

Введение

Пояснительная записка содержит — __ страницы, __ рисунков, __ таблиц, __ ссылок на источники.

Ключевые слова: интегрированная экспертная система, задачно-ориентированная методология, инструментальный комплекс АТ-ТЕХНОЛОГИЯ.

Целью данной учебно-исследовательской работы является разработка средствами комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ демонстрационного прототипа интегрированной экспертной системы для проблемной области «Медицинская ультразвуковая диагностика» и углубленное программное исследование универсального АТ-РЕШАТЕЛЯ.

В первом разделе представлены результаты анализа методов и средств построения интегрированных экспертных систем (ИЭС) на основе задачно-ориентированной методологии, исследования функциональных возможностей инструментального комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ и технологии разработки прикладных ИЭС, отчет об обследовании проблемной области «Медицинская диагностика» (ультразвуковое исследование), результаты исследования функциональных возможностей универсального АТ-РЕШАТЕЛЯ (базовая версия комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ).

Во втором разделе приводится модель архитектуры прототипа ИЭС (базовые средства АТ-ТЕХНОЛОГИЯ), модель проблемной области на основе использования средств поддержки комбинированного метода приобретения знаний (КМПЗ), описание модели и сценария диалога с пользователем, сценарий тестирования основных компонентов АТ-РЕШАТЕЛЯ.

В третьем разделе представлены результаты проведения полного цикла разработок по созданию, верификации и обработке знаний с помощью базовых компонентов комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ, программной реализации и тестирования компонентов прототипа ИЭС с использованием базовых средств комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ, отчет о разработке тест-примеров функционирования прототипа ИЭС для проблемной области «Медицинская ультразвуковая диагностика», результаты программного исследования универсального АТ-РЕШАТЕЛЯ и разработки предложений по дальнейшему развитию и реинжинирингу АТ-РЕШАТЕЛЯ на новой платформе.

Оглавление

Введение	1
1. Анализ современных методов и средств построения интегрированных экспертных систем	3
1.1. Анализ методов и средств построения интегрированных экспертных систем на основе задачно-ориентированной методологии	3
1.1.1. Основные принципы задачно-ориентированной методологии, используемые для построения интегрированных экспертных систем.....	3
1.1.2. Анализ спецификации модели задачно-ориентированной методологии в инструментальном комплексе АТ-ТЕХНОЛОГИЯ	4
1.2. Исследование функциональных возможностей инструментального комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ и технологии разработки прикладных интегрированных экспертных систем	6
1.2.1. Общая архитектура инструментального комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ.....	6
1.2.2. Общий цикл работы с инструментальным комплексом АТ-ТЕХНОЛОГИЯ и основные этапы разработки интегрированных экспертных систем.....	8
1.3. Анализ, выбор и обследование проблемной области «Медицинская диагностика» (ультразвуковое исследование)	10
1.3.1. Общие сведения о предметной области	10
1.3.2. Объектная структура предметной области	12
1.3.3. Функциональная структура предметной области	14
1.4. Исследование функциональных возможностей универсального АТ-РЕШАТЕЛЯ (базовая версия комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ).....	17
1.4.1. Модель и структура универсального АТ-РЕШАТЕЛЯ	17
1.4.2. Обобщенная модель и особенности вывода универсального АТ-РЕШАТЕЛЯ.....	21
1.5. Выводы.....	24
1.6. Цели и задачи учебно-исследовательской работы.....	24

1. Анализ современных методов и средств построения интегрированных экспертных систем

1.1. Анализ методов и средств построения интегрированных экспертных систем на основе задачно-ориентированной методологии

1.1.1. Основные принципы задачно-ориентированной методологии, используемые для построения интегрированных экспертных систем

Наиболее перспективной базой для создания единого подхода к разработке интегрированных экспертных систем (ИЭС) является задачно-ориентированная методология построения ИЭС [1-3], разработанная профессором Г.В.Рыбиной, и предназначенный для её поддержки инструментальный комплекс АТ-ТЕХНОЛОГИЯ. Данная методология обеспечивает автоматизированное построение статических, динамических и обучающих ИЭС для широких классов проблемных областей.

В соответствии с работами [1-3], задачно-ориентированная методология включает в себя пять основных принципов:

1. Усовершенствование ЭС путем включения нетрадиционных для них функций.
2. Построение иерархии моделей ЭС с точки зрения различных уровней интеграции
3. Моделирование конкретных типов НФ-задач
4. Ориентация на модель решения типовой задачи
5. Определение совокупности и подчиненности этапов жизненного цикла (ЖЦ) построения ИЭС

Также в качестве определяющего принципа задачно-ориентированной методологии выделяется автоматизированная *методология приобретения знаний*.

В задачно-ориентированной методологии с точки зрения базовых принципов построения ИЭС в работе [1] указывается, что наиболее важными аспектами моделирования являются *функциональный аспект* – характеризующий назначение объекта, и *структурный аспект* – характеризующий все возможные отношения между рассматриваемыми сущностями ПрО. Данные аспекты дают возможность достаточно автономно построить модель ЗОМ и описать с помощью традиционного математического аппарата, например, теории множеств.

Каждый из базовых принципов ЗОМ подробно описан в работах [1-3], поэтому уделим основное внимание модели реализации методов ЗОМ и средствам ее поддержки на различных этапах ЖЦ построения ИЭС, как мощную автоматизированную технологию построения ИЭС, в инструментальном комплексе АТ-ТЕХНОЛОГИЯ.

1.1.2. Анализ спецификации модели задачно-ориентированной методологии в инструментальном комплексе АТ-ТЕХНОЛОГИЯ

В работе [] модель комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ представляется в виде:

$$M_{AT-T} = \langle M_{ИЭС}, M_{ИНСТР}, M_{ЖЦ}, M_{Тun3}, M_{КМПЗ}, \\ O_{ИЭС-ИНСТР}, O_{ИЭС-Тun3}, O_{Тun3-КМПЗ}, O_{ЖЦ-ИНСТР} \rangle,$$

Где M_{Ti} – частичные модели, O_{Ti-Tj} – отображения между этими моделями.

Кроме того, данная модель дополняется частичной моделью $M_{ПЛАН}$ и отображениями $O_{ПЛАН-ИЭС}$, $O_{ПЛАН-ИНСТР}$. Дополнение $M_{ПЛАН}$ обеспечивает «интеллектуализацию» построения ИЭС, поскольку в систему включаются такие компоненты как набор технологических БЗ о различных этапах построения ИЭС и средства вывода.

Предложенная модель отражает автоматизированную технологию построения ИЭС, то есть, ЗОМ в комплексе с поддерживающими ее ИС на каждом этапе ЖЦ разработки ИЭС. Каждый из компонентов этой модели подробно рассмотрен в работах [], поэтому кратко опишем их и основное внимание уделим модели ЖЦ построения ИЭС.

