как комплекса взаимосвязанных работ, направленных на достижение определенных целей и с учетом влияния принимаемых решений на весь последующий процесс.

Веб-ориентированная версия (веб-версия) комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ обеспечивает поддержку разработки прикладных веб-ориентированных ИЭС (веб-ИЭС) и предоставляет пользователям возможность работы с отдельными подсистемами комплекса в среде Интернет. В качестве преимуществ и потенциальной перспективности разработки ди-

намических веб-ИЭС [11] можно выделить следующие: простота доступа к веб-ИЭС для пользователей; снижение стоимости управления и модернизации веб-ИЭС; возможность организации автоматизированного построения БЗ в среде Интернет; удаленная разработка отдельных компонентов веб-ИЭС; простота доступа к компонентам инструментального комплекса для разработки ИЭС и другие. Веб-версия комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ обеспечивает поддержку всех традиционных этапов разработки ИЭС, а также предоставляет специализированные средства поддержки разработки веб-ИЭС, такие как организация веб-сеансов интервьюирования экспертов, создание веб-интерфейса, настройка веб-сервера, управление пользователями и развертывание финального прототипа веб-ИЭС.

Веб-версия комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ, так же как и разрабатываемые в ее среде веб-ИЭС, представляет собой клиент-серверное приложение, работающее в среде Интернет и поддерживающее многопользовательский режим работы. Клиентская часть системы - это набор HTML-страниц с внедренным в них кодом приложения Macromedia Flash MX 2004. Данное приложение предоставляет пользователю средства работы с графическим интерфейсом, аналогичным пользовательскому интерфейсу операционной системы Windows, и кроме организации сетевого соединения с серверной частью не содержит элементов прикладной логики функционирования ИЭС. Серверная часть системы - это набор СОМ-объектов, представляющих собой адаптированные для веб-версии компоненты комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ и компоненты ИЭС, разработанные средствами базовой версии комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ, а также специализированные средства организации веб-интерфейса пользователей веб-ИЭС. Все процессы функционирования веб-версии комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ и прикладных веб-ИЭС сосредоточены на стороне сервера, т.е. архитектура разработки веб-ИЭС - сервер-главный.

### **3. Развитие инструментальной базы комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ для построения динамических ИЭС**

Многолетний опыт использования комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ для поддержки построе-

ния ИЭС на основе задачно-ориентированной методологии [1] показал, что класс задач, где ПрО является динамической, встречается достаточно часто. Поэтому несколько лет назад был начат цикл исследований и разработок, направленных на расширение функциональных возможностей комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ (базовая и веб-версии) для поддержки построения динамических ЭС с масштабируемой архитектурой, т.е. ИЭС, функционирующих в реальном времени (ИЭС РВ) [11, 12].

При разработке ИЭС РВ, так же как и любой другой динамической системы, необходимо учитывать поведение системы во времени, т.е. устанавливать взаимосвязь между параметрами в разные моменты времени, поэтому как показано в [1, 13], неотъемлемым этапом построения ИЭС РВ является испытание компонентов создаваемой системы на имитационной модели (ИМ), что обеспечивает возможность оценки работоспособности динамической ИЭС, не прибегая к дорогостоящему внедрению системы. Для моделирования состояний сложных дискретных систем наиболее часто применяются методы и средства имитационного моделирования, ориентированные на описание конкретного класса ИМ.

С позиции задачно-ориентированной методологии и поддерживающего ее инструментария – комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ, наибольший интерес представляют проблемы интеграции традиционных ЭС с ИМ в архитектурах прикладных ИЭС РВ, построенных на принципах глубинной интеграции компонентов [1], т.к. в этом случае обеспечиваются концептуальное единство всех используемых подходов, моделей и методов, а также учет временного фактора как при построении модели ПрО и внешней среды, так и в процессе поиска решений, полученных в условиях строгих временных ограничений и т.д.

