

УДК 004.89

DOI:10.25729/ESI.2026.42.2.015

## Создание проблемно-ориентированных ассистентов для задач диагностики

Дородных Никита Олегович<sup>1</sup>, Столбов Александр Борисович<sup>1,2</sup>,

Юрин Александр Юрьевич<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова СО РАН, Россия, Иркутск, *nikidorny@icc.ru*

<sup>2</sup>Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, Иркутск

<sup>3</sup>Московский государственный технический университет гражданской авиации (Иркутский филиал), Россия, Иркутск

**Аннотация.** В настоящее время виртуальные ассистенты, или интеллектуальные помощники, активно используются в различных предметных областях, но широкое их применение при решении задач технической диагностики ограничено. Подобные ограничения связаны в большей степени с правдоподобным характером генерируемых рекомендаций. Одним из способов повышения достоверности рекомендаций является применение классических методов искусственного интеллекта, в частности, реализующих достоверный вывод на основе логических правил. В статье описывается процесс построения проблемно-ориентированных ассистентов, использующих декларативные базы знаний в форме специализированных таблиц решений для решения задач диагностики технических систем. В качестве методологической основы используется оригинальный подход, основанный на визуальном моделировании и модельных трансформациях. Представлен обобщенный алгоритм диагностирования, включающий шаги по конкретизации исследуемого объекта, внешних проявлений неисправности, поиска возможных причин (систем-кандидатов на отказ), а также формированию списка работ по устранению неисправности. Алгоритм предполагает использование декларативных баз знаний, содержащих логические правила трех типов: «проявление-система», «работа-работа», «прецедент». Описана принципиальная архитектура ассистентов на основе концепции каркаса (шаблона) с гнездами (слотами) для подключения баз знаний с правилами определенного типа. Представлены требования к структуре и содержанию баз знаний; а также способы их наполнения. Определен стек технологий: *Aimylogic JUST AI* – для проектирования диалога; *PHP* – для реализации программных интерфейсов доступа к базам знаний; формат *CSV* – для описания логических правил в виде таблиц решений. Применение описанных положений осуществлено при создании прототипа интеллектуального ассистента «АвиаТехПом.Ассистент» для поддержки технических специалистов аэродромных наземных служб. Были созданы базы знаний для отдельных систем Сухой Суперджет (RRJ-95) и Cessna (182T). Особенностью полученного решения является его соответствие принципам декларативной парадигмы программирования, что обеспечивает возможность его перенастройки или адаптации в зависимости от типа воздушного судна или версии документации без полной регенерации или пересборки.

**Ключевые слова:** поддержка принятия решений, авиационная диагностика, виртуальный ассистент, база знаний, таблица решений, способ создания, АвиаТехПом.Ассистент

**Цитирование:** Дородных Н.О. Создание проблемно-ориентированных ассистентов для задач диагностики / Н.О. Дородных, А.Б. Столбов, А.Ю. Юрин // Информационные и математические технологии в науке и управлении, 2026. – № 2(42). – С. 190-205. – DOI:10.25729/ESI.2026.42.2.015.

**Введение.** Виртуальные ассистенты, или интеллектуальные помощники, стали одной из современных технологий, активно применяемой для поддержки принятия решений в различных областях человеческой деятельности [1, 2]. В последнее десятилетие ведущие мировые IT-компании активно развивали собственные варианты интеллектуальных помощников преимущественно в рамках человеко-ориентированного подхода: Siri, Alexa, Алиса, Google Assistant и др. Существует большое количество инструментальных платформ для разработки таких помощников: Amazon Lex, Actions on Google, SiriKit, Microsoft Bot Framework, Rasa Stack, JUST AI, WoodBows, Virtualent, 24/7 Virtual Assistant и др., при этом создаваемые решения в основном ориентированы на поиск и представление информации. Применение методов генеративного искусственного интеллекта (ИИ) позволило качественно и количественно изменить характер решаемых ассистентами задач. В настоящее время

наблюдается взрывной рост в этом направлении: количество больших языковых моделей и интеллектуальных чат-ботов измеряется десятками (ChatGPT, LLaMA 2, PalmYGPT, GigaChat и др.).

К типовым задачам, решаемым этими системами, относятся [3, 4]: генерация текста (статей, рассказов, рекламы, кода), в том числе с учётом контекста; взаимодействие с пользователем (ответы на вопросы, поддержка диалога и обмена информацией); обработка текста (машинный перевод между языками, подсказки и завершение текста, классификация текста по темам или категориям); генерация мультимедийного контента (изображений или текстовых описаний, сценариев, диалогов); анализ данных и прогнозирование (анализ тональности и сентимента текста, прогнозирование трендов и анализ данных); персонализация и рекомендации (персонализированные рекомендации для пользователей на основе контекста и предпочтений).

При этом ассистенты недостаточно широко используются при решении задач технической диагностики [5], что обусловлено, в том числе, следующим факторами: предметные данные и знания содержатся в ограниченном пространстве технической документации, большей частью слабоструктурированной; ошибки в решениях (а также их недостоверность, например, в результате «галлюцинаций» интеллектуальных систем, построенных на основе генеративного ИИ) недопустимы и критичны. Перспективным способом преодоления указанных недостатков является применение при подготовке рекомендаций классических методов искусственного интеллекта, в частности, реализующих достоверный вывод на основе логических правил.

Одной из прикладных областей, эффективность решения задач в которой может быть повышена при помощи подобной технологии, является поддержка технических специалистов наземных служб при обслуживании авиационной техники [6-9]. При наличии программных систем в данной области [10, 11] новое решение в виде ассистента может быть рассмотрено как их расширение, используя общие информационные ресурсы в форме документации, баз данных и знаний.

Создание подобных систем требует непосредственного участия экспертов в процессе разработки, что также связано с различными проблемами извлечения знаний, частично преодолеть которые можно с использованием подходов, ориентированных на конечных пользователей, в частности, основанных на визуальном моделировании и модельных трансформациях [12-14]. Подходы к созданию программных систем, основанные на трансформации моделей, позволяют снизить требования к уровню подготовки разработчиков в области навыков программирования, ускорить процесс разработки и уменьшить количество ошибок, связанных как с кодированием, так и системным анализом задачи.

В статье рассматривается пример построения интеллектуального виртуального помощника АвиаТехПом.Ассистент [15] как расширения программно-алгоритмического обеспечения Авиационный Технический Помощник (АвиаТехПом) [16], разрабатываемого в Иркутском филиале МГТУ ГА при сотрудничестве с ИДСТУ СО РАН и Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере. Разработка осуществлялась с использованием специализации модельно-управляемого подхода (Model-Driven Engineering, MDE), ориентированной на создание производственных экспертных систем [17, 18].

Далее приведено краткое описание расширяемой платформы АвиаТехПом, примененного подхода, концептуальной архитектуры ассистента, используемых технологий. Особенностью полученного решения является возможность его перенастройки или адаптации в зависимости от типа воздушного судна или версии документации.