В соответствии с работой [], предложенная модель ЖЦ содержит следующие этапы построения ИЭС:

- Анализ системных требований пользователей на разработку интегрированных экспертных систем и построение модели архитектуры таких систем.
- Прямое извлечение знаний из экспертов, ЕЯ-текстов, БД, структурирование полученных знаний в виде поля знаний и построение базы знаний о Про.
- Реализация простых продукционных функций, СОЗ (ЭС), гипертекстовых моделей общения.
- Реализация функций, обеспечивающих интеграцию традиционных средств СОЗ (ЭС) с СУБД и пакетами прикладных программ (ППП) расчетного и графического характера.
- Проектирование с использованием интеллектуального планировщика всех компонентов прикладной ИЭС.
- Программирование, конфигурирование и тестирование прототипов ИЭС.

Данные этапы являются отражением базовых принципов задачно-ориентированной методологии. Задачно-ориентированная методология предполагает автоматизацию каждого из этапов путем использования иерархии модели ИЭС, моделей конкретных типов задач, описанных в работе [], моделей решения типовых задач, а также методы автоматизированного приобретение знаний о проблемной области в рамках комбинированного метода приобретения знаний (КМПЗ), описанного в работах [].

Таким образом в материалах работ [] построена онтология концептуальных моделей программных архитектур статических ИЭС, предложены модели ЖЦ и автоматизированной технологии построения ИЭС в рамках ЗОМ, разработана многоуровневая модель процессов интеграции ИЭС, моделирование конкретных типов задач, предложены методы и способы построения программной архитектуры ИЭС и ее компонентов на каждом уровне интеграции. Реализация данной модели – есть автоматизированная технология (АТ-ТЕХНОЛОГИЯ) построения ИЭС.

1.2. Исследование функциональных возможностей инструментального комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ и технологии разработки прикладных интегрированных экспертных систем

1.2.1. Общая архитектура инструментального комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ

Инструментальный комплекс АТ-ТЕХНОЛОГИЯ третьего поколения [1,3] предназначен для компьютерного построения прикладных ИЭС в статических проблемных областях. Комплекс полностью поддерживает задачно-ориентированную методологию построения ИЭС, детально описанную в работе [1], и представляет собой взаимосвязанную совокупность средств автоматизации проектирования ИЭС на всех этапах ЖЦ с единым управлением проектом по созданию ИЭС в соответствии с поставленными задачами, набором имеющихся программных средств (ПС), конкретной моделью ЖЦ создания программного обеспечения ИЭС.

Общая архитектура инструментального комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ изображена на рисунке Рис.1.

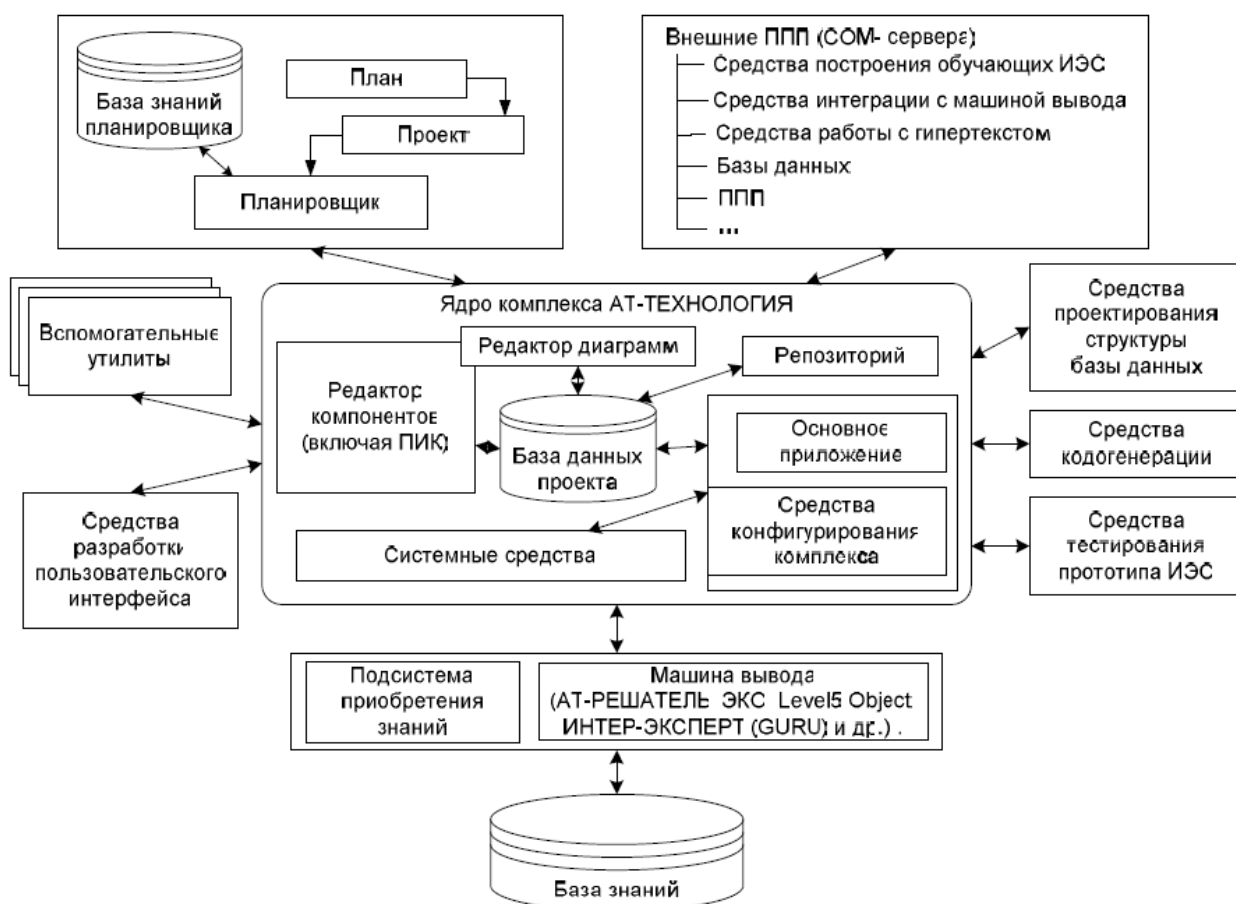


Рис. 1. Рыбина Г.В. Общая архитектура комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ

В состав комплекса входят ПС, обеспечивающие реализацию конкретного набора функциональных возможностей по созданию ИЭС, который может рассматриваться как совокупность следующих базовых процедур, предусмотренных моделью ЖЦ построения ИЭС, описанной в работе [1]:

- Процедуры построения модели архитектуры ИЭС на основе анализа системных требований пользователя (АСТП) на разработку ИЭС.
- Процедуры извлечения знаний из экспертов и проблемно-ориентированных ЕЯ-текстов, структурирования полученных знаний и формирования БЗ о проблемной области.
- Процедуры реализации функций традиционной (простой продукционной) ЭС.
- Процедуры реализации гипертекстовой модели общения.
- Процедуры реализации обучающих функций (формирование модели обучаемого, обучения, объяснения).
- Процедуры реализации функций, обеспечивающих интеграцию средств представления и обработки знаний в ЭС с традиционными методами БД (СУБД).
- Процедуры создания интерфейса ЭС с ППП расчетного и графического характера.
- Процедуры проектирования элементов (блоков) прикладной ИЭС.
- Процедуры программирования, конфигурирования и тестирования прототипов.
- Процедуры реализации сервисных функций.