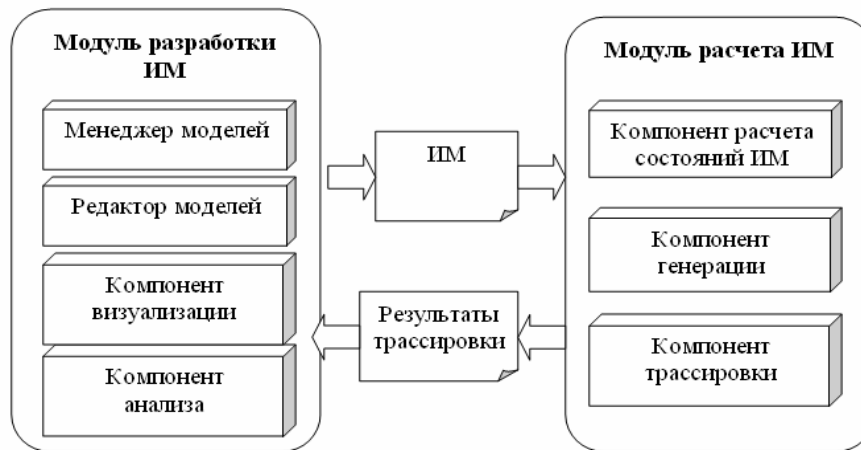
Поскольку имитационное моделирование – это наиболее широко применяемый подход к моделированию поведения различных систем во времени, то в настоящее время существует целый ряд отечественных и зарубежных ИС, позволяющих строить и проводить эксперименты на ИМ, однако наибольшее внимание, исходя из целей данной работы, привлекла концепция среды имитационного моделирования РДО [13], предназначенной для разработки и отладки ИМ на языке РДО [13], имеющая в

отличие от других подобных систем наиболее развитую теоретическую базу. Конечно, в полной мере обеспечить требования глубинной интеграции компонентов ЭС и ИМ не удастся ни в одной системе, тем не менее, использование и развитие РДО-метода, реализующего процессно-ориентированный подход к построению ИМ, представляется оправданным и целесообразным в части расширения архитектуры комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ специализированными средствами в виде подсистемы моделирования внешнего окружения [11, 12]. Поэтому на основе анализа базовых принципов построения соответствующих компонентов систем G2, РДО и др. в рамках работ по расширению функциональных возможностей комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ для поддержки построения ИЭС РВ прежде всего были реализованы средства, обеспечивающие построение ИМ сложных дискретных систем и проведение экспериментов на этих моделях.

На рисунке представлена архитектура прототипа подсистемы имитационного моделирования [12], где функциональность разработанных средств разделена между двумя глобальными модулями – модулем разработки ИМ, в задачи которого входит поддержка разработки и отладки ИМ и других функций, требующих визуального интерфейса, и модулем расчета ИМ, задачей которого является расчет состояний ИМ в каждый такт модельного времени в ходе проведения имитационного эксперимента.

Модуль разработки ИМ содержит в себе ряд компонентов, обеспечивающих различные аспекты построения и использования модели, а именно:

- менеджер моделей, обеспечивающий версиюемость разрабатываемых ИМ и позволяющий создавать новые модели на основе существующих, хранить различные наборы моделей в виде древовидной структуры;
- редактор моделей, предназначенный для построения ИМ с помощью удобного визуального редактора, позволяющего создавать объекты, задавая их свойства и атрибуты, а также устанавливать отношения между объектами модели в графическом режиме (операции с объектами модели, реализующие логику функционирования моделируемой системы, описываются на специальном языке в отдельном текстовом редакторе);



Архитектура прототипа подсистемы имитационного моделирования  
(комплекс АТ-ТЕХНОЛОГИЯ)

- компонент визуализации, позволяющий отрисовывать кадры анимации и перемещения между ними, причем каждый кадр анимации соответствует состоянию ИМ на определенном такте модельного времени (последовательная отрисовка кадров анимации с высокой скоростью позволяет инженеру по знаниям наблюдать за изменением состояний модели в динамике, что облегчает отладку разрабатываемых моделей, анализ результатов экспериментов);

- компонент анализа результатов экспериментов на ИМ, осуществляющий просмотр детальных протоколов экспериментов, а также различных отчетов, построенных по результатам эксперимента, что позволяет не только сделать вывод об успешности эксперимента, но и выявить «узкие места» моделируемой системы (операции, выполняющиеся с наибольшими задержками, и элементы системы, вызывающие наибольшее количество задержек операций).