**1. Платформа «Авиационный технический помощник» (АвиаТехПом)** [16] представляет собой программно-алгоритмическое решение для поддержки принятия решений при поиске и устранении отказов и неисправностей на основе классических методов искусственного интеллекта [19-21] и математической теории принятия решений [22]. В качестве источника для формирования баз знаний использовалась как информация из технических руководств (РПУН – руководства по поиску и устранению неисправностей и РЭ – руководства по эксплуатации), так и опыт эксплуатации. АвиаТехПом обладает клиент-серверной архитектурой и включает следующие основные компоненты [16]:

1. АвиаТехПом.Репозиторий – хранилище предметной информации, реализованное на базе СУБД PostgreSQL с использованием микросервисной архитектуры технологии контейнеризации;
2. АвиаТехПом.Сервис – веб-приложение, реализующее основные функции поддержки принятия решений с доступом через браузер;
3. АвиаТехПом.Терминал – настольное приложение под ОС Windows, при решении задач может использовать как данные централизованного хранилища (АвиаТехПом.Репозиторий), так и локального хранилища в форме файлов в формате CSV (Comma-Separated Values);
4. АвиаТехПом.Ассистент – виртуальный ассистент [15] в форме чат-виджета.

В статье основное внимание уделено созданию АвиаТехПом.Ассистент с использованием модифицированной модельно-управляемой технологии [5].

**2. Технология на основе модельных трансформаций.** Подходы к созданию программных систем, основанные на трансформации концептуальных моделей [12, 13], как правило, позволяют более полно вовлечь предметных специалистов в процесс разработки путем использования принципов визуального моделирования, а также уменьшить количество ошибок, связанных с кодированием, за счет автоматической кодогенерации. Основная идея – использование в качестве артефактов процесса разработки различных концептуальных моделей с последующей их пошаговой трансформацией (преобразованием), с получением в результате других моделей большей степени конкретизации и привязки к целевой платформе, а также кодов и спецификаций. При этом под моделью понимается абстрактное представление программной системы, скрывающее информацию об определенных ее аспектах для упрощения восприятия пользователем и разработчиком. Модели визуализируются при помощи текстовых и графических языков, ориентированных на конечных пользователей. Подходы данного направления считаются дальнейшим развитием идеологии CASE-средств, можно выделить основные разновидности/реализации: архитектура, управляемая моделью (Model Driven Architecture, MDA) [23, 24] и проект консорциума OMG (Object Management Group) основанный на его основных стандартах; Eclipse Modeling Framework (EMF) [25] – активно использует программную платформу Eclipse, содержит средства создания метамodelей, их трансформаций и генерации спецификаций и кодов; Model-Integrated Computing (MIC) [26] – основана на использовании предметно-ориентированных языков моделирования (Domain-Specific Modeling Language, DSML) и технологической платформы MIC.

Авторами была разработана оригинальная специализация модельно-управляемой разработки [17, 18], ориентированная на создание производственных экспертных систем с декларативными базами знаний, основанная на принципах MDA. Отличием и новизной предлагаемого решения являлось: активное использование концепт-карт, онтологических шаблонов и оригинальной нотации RVML (Rule Visual Modeling Language) [27], в дополнение к диаграммам классов UML; ориентированность на моделирование

декларативных баз знаний, реализующих формализм логических правил; возможность кодогенации для CLIPS (C Language Integrated Production System), Drools и PHP (Hypertext PreProcessor). В дальнейшем она была расширена для создания виртуальных ассистентов [5] в части поддержки формализмов деревьев событий и диаграмм переходов состояний, а также новых целевых платформ. Приведем ее основные этапы:

- создание вычислительно-независимых моделей, обеспечивающих формулировку ключевых абстракций решаемой задачи, включая: общую (типовую) модель интеллектуального помощника, онтологию задач, онтологию предметной области и онтологию диалога;
- создание проблемно-ориентированных платформо-независимых моделей, учитывающих специфику решаемой задачи, включая базу знаний интеллектуального помощника и модель проблемно-ориентированного диалога;
- создание платформо-зависимых моделей, ориентированных на определенную программную платформу функционирования интеллектуального помощника;
- генерации кодов и спецификаций интеллектуального помощника, для определенной платформы.

Реализация данных этапов в прототипе инструментария [28] позволила создавать виртуальных ассистентов [29] в рамках императивной парадигмы программирования, особенностью которой является: включение логики поведения и предметных знаний в сгенерированный программный код; необходимость регенерации или пересборки приложений при изменении предметной области.

В контексте создания проблемно-ориентированных ассистентов перспективным является создание программно-алгоритмического решения, соответствующего декларативной парадигме программирования, в рамках которой: осуществлено разделение логики поведения и предметных знания; остается необходимость ограниченной регенерации отдельных компонентов приложений, а именно, баз знаний, при изменении предметной области.

### **3. Создание проблемно-ориентированного ассистента.**

**3.1. Обобщенный алгоритм диагностирования технических систем.** При решении задачи создания проблемно-ориентированного ассистента был предложен обобщенный алгоритм его функционирования для диагностирования технических систем (рис. 1), включающий следующие шаги, определяющие его функции:

- выбор/конкретизация (типа) технической системы;
- выбор/конкретизация определенной подсистемы;
- описание внешних проявлений неисправности;
- поиск систем-кандидатов (возможные причины неисправности);
- формирование списка работ по устранению неисправности;
- последовательное выполнение работ с контролем их результатов;
- фиксация окончательного результата в форме прецедента (единицы опыта решения задачи).

В контексте прикладной задачи авиационной диагностики при конкретизации алгоритма под технической системой понимается воздушное судно определенного типа, а под подсистемой – система этого воздушного судна.

При выполнении отдельных шагов алгоритма (рис.1) целесообразно использование декларативных баз знаний, описывающих: внешние проявления неисправности и системы;

внешние проявления неисправности и работы; прецеденты. Фактически формируются логические правила трех типов: «проявление-система», «работа-работа», «прецедент».

**3.2. Архитектура и функции.** Следуя декларативной парадигме создания проблемно-ориентированного ассистента, было предложено использовать концепцию каркаса (шаблона) с гнездами (слотами) [30].



**Рис. 1.** Обобщенный алгоритм диагностирования

Формально, архитектура ассистента может быть представлена в следующем виде:  $A = \langle F, KB_{S-S}, KB_{O-O}, KB_C \rangle$ , где  $F$  – каркас;  $KB_{S-S}$  – гнездо для базы знаний с описанием зависимостей типа «проявление-система»;  $KB_{O-O}$  – гнездо для базы знаний с описанием зависимостей типа «работа-работа»;  $KB_C$  – гнездо для базы знаний с описанием прецедентов.

При этом основное назначение каркаса состоит в унифицированной реализации:

- обобщенного алгоритма в форме последовательных диалоговых экранов;
- взаимодействия с базами знаний в части отправки запросов и получения результатов.

К гнездам (слотам) подключаются файлы баз знаний.

**3.3. Представление баз знаний.** Для представления знаний было предложено использовать оригинальную форму таблиц решений [31], основными отличиями которой от классической [32] являются:

- индикация зависимых столбцов символом «#»;
- одноуровневая иерархия в условиях «плоских» таблиц в формате CSV путем указания составных имен столбцов, включающих имя сущности (или имя класса сущностей) и наименования ее свойства, разделенных строкой «:»;
- поддержка использования произвольных значений в качестве значений ячеек, а не только указывающих на наличие или отсутствие определенного свойства (компонента) в структуре правила (да/нет или 0/1).