1.2.2. Общий цикл работы с инструментальным комплексом АТ-ТЕХНОЛОГИЯ и основные этапы разработки интегрированных экспертных систем

Функциональная структура комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ, обеспечивающая основной цикл работы при построении ИЭС в работе [] изображается в виде схемы, представленной на рисунке Рис.2.

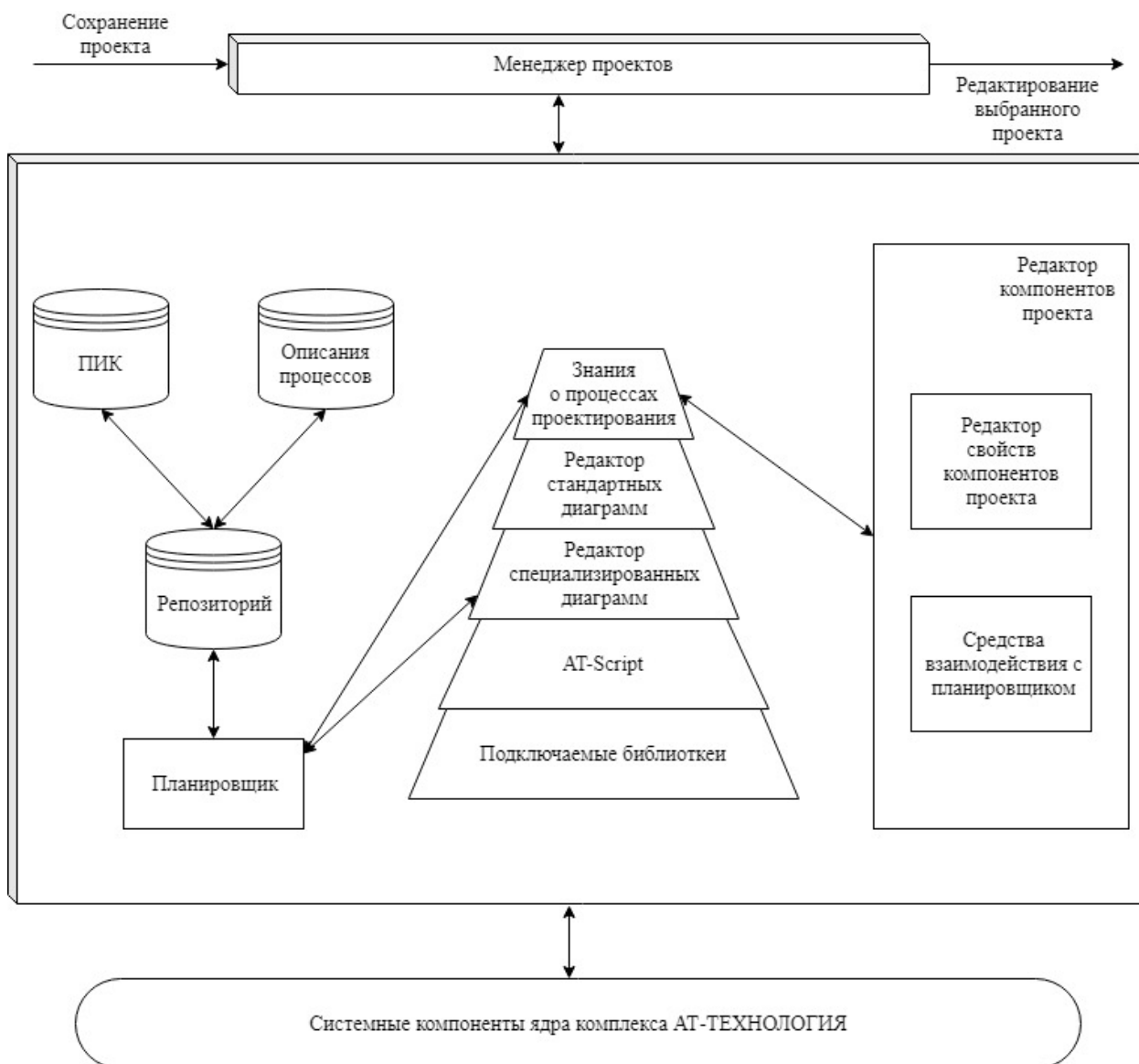


Рис. 2. Рыбина Г.В. Общий цикл работы с комплексом АТ-ТЕХНОЛОГИЯ

Часть изображенного функционала поддерживают авторизацию доступа к системе, регистрацию новых проектов и планирование процессов разработки ИЭС. Другие функции специфицируют и обеспечивают выбор архитектуры ИЭС и ее компонентов на основе знаний о технологии построения ИЭС.

Таким образом, построение ИЭС в комплексе АТ-ТЕХНОЛОГИЯ предполагает автоматизированный переход от одного этапа к другому.

В соответствии с работами [], процесс построения ИЭС для статических ПрО в инструментальном комплексе АТ-ТЕХНОЛОГИЯ делится на следующие этапы:

1. Анализ системных требований к прототипу ИЭС. Построение архитектуры прототипа. Приобретение знаний.
2. Проектирование прототипа: включение необходимых программных компонентов в состав прототипа и конфигурирование каждого из компонентов.
3. Реализация прототипа: разработка сценария диалога и подсистемы объяснения, настройка средств вывода и формирования отчетности.
4. Тестирование и отладка работы прототипа для различных стратегий вывода в режиме консультации, проверка корректности рекомендаций системы.

Дадим краткую характеристику каждого из этапов.

На первом этапе решаются вопросы типа «что должна делать будущая ИЭС?». Целью данного этапа является преобразование общих и неясных знаний пользователя о работе системы в точные определения. Важная особенность этого этапа состоит в том, что дополнительно на этом этапе происходит извлечение и структурирование знаний. Сформированная в ЗОМ методика процессов извлечения, структурирования, верификации и формализации знаний позволила автоматизировать этот этап в комплексе АТ-ТЕХНОЛОГИЯ.