Модуль расчета ИМ содержит несколько компонентов, реализующих разные аспекты расчета состояний модели, а именно:

- компонент расчета состояний ИМ, рассчитывающий новое состояние модели в определенный такт модельного времени на основе состояния модели на предыдущем такте модельного времени с учетом выполняемых операций, инициируемых ИЭС, компонентом генерации случайных событий или другими операциями модели;

- компонент генерации случайных событий, реализующий механизм, имитирующий случайные возмущения в моделируемой систе-

ме (данный механизм инициирует выполнение определенных операций ИМ в случайные моменты модельного времени в соответствии с заданным на этапе разработки ИМ законом распределения случайных величин);

- компонент трассировки, обеспечивающий сбор статистики и другой необходимой информации о состоянии ИМ на каждом шаге модельного времени с целью последующего использования компонентом анализа результатов для построения различных отчетов и графиков по результатам эксперимента.

В контексте интеграции средств построения ИМ с соответствующими компонентами базовой версии комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ можно выделить две основные проблемы, решение которых позволит интегрировать средства построения ИМ в состав комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ.

Первая проблема сводится к обеспечению взаимодействия между универсальным АТ-РЕШАТЕЛЕМ комплекса [1] и подсистемой имитационного моделирования таким образом, чтобы в процессе вывода АТ-РЕШАТЕЛЬ мог инициировать действия (операции) над ИМ, изменяющие состояние модели за определенный промежуток модельного времени. Текущая версия АТ-РЕШАТЕЛЯ обладает широким спектром функциональных возможностей, в частности, при выполнении правил БЗ предусматривается не только изменение состояния рабочей памяти, но и вызов функций специальных компонентов, используя СОМ-технологии. Это позволяет разработать механизм взаимо-

действия между АТ-РЕШАТЕЛЕМ и подсистемой имитационного моделирования, реализовав необходимый интерфейс на стороне последней.

Вторая проблема – это совместное использование рабочей памяти подсистемой имитационного моделирования и другими компонентами комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ, что возможно путем разработки специального компонента – шлюза, в задачи которого входит синхронизация состояний рабочей памяти ИЭС РВ и состояния ИМ в каждый такт модельного времени в ходе проведения эксперимента с ИМ. Основными функциями данного компонента являются:

- обеспечение унифицированного программного интерфейса, позволяющего изменять состояние рабочей памяти ИЭС РВ подсистеме имитационного моделирования, а также различным внешним системам;
- сканирование рабочей памяти в каждый такт модельного времени и передача информации об изменениях, внесенных в рабочую память компонентами комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ подсистеме имитационного моделирования.

Технологическая реализация интеграции разработанных средств построения ИМ с базовыми подсистемами комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ является весьма нетривиальной задачей, поэтому для этих целей был создан специальный программный стенд, обеспечивающий проведение отладки интеграционных механизмов различных компонентов комплекса [12].

Применение данного стенда на этапе концептуального проектирования новых компонентов для поддержки построения ИЭС РВ позволило эффективно отлаживать все компоненты разрабатываемой системы и унифицировать межкомпонентные интерфейсы за счет наличия следующих функциональных возможностей: организация работы с отлаживаемыми системами в виде проектов; использование визуального проектирования новых компонентов и подсистем для комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ; блок отладки системы и ее основных компонентов, включающий компоненты управления процессом отладки, обработки ошибок и визуализации процесса отладки.

Использование процессов совместного функционирования прототипа подсистемы имитационного моделирования с отдельными подсистемами комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ,

проведенное на программном стенде, продемонстрировало возможность в режиме реального времени передавать в рабочую память АТ-РЕШАТЕЛЯ данные об изменении состояния ИМ, а также получать и исполнять управляющие воздействия на модель, инициируемые АТ-РЕШАТЕЛЕМ во время вывода.