При этом для описания основных типов правил (рис. 2) на основе ранее разработанной модели предметной области [33] была определена структура таблиц решений со следующими ограничениями:

- наличие совпадающих по наименованию полей антецедента (условия) логических правил и части «описание проблемы» прецедента, что необходимо для поиска решения по одинаковому набору внешних проявлений или диагностических признаков, формирующих «контекст» применения правил;
- обязательное наличие полей: «Работа:Наименование»/«Наименование», «Работа::Результат»/«Результат», «#Работа::Наименование»/«#Наименование» в структуре правил «работа-работа», с помощью которых формируются взаимосвязи при построении последовательных цепочек выполнения.

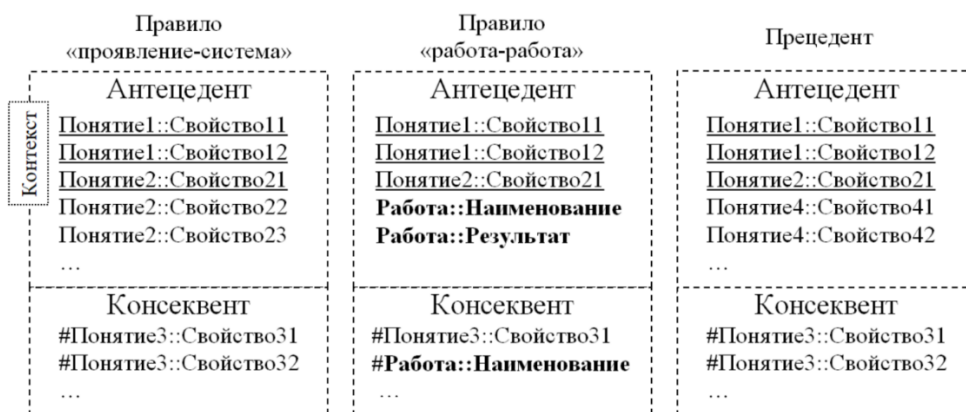


Рис. 2. Структура основных типов правил проблемно-ориентированного ассистента [31]

### 3.4. Модификация (наполнение) баз знаний. Применяемая технология [18]

предполагает использование и доработку ряда инструментальных средств, обеспечивающих решение задачи модификации или наполнения базы знаний и ориентированных на пользователей с низкими навыками программирования, в частности:

- Редактора продукционных баз знаний Personal Knowledge Base Designer (PKBD) [34] (Рис.3).
- Веб-ориентированной программной системы Knowledge Modeling System (KMS) [35] (Рис.4), в частности, редактора диаграмм переходов состояний.
- Средств программы-оболочки iDSS.Desktop [36]: редакторов таблиц решений и ориентированных графов (Рис.5).

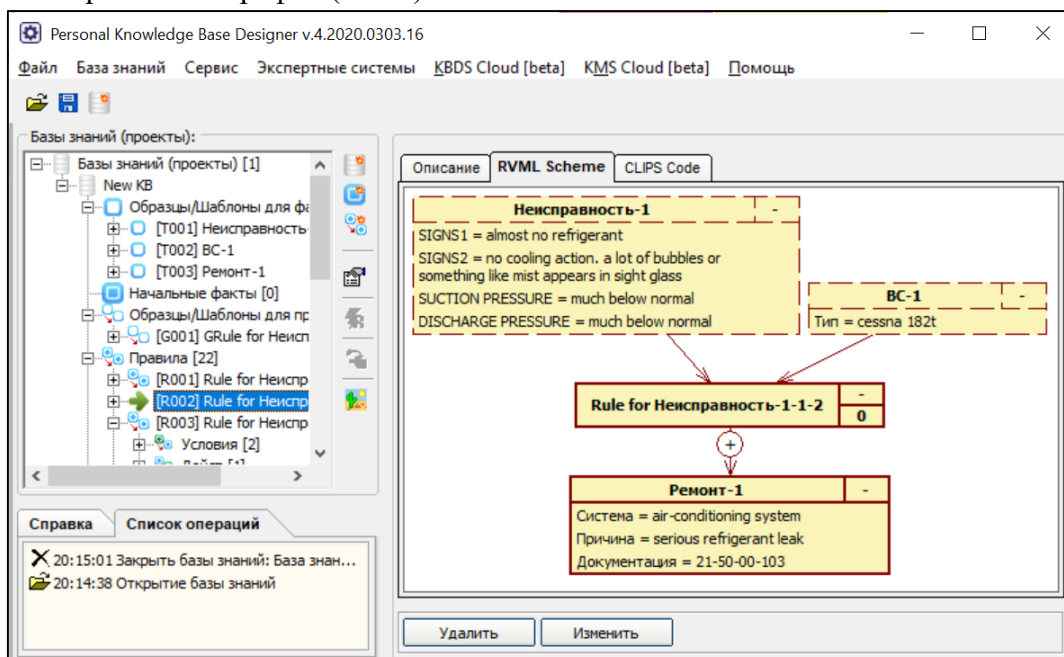


Рис. 3. Примеры экранных форм PKBD: просмотр правила в виде диаграммы RVML

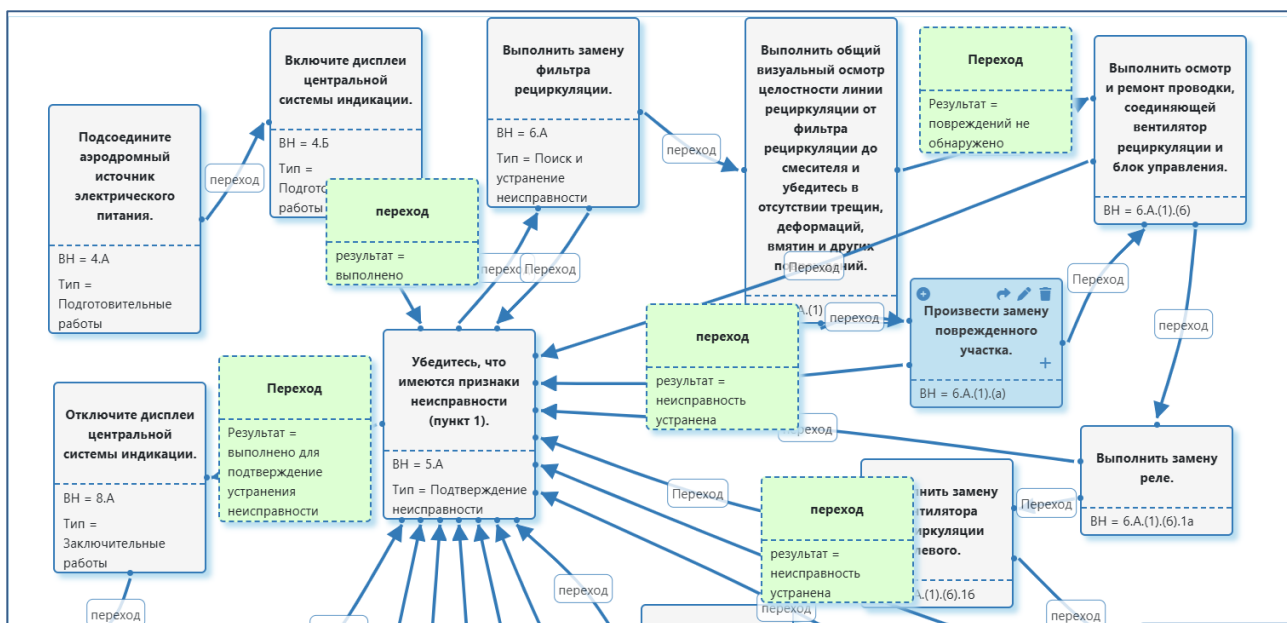


Рис. 4. Примеры экранной форм KMS: редактор диаграмм переходов состояний [40]