На втором этапе даются ответы на вопросы типа «каким образом ИЭС будет удовлетворять системным требованиям?». Задачами данного этапа являются: проектирование общей программной 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.

Отметим, что по завершении этих двух этапов, мы получим проект ИЭС, содержащий достаточно информации для программирования и тестирования прототипа ИЭС, что и является задачей последующих этапов.

1.3. Анализ, выбор и обследование проблемной области «Медицинская диагностика» (ультразвуковое исследование)

1.3.1. Общие сведения о предметной области

В процессе обследования проблемной области в направлении ультразвуковой диагностики рака молочной железы получение знаний происходило путем интервьюирования эксперта и исследования рекомендованной им литературы.

Интервьюирование проводилось комбинированным методом с акцентом на методы решения типовых задач.

Глоссарий предметной области

Опухоль (образование) - патологические образования, возникающие вследствие нарушения механизмов контроля деления, роста и дифференцировки клеток. Клинически опухоли представляют собой очаги роста патологической (анормальной) ткани в различных органах и структурах организма.

Ультразвуковая диагностика рака молочной железы включает в себя этапы выявления образований в ткани и диагностики этих образований на злокачественность.

Злокачественное образование — это образование, свойства которого чаще всего делают её крайне опасной для жизни организма, что и дало основание называть его «злокачественным». Злокачественное образование состоит из злокачественных клеток.

Клетки доброкачественных образований в процессе опухолевой (неопластической) трансформации утрачивают способность контроля клеточного деления, но сохраняют способность (частично или почти полностью) к дифференцировке. По своей структуре доброкачественные образования напоминают ткань, из которой они происходят (эпителий, мышцы, соединительная ткань). Характерно также и частичное сохранение специфической функции ткани.

В процессе диагностики образования исследуются различные его характеристики: эхогенность, эхоструктура, форма, контуры, различные показатели кровотока.

Эхогенность – степень отражения ультразвукового сигнала. Наиболее точно эхогенность объекта определяется субъективно врачом на основании своего опыта.

Эхоструктура – показатель однородности эхогенности образования.

Описание задач/подзадач предметной области

В исследуемой проблемной области две неформализованные задачи:

1. Диагностика образования в В-режиме

Дано: набор признаков, полученных при исследовании изображения образования

Требуется: определить первоначальный уровень риска злокачественности образования

Тип данной НФ-задачи – «Диагностика»

2. Подтверждение или ослабление диагноза, полученного в В-режиме, за счет исследования образования в доплеровском режиме

Дано: первичный диагноз, полученный из В-режима, уровень кровотока в образовании, полученный при исследовании образования в доплеровском режиме, симптомы и показания пациента.

Требуется: определить итоговый уровень риска и назначить дальнейшее обследование или лечение.

Результаты, полученные в первой задаче, используются как данные, необходимые для решения второй задачи. Вторая задача является подтверждающим или ослабляющим критерием для результата первой задачи.

1.3.2. Объектная структура предметной области

Основным исследуемым объектом в проблемной области «Ультразвуковая медицинская диагностика» в направлении диагностики рака молочной железы является образование. По данным, представленным в работе [], его общие состав и структура в рамках проблемной области включают в себя:

1. Эхо-структура молочной железы (МЖ):
 - 1.1. Однородная (преимущественно жировая)
 - 1.2. Однородная (Фиброзно-железистая)
 - 1.3. Неоднородная
2. Объемное образование:
 - 2.1. Форма:
 - 2.1.1. Круглая
 - 2.1.2. Овальная
 - 2.1.3. Неправильная
 - 2.2. Контур:
 - 2.2.1. Четкие ровные
 - 2.2.2. Нечеткие неровные
 - 2.2.3. Нечеткие
 - 2.2.4. Угловатые
 - 2.2.5. Микродольчатые
 - 2.2.6. Со спикулами
 - 2.3. Ориентация:
 - 2.3.1. Параллельная (коже)
 - 2.3.2. Непараллельная
 - 2.4. Эхо-структура:
 - 2.4.1. Анехогенная
 - 2.4.2. Гиперэхогенная
 - 2.4.3. Смешанная кистозно-солидная гипозоногенная
 - 2.4.4. Изозоногенная
 - 2.4.5. Гетерогенная
 - 2.5. Дорзальные артефакты:
 - 2.5.1. Нет
 - 2.5.2. Звукоусиление

- 2.5.3. Звукоослабление (тень)
- 2.5.4. Смешанные
- 3. Кальцинаты:
 - 3.1. В образовании
 - 3.2. За пределами образования
 - 3.3. Внутрипротоковые
- 4. Ассоциированные симптомы:
 - 4.1. Нарушение общей архитектоники МЖ.
 - 4.2. Изменения в протоках
 - 4.3. Утолщение кожи
 - 4.4. Втяжение кожи
 - 4.5. Отек
 - 4.6. Васкуляризация:
 - 4.6.1. Отсутствует
 - 4.6.2. Внутри образования
 - 4.6.3. Вокруг образования
 - 4.7. Эластичность
- 5. Особые случаи
 - 5.1. Простая киста
 - 5.2. Сгруппированные кисты
 - 5.3. Осложненная киста
 - 5.4. Образование в коже или на коже
 - 5.5. Инородное тело
 - 5.6. Интрамаммарный лимфоузел
 - 5.7. Артериовенозная аномалия
 - 5.8. Болезнь Мондора
 - 5.9. Послеоперационное скопление жидкости
 - 5.10. Стеатонекроз

В рамках модели будем ограничиваться только несколькими свойствами и параметрами образования в МЖ, исходя из наиболее значимых наблюдений при рассмотрении функциональной структуры предметной области.

1.3.3. Функциональная структура предметной области

Основной целью в исследуемой проблемной области является диагностика риска злокачественности образования и необходимость назначения биопсии. Для качественной диагностики риска необходимо обследовать образование в двух режимах: В-режим и доплеровский режим.