Поэтому следующим важным этапом развития средств комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ для поддержки построения ИЭС РВ является расширение возможностей АТ-РЕШАТЕЛЯ для осуществления временного (темпорального) вывода, что связано с созданием специального темпорального решателя. С этой целью было проведено сравнение различных моделей представления времени по нескольким критериям (естественность представления времени - от абстрактного до естественного; количество разработок по данной теме - от малого до большого; вычислительная сложность используемых алгоритмов - от низкой до высокой) на основе чего выбрана модель интервальной временной логики Аллена [14], обладающая достаточно сбалансированными характеристиками по всем критериям и имеющая развитый математический аппарат. Предварительные экспериментальные исследования, связанные с моделированием архитектуры прототипа темпорального решателя с использованием лицензионной системы G2, показали эффективность применения интервальной логики Аллена исходя из целей данной работы.

## Заключение

Дальнейшее развитие средств комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ для поддержки построения ИЭС РВ (так называемая «динамическая версия») предполагает расширение возможностей АТ-РЕШАТЕЛЯ для осуществления временного (темпорального) вывода, разработку средств, позволяющих получать данные из внешних источников в режиме реального времени, а также реализацию других механизмов построения ИЭС РВ в рамках задачно-ориентированной методологии.

## Литература

1. Рыбина Г.В. Теория и технология построения интегрированных экспертных систем. – М: Научтехлитиздат, 2008. – 482с.

2. Попов Э.В., Фоминых И.Б., Кисель Е.Б., Шапот М.Д. Статические и динамические экспертные системы. – М: Финансы и статистика, 1996. – 320с.
3. Осипов Г.С. Динамика в системах, основанных на знаниях // Изв. РАН. ТиСУ. 1998. №5. С. 24-28.
4. Осипов Г.С. Динамические интеллектуальные системы // Искусственный интеллект и принятие решений. 2008. №1. С. 47-54.
5. Еремеев А.П., Троицкий В.В. Концепции и модели представления времени и их применение в интеллектуальных системах // Новости искусственного интеллекта. 2004. №1. С. 6–29.
6. Еремеев А.П., Куриленко И.Е. Компонента временных рассуждений для интеллектуальных систем поддержки принятия решения реального времени // Искусственный интеллект и принятие решений. 2009. №1. С. 31-45.
7. Стефанюк В.Л., Динамическая экспертная система и логическая проблема фрейма // Международная конференция по искусственному интеллекту (AIS'07/CAD - 2007).- М.: Физматлит, 2007. Т.2. С. 107-113.
8. Плесневич Г.С. Метод аналитических таблиц для логики событий // Труды Международной конференции "Интеллектуальное управление: новые интеллектуальные технологии в задачах управления (ICIT'99)". - Переславль-Залесский: ИПС РАН, 1999.
9. Виньков М.М., Фоминых И.Б. Темпоральные немонотонные логические системы: взаимосвязи и вычислительная сложность// Искусственный интеллект и принятие решений. 2008. № 4. С. 19-25.
10. Рыбина Г.В. Основы построения интеллектуальных систем. – М. Финансы и статистика; ИНФРА-М, 2010. – 432с.
11. Рыбина Г.В. Инструментальная среда для построения динамических интегрированных экспертных систем // Научная сессия МИФИ-2009. Сб. научных трудов. В 6-ти томах. Том. V. Информационно-телекоммуникационные системы. Проблемы информационной безопасности.- М.: НИЯУ МИФИ, 2009г.С. 7-10.
12. Рыбина Г.В., Старостенко К.И. Современная инструментальная база для построения динамических экспертных систем // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2009. №8. Т.7. С. 73-78.
13. Емельянов В.В., Ясиновский С.И. Введение в интеллектуальное имитационное моделирование сложных дискретных систем и процессов. Язык РДО. – М.: АНВИК, 1998. – 428с.
14. Allen J. F. Maintaining knowledge about temporal intervals // Communications of the Association for Computing Machinery. 1983. Vol. 22. P. 832-843.

**Рыбина Галина Валентиновна.** Профессор кафедры кибернетики Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» (НИЯУ МИФИ). Окончила в 1971 г. Московский инженерно-физический институт (государственный университет). Доктор технических наук, профессор. Лауреат премии Президента РФ в области образования. Имеет свыше 400 печатных работ. Области научных интересов: интеллектуальные системы и технологии, статические, динамические и интегрированные экспертные системы, интеллектуальные диалоговые системы, многоагентные системы, инструментальные средства.