ID	SIGNS1	SIGNS2	Система
1	INSUFFICIENT REFRIGERANT CHARGE	Insufficient cooling. Bubbles appear in sight glass	AIR-CONDITIONING SYSTEM
2	INSUFFICIENT REFRIGERANT CHARGE	Insufficient cooling. Bubbles appear in sight glass	AIR-CONDITIONING SYSTEM
3	INSUFFICIENT REFRIGERANT CHARGE	Insufficient cooling. Bubbles appear in sight glass	AIR-CONDITIONING SYSTEM
4	INSUFFICIENT REFRIGERANT CHARGE	Insufficient cooling. Bubbles appear in sight glass	AIR-CONDITIONING SYSTEM
5	INSUFFICIENT REFRIGERANT CHARGE	Insufficient cooling. Bubbles appear in sight glass	AIR-CONDITIONING SYSTEM
6	ALMOST NO REFRIGERANT	No cooling action. A lot of bubbles or something like mist appears in sight glass	AIR-CONDITIONING SYSTEM

Рис. 5. Примеры экранных форм iDSS.Desktop: редакторы таблиц решений и графов

Также были использованы общедоступные табличные редакторы Microsoft Excel и LibreOffice Calc. По результатам сравнения использованных средств (Таблица 1) в качестве основных были выбраны KMS и iDSS.Desktop: обе программные системы продемонстрировали возможность визуализации разветвленных сценариев для правил типа «работа-работа» и достаточно низкое количество ошибок.

**3.5. Диалоговая система.** Одной из отличительных особенностей современных виртуальных ассистентов является возможность поддерживать диалог с пользователем на естественном языке с учётом контекста решаемой задачи. Для определения намерений пользователя и извлечения из его сообщений данных, необходимых для решения задач, был использован подход на основе фреймов. Согласно этому подходу, разработчик должен сформировать спецификацию разговорного интерфейса, указав множество намерений и

сущностей, которые необходимо извлекать из сообщений пользователя; шаблоны для значений сущностей и/или множество синонимов значений; соответствующие намерениям типовые фразы и/или их шаблоны.

**Таблица 1.** Качественное сравнение программных средств модификации (наполнения) баз знаний в форме таблиц решений

Средства/ Критерии сравнения	PKBD	KMS	iDSS.Desktop	Microsoft Excel / LibreOffice Calc
Основная технология	Программы-мастера (последовательности диалоговых форм)	Графические модели	Графические модели, таблицы	Таблицы
Интеграция со сторонними средствами (импорт/экспорт)	Высокая	Высокая	Средняя	Слабая
Доступность для непрограммирующих конечных пользователей	Средняя	Высокая	Средняя	Высокая
Средства контроля целостности	Да	Нет	Да	Нет
Средства автоматизации ввода	Да (копирование правил)	Да (копирование моделей)	Да (копирование правил, продолжение цепочек)	Да (копирование и вставка текста)
Возможность тестирования (логического вывода)	Да	Нет	Да	Нет
Визуализация ветвлений	Нет	Да	Да	Нет
Количество ошибок	Низкое	Низкое	Низкое	Высокое

В рамках этой работы спецификация разговорного интерфейса фреймового типа для проблемно-ориентированных ассистентов в задачах диагностики содержит информацию для алгоритмов классификатора NLU по определению намерений, фреймов и слотов из словесного описания:

- наблюдаемых признаков неисправностей, в т.ч. кодов неисправностей;
- результатов работы, выполненной техником (примеры: «неисправность обнаружена», «неисправности нет», «работа выполнена», «произведено»);
- инструкций для базовых команд управления процессом диалога со стороны пользователя (авторизация, помощь, аварийная остановка диалога и т.п.).

В отличие от встроенных в современные платформы стандартных словарей, используемых при распознавании намерений пользователя, в разработанном разговорном интерфейсе учитываются следующие особенности, связанные с возможностью голосового ввода:

- Произношение латинских букв в кодах неисправностей. Пример оригинальных данных аварийно-сигнального сообщения: «ELEC APU GEN FAULT». Пример возможных фраз пользователя: «елек апу ген фолт», «елек апэу ген фолт», «елес апу ген фэулт», «елеклес апэу фэулт».

- Произношение чисел. Пример оригинальных данных: «код БСТО 1013». Пример возможных фраз пользователя: «Код БСТО десять тринадцать», «Код БСТО тысяча тринадцать», «Код БСТО тысяча тринадцатый».
- Некорректное произношение символов. Пример: «тильда», «волна», «змейка».

При формировании множества синоним и вариантов фраз была использована процедура аугментации данных, основанная на принципах современного генеративного ИИ в форме больших языковых моделей.

Процесс диалога рассматривался в форме множества иерархических состояний диалога, которые соответствуют следующим типам задач:

- анализ намерений пользователя;
- подготовка данных для их последующего использования в базе знаний;
- обработка результатов работы базы знаний для их представления пользователю в диалоговой форме;
- реализация технических процедур для взаимодействия с базой знаний;
- реагирование на внештатные ситуации, связанным с проблемами в распознавании пользовательских запросов, потерей соединения с удаленным сервером, невозможности авторизации;
- решение конфликтных ситуаций, связанных с несоответствием пользовательского запроса ожидаемым от него сообщениям относительно текущего состояния решаемой задачи.

**3.6. Программная реализация.** Для создания проблемно-ориентированных ассистентов использовался следующий стек технологий:

- Визуальный конструктор интеллектуальных ассистентов Aimylogic JUST AI [37], с помощью которого был построен унифицированный проблемно-ориентированный диалог, соответствующий обобщенному алгоритму и включающий основные экраны взаимодействия с пользователем, а также вызов функций обмена информацией с базами знаний.
- Платформа JAICP JUST AI [38], реализующая гибридный подход для управления процессом диалога: на основе конечных автоматов и фреймов; содержащая собственную подсистему обработки естественного языка; обеспечивающая поддержку большого количества каналов для интеграции помощника. При этом программная реализация выполняется на скриптовом языке общего назначения JavaScript и проблемно-ориентированном языке JAICP DSL [39]. Использование JAICP JUST AI позволяет разрабатывать полностью новые или уточнять созданные в Aimylogic сценарии в случае необходимости реализации сложных многоуровневых актов взаимодействия с возможностью полного контроля сессии диалога.
- Язык общего назначения PHP (Hypertext Preprocessor) для реализации программных интерфейсов доступа к базам знаний, основные функции: поиск (извлечение) прецедентов; сравнение значений свойств прецедентов; получение списка возможных причин (систем-кандидатов); получение наиболее вероятного внешнего проявления, на основе введенного пользователем; формирование списка типов технических систем; формирование списка систем определенной технической системы и др.;
- формат CSV для описания логических правил в виде таблиц решений.