В В-режиме устанавливаются основные ультразвуковые характеристики образования, его размеры и включения. Различные критерии ультразвуковых признаков описаны в работе [1], и их можно сгруппировать в таблицу Таблица 1:

Таблица 1. Ультразвуковые характеристики образования МЖ

Критерий	Характерное значение для доброкачественного образования	Характерное значение для подозрительного образования
Форма / контур	Округлая (сферическая, овальная, эллипсоидная)	Неправильная
Контур границы	Гладкий, дольчатый, инкапсулированное образование	Неровный, растянутый, инфильтрирующий или шиповидный (лучистый)
Четкость краев	Края определяются четко, образование четко ограничено	Края определяются слабо
Акустическая плотность образования (внутренняя эхогенность)	Образование эхонегативное, Слегка гипоехогенное, Гипер/изоехогенное	Образование гипоехогенное
Акустическая однородность	Образование гомогенное, однородное	Образование гетерогенное, разнородное
Пропускание звука	Усиление Краевое затенение	Центральное затенение Разнообразное
Подвижность	Подвижно	Неподвижно
Сжимаемость	Сжимаемое	Ригидное
Отношение переднезаднего размера к ширине	< 1	> 1
	Ширина больше переднезаднего размера	Переднезадний размер больше ширины
	Ориентировано горизонтально или округлая форма (киста)	Ориентировано вертикально или округлая форма (солидное образование)
	Параллельно грудной стенке	Перпендикулярно к грудной стенке
	Соответствует плоскостной ориентации тканей	Пересекает плоскостное расположение тканей
Влияние на плоскостную ориентацию окружающих тканей	Не влияет Выпячивает или смещает	Нарушает непрерывность Разрушает

УЗ-картина по сравнению с клиническим исследованием либо данными маммографии позволяет точнее судить о гистологическом размере опухоли, хотя все же имеется склонность его недооценивать, особенно если образование крупное.

В доплеровском режиме исследуются дифференциально-диагностические ультразвуковые критерии: кровоток на макроскопическом и микроскопическом уровне. По данным работы [] критерии можно также представить в виде таблицы

Таблица 2:

Таблица 2. Доплеровские признаки образования в МЖ.

Критерий	Характерное значение для доброкачественного образования	Характерное значение для подозрительного образования
Степень васкуляризации	Низкая	Высокая
Перфузия	Повышается при: Проллиферативном заболевании, Беременности, лактации, воспалении	
Число сосудов	Отсутствуют или единичные Повышается при воспалении	Более 3
Плотность расположения сосудов	Низкая: мало сосудов в сравнении с размером образования	Высокая: много сосудов в сравнении с размером образования
Распределение сосудов	Периферическое	Периферическое и центральное
	Одиночное радиальное/сегментарное	В образованиях с зонами некроза больше сосудов, расположенных периферически
Форма/диаметр сосудов	Прямая или суживающаяся к концу	Беспорядочная и ветвящаяся Ветвящийся тип васкуляризации
Ориентация сосудов	Капсулярная Прилежащие сосуды огибают образование	Пенетрирующая, радиальная и сходящаяся
Скорость кровотока	Низкая (< 0,15 м/с) (при воспалении — высокая)	Высокая (> 0,15 м/с)
Сосудистое сопротивление		
Индекс резистентности (ИР)	Средний (< 0,7)	Высокий (> 0,7)
Пульсационный индекс (ПИ)	Менее 1,0	Более 1,0

Данные критерии не являются основными, но служат для подтверждения или ослабления диагноза.

Также на риск влияют такие параметры, как: возраст, генетическая предрасположенность, телосложение, процесс полового развития, образ жизни, экология, радиационное излучение, травмы, переохлаждение.

В основной модели ПрО будем использовать модель образования, представленную в виде схемы на рисунке Рис.3.



Рис.3. Модель образования в МЖ.

Полное обследование ПрО изложено в дополнении к ПЗ №1.

1.4. Исследование функциональных возможностей универсального АТ-РЕШАТЕЛЯ (базовая версия комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ)

1.4.1. Модель и структура универсального АТ-РЕШАТЕЛЯ

Универсальный АТ-РЕШАТЕЛЬ является повторно-используемым компонентом в качестве средства вывода в комплексе АТ-ТЕХНОЛОГИЯ и прототипов ИЭС, разработанных с помощью данного комплекса. Базовая версия компонента АТ-РЕШАТЕЛЬ обеспечивает поддержку прямого, обратного и смешанного вывода, поиск решения в глубину, разрешение конфликтов, обработка различных типов НЕ-факторов знаний, поддержку метода ведения уточняющих поддиалогов.

В работе [] АТ-РЕШАТЕЛЬ представляется в виде:

$$I = \langle V, S, K, W \rangle, \text{ где}$$

V – процесс, осуществляющий выбор из P и R подмножества активных продукций P_v и подмножества активных данных R_v соответственно, которые будут использоваться в цикле работы решателя; S – процесс сопоставления, определяющий множество означиваний, т.е. множество пар $(p_i, \{d_i\})$, где $p_i \in P_v$, $\{d_i\} \subset R_v$; K – процесс разрешения конфликтов, определяющий, какое из означиваний будет выполняться; W – процесс осуществления выполнения правила.

Общая структура решателя, представленная в работе [] изображается в виде схемы, представленной на рисунке Рис.4.