**4. Пример применения: АвиаТехПом.Ассистент.** Апробация подхода осуществлялась при создании виртуального ассистента – АвиаТехПом.Ассистент [15] (рис.

б) для гражданских воздушных судов Сухой Суперджет (RRJ-95) и Cessna (182T), количественные характеристики разработанных баз знаний приведены в Таблице 2 [40].

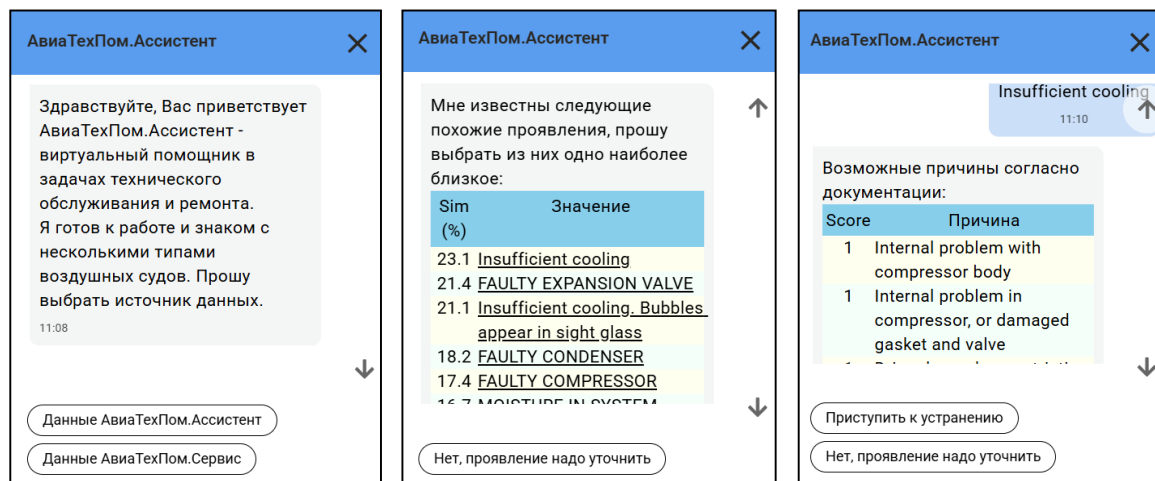


Рис. 6. Примеры экранных форм AviaTechPom.Assistent

Таблица 2. Количественные характеристики баз знаний AviaTechPom.Assistent

Тип воздушного судна	Система	Количество правил типа «работа-работа»	Количество правил типа «проявление-система»
RRJ-95	электроснабжения	828	173
RRJ-95	кондиционирования	687	178
Cessna 182T	кондиционирования	52	22

Результаты апробации могут быть рассмотрены с двух точек зрения повышения эффективности: 1) создания проблемно-ориентированных ассистентов и их баз знаний; 2) решения предметной задачи технического обслуживания и ремонта.

В рамках первого аспекта повышение эффективности по временному критерию достигается за счет использования определенного «шаблона» или каркаса проблемно-ориентированного ассистента, а общее время создания определяется протяженностью этапа разработки базы знаний. Оценки выполнения данного этапа на реальных данных и учебных примерах проводились при создании специализации модельно-управляемой технологии [18], она показала возможность сокращения времени разработки на 25-60% в зависимости от объема и сложности исходных моделей предметной области за счет визуального моделирования и автоматической кодогенерации.

В рамках второго аспекта количественные оценки эффекта от использования «AviaTechPom.Assistent» будут получены только после внедрения в процессе эксплуатации. На текущий момент возможно руководствоваться оценками эксплуатации частичного аналога – программной системы ЭСАН «Когнитолог» [41]. Эта система применялась для поддержки технических специалистов при обслуживании ТУ-204, что позволило уменьшить время на поиск и локализацию причин неисправности в среднем на 20-25% за счет автоматизации отдельных этапов процедуры диагностирования, в том числе, поиска релевантных разделов технической документации.

**Заключение.** Повышение оперативности и эффективности решения задач технической диагностики в различных областях, в том числе, гражданской авиации, может быть достигнуто за счет применения таких технологий, как виртуальные ассистенты, или интеллектуальные помощники. В свою очередь, одним из способов повышения доверия к подобным системам является использование логико-ориентированных методов искусственного интеллекта, а именно декларативных баз знаний и реализация достоверного вывода.

В статье рассмотрено создание проблемно-ориентированных ассистентов для задач диагностики на примере приложения (чат-виджета) АвиаТехПом.Ассистент [42]. В процессе разработки использовалась модифицированная модельно-управляемая технология [18] и принципы декларативного подхода. Представлен обобщенный алгоритм диагностирования технических систем, включающий шаги по конкретизации исследуемого объекта (самолета и его подсистемы), внешних проявлений неисправности, поиска возможных причин, а также формированию списка работ по устранению неисправности. Алгоритм предполагает использование декларативных баз знаний, описывающих: внешние проявления неисправности, системы, работы, прецеденты. Рассмотрены способы формирования баз знаний на основе специализированных таблиц решений, ограничения на их структуру и содержание.

При апробации были созданы базы знаний для различных типов воздушных судов и их отдельных систем, что показало перспективность предлагаемого подхода. В дальнейшем планируется апробировать подход на данных об исследовании технического состояния объектов нефтехимии [43].

**Благодарности.** Работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки России по проекту «Методы и технологии облачной сервис-ориентированной цифровой платформы сбора, хранения и обработки больших объёмов разноформатных междисциплинарных данных и знаний, основанные на применении искусственного интеллекта, компонентного и модельно-управляемого подходов и машинного обучения» (126021217141-8).

#### Список источников

1. Sarikaya R. The Technology Behind Personal Digital Assistants: An overview of the system architecture and key components. *IEEE Signal Processing Magazine*, 2017, vol. 34 (1), pp. 67–81, DOI: 10.1109/MSP.2016.2617341.
2. Norouzi N., Kim K., Hochreiter J. et al. A Systematic Survey of 15 Years of User Studies Published in the Intelligent Virtual Agents Conference. *Proceedings of IVA'18: International Conference on Intelligent Virtual Agents, Sydney*, 2018, pp. 17–22, DOI: 10.1145/3267851.3267901.
3. Parizi R., Shahi A. Component-Driven Development in Modern Virtual Assistants: A Mapping Study. *Journal of Software*, 2018, no. 13, pp. 126–137, DOI:10.17706/jsw.13.2.126-137.
4. Maedche A., Legner C., Benlian A. et al. AI-Based Digital Assistants. *Business and Information Systems Engineering*, 2019, vol. 61, pp. 535–544, DOI: 10.1007/s12599-019-00600-8.
5. Dorodnykh N.O., Nikolaychuk O.A., Stolbov A.B. et al. Creating Virtual Assistants Based on Model Transformations. *Pattern Recognition and Image Analysis*, 2024, vol. 34(3), pp. 692–701, DOI:10.1134/S1054661824700548.
6. Kotlov Y., Popov V., Mishin S. et al. Towards an Intelligent Decision Support System for Aircraft Troubleshooting. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2023, pp. 77-91, DOI:10.1007/978-981-19-3788-0\_7.
7. Перфильев О.В. Интеллектуальная система поиска неисправности на самолете / О.В. Перфильев, С.Г. Рыжаков, В.А. Должиков // *Известия Самарского научного центра РАН*, 2018. – № 4(3). – С. 326-331.
8. Сухих Н.Н. Экспертные системы – средства информационной поддержки принятия решений экипажем самолета / Н.Н. Сухих, В.Л. Рукавишников // *Известия высших учебных заведений. Авиационная техника*, 2022. – № 2. – С. 19-25.
9. Chiu C., Chiu N.H., Hsu C.I. Intelligent aircraft maintenance support system using genetic algorithms and case-based reasoning. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2004, vol. 24, pp. 440–446, DOI:10.1007/s00170-003-1707-x.
10. MyBoeing Fleet. Available at: <https://www.myboeingfleet.com> (accessed: 11/20/2025).
11. AirNav-Maintenance. Available at: <https://www.airnav.com> (accessed: 11/20/2025).
12. Da Silva A.R. Model-driven engineering: A survey supported by the unified conceptual model. *Computer Languages, Systems & Structures*, 2015, vol.43, pp. 139–155, DOI:10.1016/j.cl.2015.06.001.
13. Pérez-Soler S., Guerra E., De Lara J. Model-Driven Chatbot Development. *Lecture Notes in Computer Science*, 2020, vol. 12400, pp. 207–222, DOI:10.1007/978-3-030-62522-1\_15.