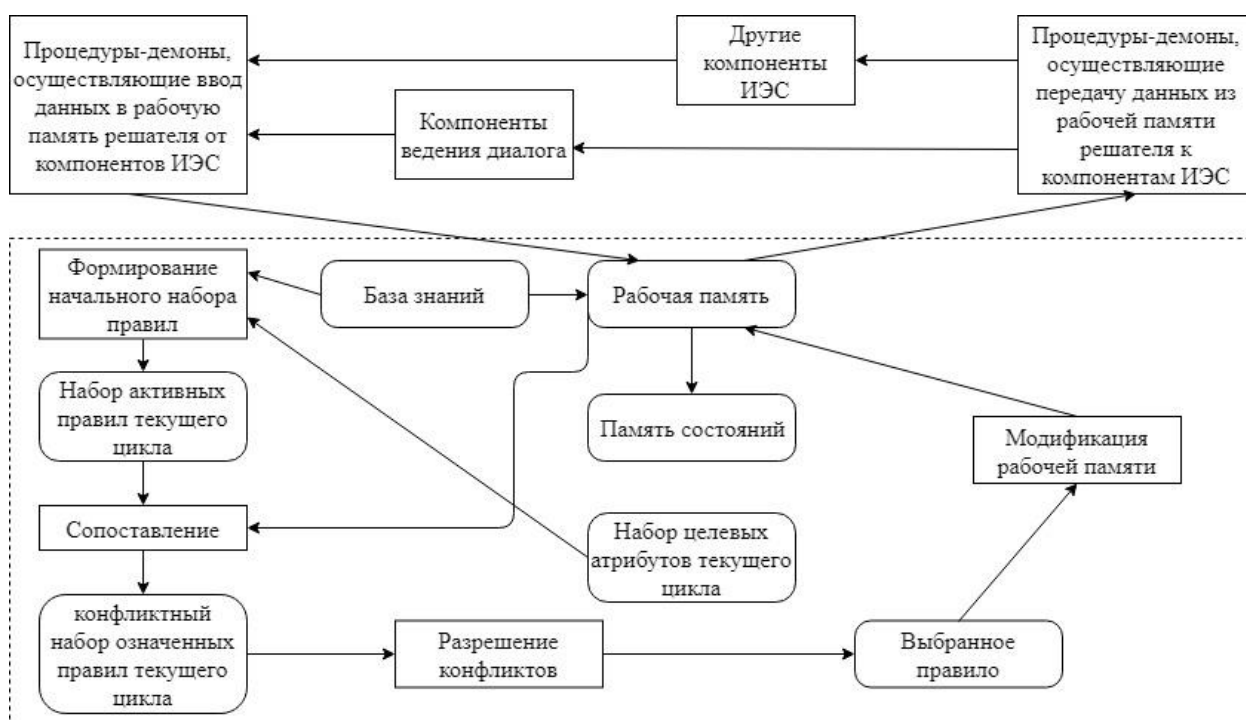


Рис. 4. Рыбина Г.В. Структура АТ-РЕШАТЕЛЯ

Каждый этап функционирования АТ-РЕШАТЕЛЯ подробно рассмотрен в работе [], поэтому кратко рассмотрим методы реализации расчетов, выполняемых в процессе сопоставления конкретно на фазе обработки НЕ-факторов.

В соответствии с исследованиями, проведенными в работах [], универсальный АТ-РЕШАТЕЛЬ реализует интеграцию методов обработки знаний, предусмотренных ЗОМ, а именно, принципом автоматизированного приобретения знаний. В АТ-РЕШАТЕЛЕ предусмотрена обработка знаний, содержащих такие НЕ-факторы, как неопределенность, неточность, недоопределенность и нечеткость. Поскольку обработка нечеткости и других представленных НЕ-факторов методы сильно различаются, возникает необходимость разработки интегрированной модели вывода на различных типах НЕ-факторов знаний.

Кроме того, универсальный АТ-РЕШАТЕЛЬ поддерживает подтверждение гипотез относительно целей вывода. По исследованиям, представленным в работе [], для этой задачи часто возникают ситуации, когда решателю не хватает фактов. Поэтому ставится дополнительная задача разработки модели ведения уточняющих поддиалогов.

Рассмотрим кратко некоторые особенности универсального АТ-РЕШАТЕЛЯ, описанные в работе [].

В качестве первой особенности модели АТ-РЕШАТЕЛЯ можно выделить модель рабочей памяти. В работе [] она представлена в виде:

$$M_{wm} = \langle M'_{kb}, M'_{metakb}, M_{problem}, State \rangle, \text{ где}$$

M'_{kb} – отображение БЗ в рабочей памяти (п. 2.3); M'_{metakb} – отображение мета-БЗ в рабочей памяти; $M_{problem}$ – решаемая в данный момент задача; $State$ – текущее состояние решения задачи.

Также обособляется модель представления задачи в рабочей памяти. В материалах работы [] она представлена в виде

$$M_{problem} = \langle ProblemDesc, ProblemType, ProblemGoals, ProblemFacts \rangle, \text{ где}$$

$ProblemDesc$ – описание решаемой задачи; $ProblemType$ – один из типов неформализованных задач, определенных в ЗОМ. Информация о типе задачи необходима для настройки средств вывода на решаемый тип задачи. $ProblemGoals = \{Goal_i\}$ – совокупность целей или целевых утверждений вывода; $ProblemFacts = \{Fact_i\}$ – исходные данные для решения задачи (набор истинных утверждений).

Множества ProblemGoals и ProblemFacts при инициализации вывода отображаются в текущее состояние State: факты и целевые утверждения отображаются в утверждения о значениях свойств объектов, а цели отображаются в свойства объектов, помеченные как целевые и занесенные в дерево гипотез.

Общая схема рабочей памяти в работе [] представлена, как показано на рисунке Рис.6.

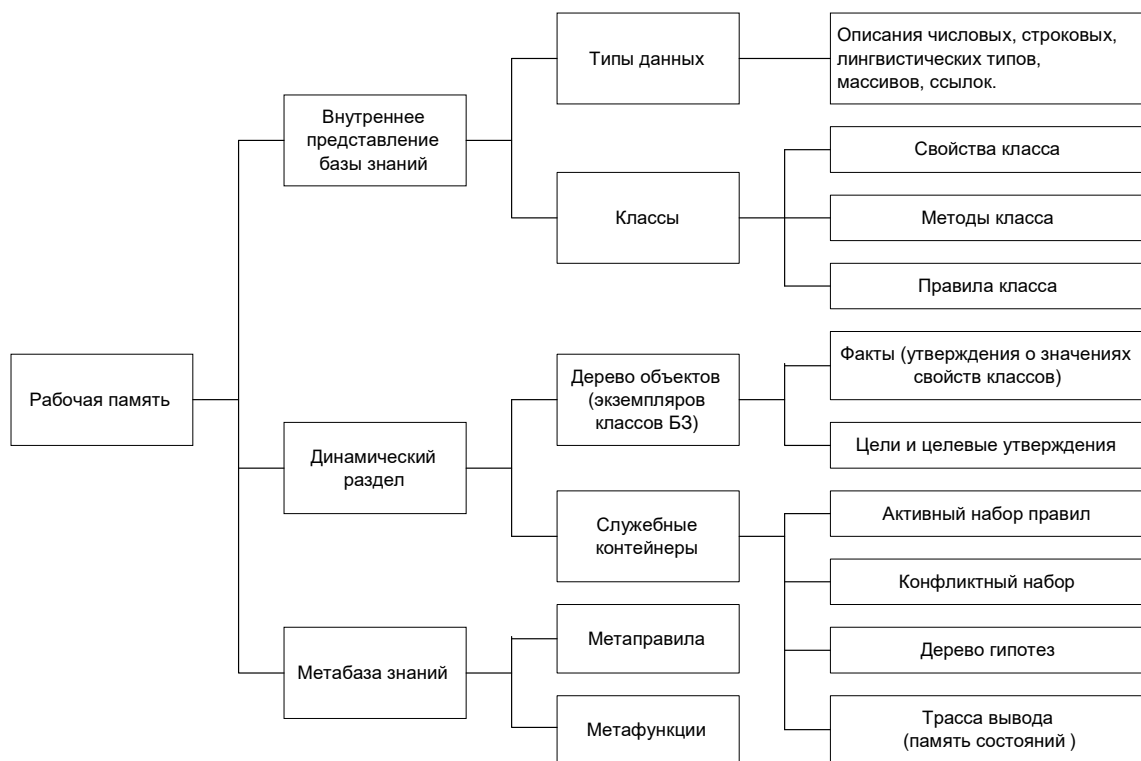


Рис. 6. Демидов Д.В. Структура рабочей памяти

Модель представления текущего состояния задачи подробно описана в работе [].