14. Benaddi L., Ouaddi C., Jakimi A. et al. A Survey on Model-Driven Engineering and Domain-Specific Languages for Chatbot Development: Requirements, Challenges and Solutions. *Expert systems*, 2025, vol.42(10), 70124.
15. Юрин А.Ю. АвиаТехПом.Ассистент / А.Ю. Юрин // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. – М. – Рег. № 2025616049 от 13.03.25.
16. Юрин А.Ю. АвиаТехПом: Состояние и перспективы / А.Ю. Юрин, Ю.В. Котлов // *Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык*, 2024. – № 1. – С. 146-156.
17. Yurin A.Yu., Dorodnykh N.O., Nikolaychuk O.A. et al. Designing rule-based expert systems with the aid of the model-driven development approach. *Expert Systems*, 2018, vol.35(1), 12291.
18. Дородных Н.О. Технология создания производственных экспертных систем на основе модельных трансформаций / Н.О. Дородных, А.Ю. Юрин. – Новосибирск: СО РАН, 2019.
19. Варшавский П.Р. Моделирование рассуждений на основе прецедентов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений / П.Р. Варшавский, А.П. Еремеев // *Искусственный интеллект и принятие решений*, 2009. – № 2. – С. 45-57.
20. Джексон П. Введение в экспертные системы. – М.: Вильямс, 2001. – 623 с.
21. Aamodt A., Plaza E. Case-based reasoning: foundational issues, methodological variations, and system approaches. *AI Communications*, 1994, vol.7(1), pp. 39-59.
22. Котлов Ю.В. Модели и алгоритмы многокритериальной диагностики авиационных систем // *Актуальные проблемы и перспективы развития гражданской авиации: сборник трудов XI Международной научно-практической конференции*. – Иркутск, 2022. – С. 165-173.
23. Frankel D. *Model Driven Architecture: Applying MDA to Enterprise Computing*. New York: Wiley, 2003, 328 p.
24. Truyen F. *The Fast Guide to Model Driven Architecture: The Basics of Model Driven Architecture*. Cephas Consulting Corp, 2006, 12 p.
25. Eclipse Modeling Framework (EMF). Available at: <http://www.eclipse.org/modeling/emf/> (accessed: 11/20/2025).
26. Model-Integrated Computing (MIC). Available at: <http://www.isis.vanderbilt.edu/research/MIC> (accessed: 11/20/2025).
27. Юрин А.Ю. Нотация для проектирования баз знаний производственных экспертных систем / А.Ю. Юрин // *Объектные системы*, 2016. – № 12. – С. 48–54.
28. Столбов А.Б. Генерация и трансформация специализированных моделей для проблемно-ориентированного интеллектуального помощника / А.Б. Столбов, Н.О. Дородных, О.А. Николайчук, и др. // *Ляпуновские чтения 2023: материалы 39-й международной конференции*. – Иркутск, 2023. – С. 111-112.
29. Yurin A.Yu., Nikolaychuk O.A., Dorodnykh N.O. et al. Using an Intelligent Assistant for Aircraft Diagnostics and Maintenance. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 2023, vol. 776, pp. 325-333, DOI:10.1007/978-3-031-43789-2\_30.
30. Горбунов-Посадов М.М. *Расширяемые программы*. – М.: Полиптих, 1999. – 336 с.
31. Дородных Н.О. Создание диагностических систем поддержки принятия решений с использованием таблиц решений / Н.О. Дородных, О.А. Николайчук, Ю.В. Котлов, А.Ю. Юрин // *Искусственный интеллект и принятие решений*, 2025. – № 3. – С. 15-29.
32. Еремеев А.П. Производственная модель представления знаний на базе языка таблиц решений // *Известия АН СССР. Техническая кибернетика*, 1987. – № 2. – С. 196-207.
33. Дородных Н.О. Использование онтологических шаблонов содержания при построении баз знаний для технического обслуживания и ремонта авиационной техники / Н.О. Дородных, О.А. Николайчук, А.Ю. Юрин // *Онтология проектирования*, 2022. – Т. 12, № 2. – С. 158-171.
34. Personal Knowledge Base Designer. Available at: <http://www.knowledge-core.ru/index.php?p=pkbd> (accessed: 11/20/2025).
35. Knowledge Modeling System. Available at: <http://kms.knowledge-core.ru/> (accessed: 11/20/2025).
36. iDSS.Desktop. Available at: <http://www.knowledge-core.ru/index.php?p=idss> (accessed: 11/20/2025).
37. Visual builder for AI-powered bots. Aimylogic Available at: <https://aimylogic.com/> (accessed: 11/20/2025).
38. A convenient platform for creating and developing conversational AI solutions. Available at: <https://just-ai.com/platforma-jaicp> (accessed: 11/20/2025).
39. JAICP DSL. Available at: <https://help.cloud.just-ai.com/en/jaicp/dsl/> (accessed: 11/20/2025).
40. Дородных Н.О. О подходе к построению баз знаний для задач авиационной диагностики / Н.О. Дородных, О.А. Николайчук, Ю.В. Котлов, А.Ю. Юрин // *Известия высших учебных заведений. Авиационная техника*, 2025. – № 1. – С. 131-139.

41. Перфильев О.В. Экспертная система анализа причин неисправностей для авиационной техники / О.В. Перфильев, С.Г. Рыжаков // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2016. – Т. 18, № 4-3. – С. 564-570.
42. АвиаТехПом.Ассистент. – URL: [https://www.altair-ii.ru/index.php?p=atp\\_assistant](https://www.altair-ii.ru/index.php?p=atp_assistant) (дата обращения: 20.11.2025).
43. Берман А.Ф. Деградация механических систем. – Новосибирск: Наука, 1998. – 320 с.

*Дородных Никита Олегович. К.т.н., старший научный сотрудник Института динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН (ИДСТУ СО РАН). Основные направления исследований: автоматизация создания интеллектуальных систем и баз знаний, получение знаний из документов, таблиц, концептуальных моделей, семантическая интерпретация таблиц. SPIN: 1922-2224, ORCID: 0000-0001-7794-4462; Author ID (RSCI): 979843; Author ID (Scopus): 57202323578; Researcher ID (WoS): E-8870-2014. [nikidorny@icc.ru](mailto:nikidorny@icc.ru).*

*Столбов Александр Борисович. К.т.н., научный сотрудник ИДСТУ СО РАН, доцент Института информационных технологий и анализа данных ИРНИТУ. Основные направления исследований: системный анализ, математическое и имитационное моделирование многокомпонентных систем, разработка виртуальных ассистентов. SPIN: 9524-6300, ORCID: 0000-0001-6513-7030; Author ID (RSCI): 185900; Author ID (Scopus): 57119776700; Researcher ID (WoS): A-6478-2014. [stolboff@icc.ru](mailto:stolboff@icc.ru).*

*Юрин Александр Юрьевич. Д.т.н., заведующий лабораторией Информационно-телекоммуникационных технологий исследования природной и техногенной безопасности ИДСТУ СО РАН, профессор Института информационных технологий и анализа данных ИРНИТУ, ведущий научный сотрудник кафедры АЭСиПНК Иркутского филиала МГТУ ГА. Основные направления исследований: разработка интеллектуальных систем и баз знаний, достоверный и правдоподобный вывод, модельно-управляемая разработка, визуальное программирование. SPIN: 5830-7930, ORCID: 0000-0001-9089-5730; Author ID (RSCI): 174845; Author ID (Scopus): 16311168300; Researcher ID (WoS): A-4355-2014. [iskander@icc.ru](mailto:iskander@icc.ru).*

---

UDC 004.89

DOI:10.25729/ESI.2026.42.2.015

## Creating domain-specific assistants for diagnostic tasks

Nikita O. Dorodnykh<sup>1</sup>, Aleksandr B. Stolbov<sup>1,2</sup>, Aleksandr Yu. Yurin<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory SB RAS, Russia, Irkutsk, [nikidorny@icc.ru](mailto:nikidorny@icc.ru)

<sup>2</sup>Irkutsk National Research Technical University, Russia, Irkutsk

<sup>3</sup>Moscow State Technical University of Civil Aviation (Irkutsk Branch), Russia, Irkutsk

**Abstract.** Currently, virtual assistants, or intelligent assistants, are actively used in various subject areas, but their widespread use in solving technical diagnostic problems is limited. Such limitations are mostly related to the plausible nature of the recommendations generated. One of the ways to increase the reliability of recommendations is to use classical artificial intelligence methods, in particular, those that implement reliable inference based on logical rules. The paper describes the process of building problem-specific assistants using declarative knowledge bases in the form of specialized decision tables to solve the problems of diagnosing technical systems. An original approach based on visual modeling and model transformations is used as a methodological basis. A generalized algorithm for diagnosing technical systems is presented, which includes steps to specify the object under study, the external manifestations of the malfunction, the search for possible causes (candidate systems for the malfunction), as well as the formation of a list of troubleshooting activities. The algorithm assumes the use of declarative knowledge bases containing logical rules of three types: "manifestation-system", "operation-operation", "case". The general architecture of assistants is described based on the concept of a template with sockets (slots) for connecting knowledge bases with rules of a certain type. The requirements for the structure and content of knowledge bases are presented, as well as ways to manage them. The technology stack is defined: Aimylogic JUST AI – for designing a dialog; PHP – for implementing

software interfaces for accessing knowledge bases; CSV format – for describing logical rules in the form of decision tables. The application of the described provisions was carried out when creating a prototype of the intelligent assistant "Aviatech.Assistant" to support the technical specialists of airfield ground services. Knowledge bases have been created for individual Sukhoi Superjet (RRJ-95) and Cessna (182T) systems. A special feature of the resulting solution is its compliance with the principles of the declarative programming paradigm, which allows one to reconfigure or adapt it depending on the type of aircraft or documentation version without complete regeneration or recompilation.

**Keywords:** decision support, aviation diagnostics, virtual assistant, knowledge base, decision table, creation, AviaTekhPom.Assistant

**Acknowledgements:** This work is supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation the project "Methods and technologies of a cloud-based service-oriented digital platform for collecting, storing, and processing large volumes of multi-format interdisciplinary data and knowledge based on the use of artificial intelligence, component, and model-driven approaches and machine learning." (126021217141-8).

## References

1. Sarikaya R. The Technology Behind Personal Digital Assistants: An overview of the system architecture and key components. *IEEE Signal Processing Magazine*, 2017, vol. 34 (1), pp. 67–81, DOI: 10.1109/MSP.2016.2617341.
2. Norouzi N., Kim K., Hochreiter J. et al. A Systematic Survey of 15 Years of User Studies Published in the Intelligent Virtual Agents Conference. *Proceedings of IVA'18: International Conference on Intelligent Virtual Agents, Sydney*, 2018, pp. 17–22, DOI: 10.1145/3267851.3267901.
3. Parizi R., Shahi A. Component-Driven Development in Modern Virtual Assistants: A Mapping Study. *Journal of Software*, 2018, no. 13, pp. 126–137, DOI:10.17706/jsw.13.2.126-137.
4. Maedche A., Legner C., Benlian A. et al. AI-Based Digital Assistants. *Business and Information Systems Engineering*, 2019, vol. 61, pp. 535–544, DOI: 10.1007/s12599-019-00600-8.
5. Dorodnykh N.O., Nikolaychuk O.A., Stolbov A.B. et al. Creating Virtual Assistants Based on Model Transformations. *Pattern Recognition and Image Analysis*, 2024, vol. 34(3), pp. 692–701, DOI:10.1134/S1054661824700548.
6. Kotlov Y., Popov V., Mishin S. et al. Towards an Intelligent Decision Support System for Aircraft Troubleshooting. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2023, pp. 77-91, DOI:10.1007/978-981-19-3788-0\_7.
7. Perfiliev O.V., Ryzhakov S.G., Dolzhikov V.A. Intellektual'naya sistema poiska neispravnosti na samolete [Intelligent aircraft troubleshooting system]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN [Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]*, 2018, no. 4(3), pp.326.
8. Sukhikh N.N., Rukavishnikov V.L. Expert Systems: Means of Information Support for Aircraft Crew Decision Making. *Russian Aeronautics*, 2022, vol. 65(2), pp.243–250, DOI:10.3103/S1068799822020039.
9. Chiu C., Chiu N.H., Hsu C.I. Intelligent aircraft maintenance support system using genetic algorithms and case-based reasoning. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2004, vol. 24, pp. 440–446, DOI:10.1007/s00170-003-1707-x.
10. MyBoeing Fleet. Available at: <https://www.myboeingfleet.com> (accessed: 11/20/2025).
11. AirNav-Maintenance. Available at: <https://www.airnav.com> (accessed: 11/20/2025).
12. Da Silva A.R. Model-driven engineering: A survey supported by the unified conceptual model. *Computer Languages, Systems & Structures*, 2015, vol.43, pp. 139–155, DOI:10.1016/j.cl.2015.06.001.
13. Pérez-Soler S., Guerra E., De Lara J. Model-Driven Chatbot Development. *Lecture Notes in Computer Science*, 2020, vol. 12400, pp. 207–222, DOI:10.1007/978-3-030-62522-1\_15.
14. Benaddi L., Ouaddi C., Jakimi A. et al. A Survey on Model-Driven Engineering and Domain-Specific Languages for Chatbot Development: Requirements, Challenges and Solutions. *Expert systems*, 2025, vol.42(10), 70124.
15. Yurin A.Yu. AviaTexPom.Assistent [AviaTekhPom.Assistant]. Certificate of state registration of a computer program, no.2025616049, 13.03.25.
16. Yurin A.Yu., Kotlov Yu.V. AviaTexPom: Sostoyanie i perspektivy` [AviaTekhPom: State and prospects]. *Crede Experto: transport, obshchestvo, obrazovanie, yazyk [Crede Experto: transport, society, education, language]*, 2024, no.1, pp. 146-156.
17. Yurin A.Yu., Dorodnykh N.O., Nikolaychuk O.A. et al. Designing rule-based expert systems with the aid of the model-driven development approach. *Expert Systems*, 2018, vol.35(1), 12291.