Другая особенность заключается в представлении знаний в рабочей памяти. За основу берется модель представления знаний, описанная в ЗОМ, которая представляет из себя продукционную модель, расширенную объектами и специальными структурами для представления НЕ-факторов. Для того чтобы соответствовать потребностям современных инструментальных средств модель представления знаний дополнительно расширена в сторону объектно-ориентированной парадигмы, а также дополнена метаконструкциями.

Таким образом, в предложенной в работе [] расширенной модели представления знаний предусмотрено следующее:

- объекты обобщаются до классов, появляются методы классов;
- добавляются императивные конструкции (циклы и т.п.);

- добавляются конструкции для представления начальной ситуации (первичная объектная структура в рабочей памяти, включая цели и целевые утверждения);
- добавляются формализмы представления метазнаний (описания алгоритмов обработки знаний).

Общая модель представления базы знаний в рабочей памяти в работе [] представлена в виде:

$$M_{kb} = \langle \text{Types}, \text{Classes} \rangle, \text{ где}$$

Types – множество простых типов данных (подробно описаны в разделе 2.3.2 Представление типов и структур данных);

Classes – множество классов, описывающих понятия проблемной области, которые удалось выявить на этапе приобретения знаний. Для описания структуры предметной области классы организуются в иерархию, в которой они связаны отношениями агрегирования.

Модель представления типов и классов подробно описана в работе [].

1.4.2. Обобщенная модель и особенности вывода универсального АТ-РЕШАТЕЛЯ

Необходимость построения интегрированной модели вывода универсального АТ-РЕШАТЕЛЯ, в соответствии с работой [], заключается в потребности совмещения обработки предусмотренных НЕ-факторов знаний. С одной стороны, обработка таких НЕ-факторов, как неопределенность, неточность и недоопределенность, сводится к обработке соответствующих коэффициентов. С другой стороны, обработка нечеткости требует более сложные методы, подробно описанные в работе [].

Таким образом, модель вывода универсального АТ-РЕШАТЕЛЯ в работе [] представлена в виде:

$$I'' = \langle A, S'', K, W'', D \rangle, \text{ где}$$

A – выборка активных правил; S'' – сопоставление, включающее различные преобразования НЕ-факторов, в том числе фаззификацию, при обработке нечеткости; K – разрешение конфликтов; W'' – выполнение правила с вычислением истинности следствия, учитывая НЕ-факторы; D – дефаззификация фаззифицированных в ходе вывода значений параметров.

Общая схема вывода, описанная в работе [], показана на рисунке Рис.5.

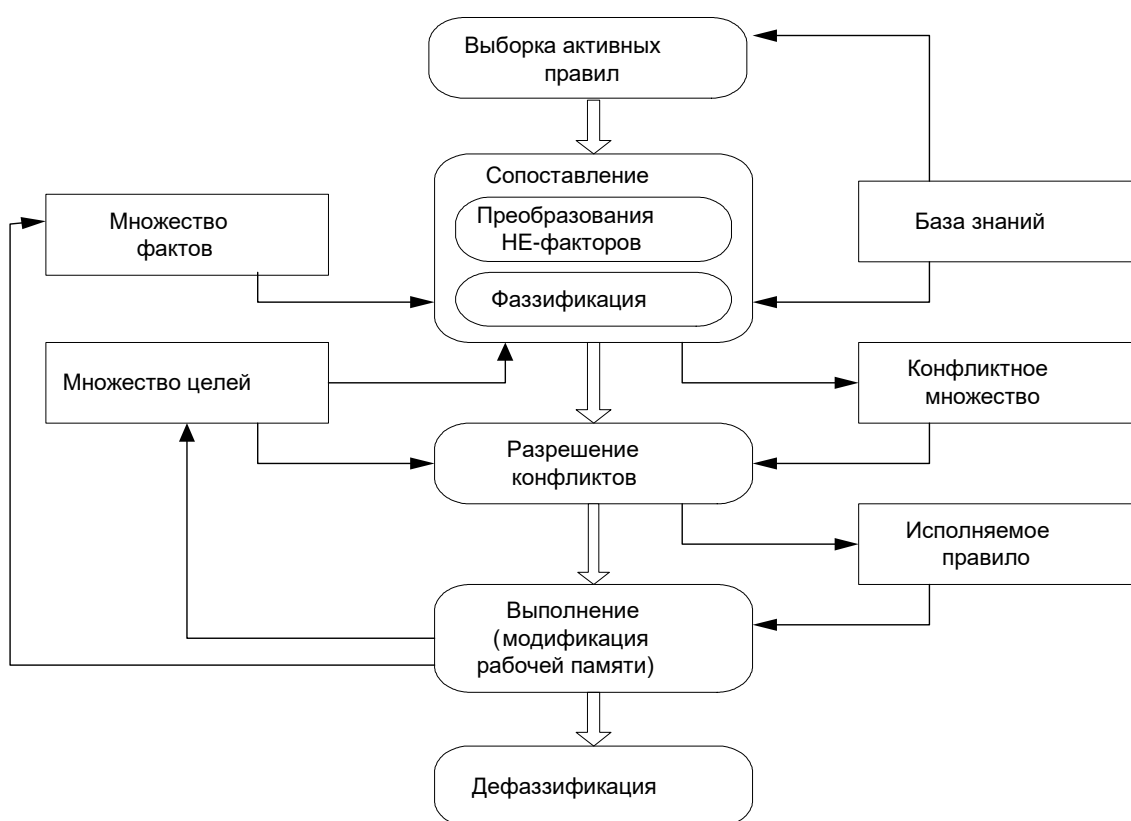


Рис. 5. Демидов Д.В. Общая схема вывода АТ-РЕШАТЕЛЯ

При совмещении схем классического и нечеткого выводов в работе [1] отдельное внимание уделяется следующим аспектам вывода: преобразованиям между знаниями, содержащими различные виды НЕ-факторов; реализации операций сравнения, логических и арифметических операций над разными видами недоверных знаний; выбору и совместному применению методов обработки недоверных знаний.

Кратко рассмотрим стратегию ведения уточняющих поддиалогов под управлением алгоритма подтверждения гипотез, описанную в работе [1].

В рассматриваемом методе предлагается использовать последовательное применение трех стратегий:

Опровержение – получение свидетельств, наиболее сильно влияющих на выдвинутые гипотезы с целью отбрасывания наибольшего числа гипотез. Гипотезы также отбрасываются при отсутствии подтверждающих правил.

Дифференциация – получение свидетельств с целью выбора одной гипотезы из оставшихся конкурирующих (противоречивых) гипотез-кандидатов. На данном этапе собираются свидетельства, которых не хватает для определения значений истинности условий релевантных правил. Гипотеза принимается при срабатывании подтверждающего ее правила. Этап завершается, как только все неопровергнутые гипотезы будут приняты на основе минимального числа свидетельств.

Верификация – подтверждение выигравшей гипотезы и группы согласующихся с ней гипотез. Данный этап проходит по желанию пользователя с целью увеличить достоверность группы принятых гипотез с помощью механизма объединения свидетельств.

Входными данными для применения этих критериев являются результаты статистического анализа базы знаний (анализ определений типов данных, анализ отсылок и следствий правил). Вся собранная статистика по частоте вхождений отдельных параметров, а также другая полезная информация поступает на вход универсального решателя вместе с БЗ при его инициализации.

В работе [1] отмечается, что возможны ситуации, при которых оказываются истинны несколько гипотез об одном и том же параметре, интересующем конечного пользователя ИЭС. В таком случае образуется так называемая группа согласующихся гипотез, которые могут быть приняты вместе с разными степенями достоверности.

Общий алгоритм метода подтверждения гипотез и ведения уточняющих поддиалогов в работе [] представлен в виде схемы, изображенной на рисунке Рис.7.

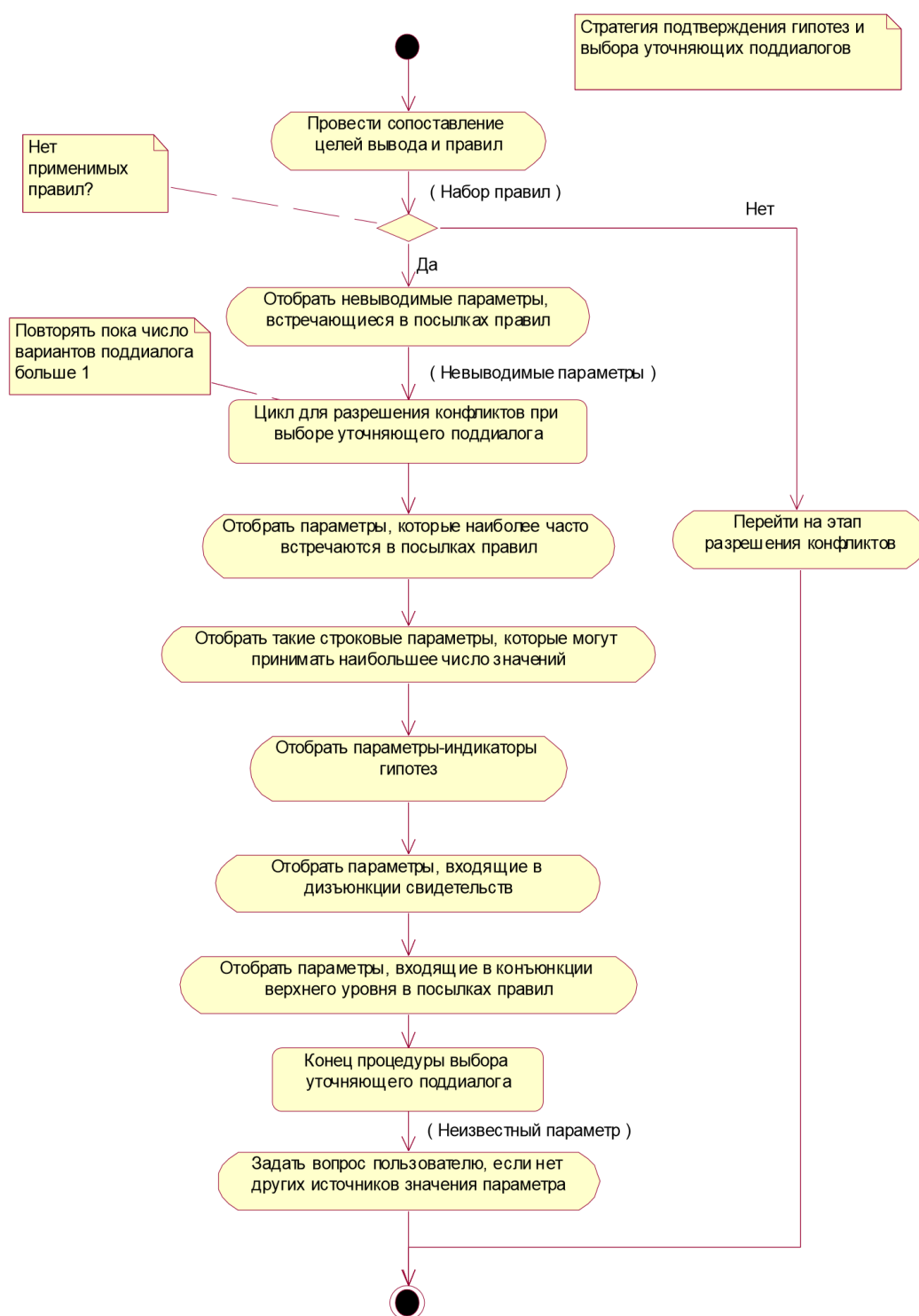


Рис. 7. Стратегия подтверждения гипотез и ведения уточняющих поддиалогов

Использование описанного в работе [] метода подтверждения гипотез и ведения уточняющих поддиалогов позволяет повысить эффективность поиска решений при изначально небольшом наборе исходных фактов.

1.5. Выводы

В соответствии с полученными результатами исследования моделей и методов задачно-ориентированной методологии, базовых средств текущей версии инструментального комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ и средств построения ИЭС с использованием данного инструментария были сделаны следующие выводы:

1. Выбранная Про соответствует критериям применимости технологии построения систем, основанных на знаниях (СОЗ).
2. Базовая версия комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ позволяет разработать демонстрационный прототип для выбранной Про.
3. Необходимо провести комплекс исследований универсального АТ-РЕШАТЕЛЯ на предмет необходимости реинжиниринга.

1.6. Цели и задачи учебно-исследовательской работы

Целью учебно-исследовательской работы является разработка средствами комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ демонстрационного прототипа интегрированной экспертной системы для проблемной области «Медицинская ультразвуковая диагностика» и углубленное программное исследование универсального АТ-РЕШАТЕЛЯ.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

1. Проектирование архитектуры демонстрационного прототипа ИЭС выбранной Про.
2. Построение и тестирование демонстрационного прототипа ИЭС с использованием базовых средств инструментального комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ.
3. Разработка сценария тестирования основных компонентов АТ-РЕШАТЕЛЯ.
4. Разработка предложений по реинжинирингу универсального АТ-РЕШАТЕЛЯ.