18. Dorodnykh N.O., Yurin A.Yu. *Texnologiya sozdaniya produkcionny`x e`kspertny`x sistem na osnove model`ny`x transformacij* [Technology of creation of rule-based expert systems based on model transformations]. Novosibirsk, SB RAS, 2019.
19. Varshavsky P.R., Ereemeev A.P. *Modelirovaniye rassuzhdeniy na osnove pretsedentov v intellektual`nykh sistemakh podderzhki prinyatiya resheniy* [Modeling of reasoning based on cases in intelligent decision support systems]. *Iskusstvennyy intellekt i prinyatiye resheniy* [Artificial intelligence and decision making], 2009, no.2, pp. 45-57.
20. Jackson P. *Vvedeniye v ekspertnyye sistemy* [Introduction to expert systems]. Moscow, Williams Publ., 2001, 623 p.
21. Aamodt A., Plaza E. Case-based reasoning: foundational issues, methodological variations, and system approaches. *AI Communications*, 1994, vol.7(1), pp. 39-59.
22. Kotlov Yu.V. *Modeli i algoritmy mnogokriterial`noy diagnostiki aviatsionnykh system* [Models and algorithms of multi-criteria diagnostics of aviation systems]. V *sbornike: Aktual`nyye problemy i perspektivy razvitiya grazhdanskoj aviatsii. Sbornik trudov XI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [In the collection: Current problems and prospects for the development of civil aviation. Proceedings of the XI International Scientific and Practical Conference]. Irkutsk, 2022, pp. 165-173.
23. Frankel D. *Model Driven Architecture: Applying MDA to Enterprise Computing*. New York: Wiley, 2003, 328 p.
24. Truyen F. *The Fast Guide to Model Driven Architecture: The Basics of Model Driven Architecture*. Cephas Consulting Corp, 2006, 12 p.
25. Eclipse Modeling Framework (EMF). Available at: <http://www.eclipse.org/modeling/emf/> (accessed: 11/20/2025).
26. Model-Integrated Computing (MIC). Available at: <http://www.isis.vanderbilt.edu/research/MIC> (accessed: 11/20/2025).
27. Yurin A.Yu. *Notatsiya dlya proektirovaniya baz znaniy produkcionnykh ekspertnykh sistem* [Notation for designing knowledge bases of rule-based expert systems]. *Ob`ektnyye sistemy* [Object systems]. 2016, vol.12, pp.48–54.
28. Stolbov A.B., Dorodnykh N.O., Nikolaichuk O.A. et al. *Generatsiya i transformatsiya spetsializirovannykh modeley dlya problemno-orientirovannogo intellektual`nogo pomoshchnika* [Generation and transformation of specialized models for a problem-oriented intellectual assistant]. V *knige: Lyapunovskiye chteniya 2023. Materialy 39-y mezhdunarodnoy konferentsii* [In the book: Lyapunov Readings 2023. Proceedings of the 39th International Conference]. Irkutsk, 2023, pp. 111-112.
29. Yurin A.Yu., Nikolaychuk O.A., Dorodnykh N.O. et al. *Using an Intelligent Assistant for Aircraft Diagnostics and Maintenance*. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 2023, vol. 776, pp. 325-333, DOI:10.1007/978-3-031-43789-2\_30.
30. Gorbunov-Posadov M.M. *Rasshiryayemye programmy* [Expandable programs]. Moscow, Polyptykh Publ., 1999, 336 p.
31. Dorodnykh N.O., Nikolaichuk O.A., Kotlov Yu.V. et al. *Sozdaniye diagnosticheskikh sistem podderzhki prinyatiya resheniy s ispol`zovaniyem tablits resheniy* [Creation of diagnostic decision support systems using decision tables]. *Iskusstvennyy intellekt i prinyatiye resheniy* [Artificial intelligence and decision making], 2025, no.3, pp. 15-29.
32. Ereemeev A.P. *Produktsionnaya model` predstavleniya znaniy na baze yazyka tablits resheniy* [Production model of knowledge representation based on the language of decision tables]. *Izvestiya AN SSSR. Tekhnicheskaya kibernetika* [News of the USSR Academy of Sciences. Technical cybernetics], 1987, no.2, pp. 196-207.
33. Dorodnykh N.O., Nikolaichuk O.A., Yurin A.Y. *Ispol`zovaniye ontologicheskikh shablonov soderzhaniya pri postroyenii baz znaniy dlya tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta aviatsionnoy tekhniki* [The use of ontological content templates in building knowledge bases for maintenance and repair of aviation equipment]. *Ontologiya proyektirovaniya* [Ontology of designing], 2022, vol.12, no.2, pp.158-171.
34. *Personal Knowledge Base Designer*. Available at: <http://www.knowledge-core.ru/index.php?p=pkbd> (accessed: 11/20/2025).
35. *Knowledge Modeling System*. Available at: <http://kms.knowledge-core.ru/> (accessed: 11/20/2025).
36. *iDSS.Desktop*. Available at: <http://www.knowledge-core.ru/index.php?p=idss> (accessed: 11/20/2025).
37. *Visual builder for AI-powered bots*. Aimylogic Available at: <https://aimylogic.com/> (accessed: 11/20/2025).
38. *A convenient platform for creating and developing conversational AI solutions*. Available at: <https://just-ai.com/platforma-jaicp> (accessed: 11/20/2025).
39. *JAICP DSL*. Available at: <https://help.cloud.just-ai.com/en/jaicp/dsl/> (accessed: 11/20/2025).
40. Dorodnykh N.O., Nikolaychuk O.A., Kotlov Yu.V. et al. *O podkhode k postroyeniyu baz znaniy dlya zadach aviatsionnoy diagnostiki* [On an approach to building knowledge bases for aviation diagnostic tasks]. *Izvestiya*

vysshikh uchebnykh zavedeniy. Aviatsionnaya tekhnika [Proceedings of higher educational institutions. Aviation Engineering], 2025, no. 1, pp. 131-139.

41. Perfiliev O.V., Ryzhakov S.G., Dolzhikov V.A. Ekspertnaya sistema analiza prichin neispravnostej dlya aviacionnoj tekhniki [Expert system for fault analysis of aviation equipment]. Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN [Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2016, no. 18(4-3), pp. 564-570.
42. AviaTexPom.Assistent [AviaTekhPom.Assistant]. Available at: [https://www.altair-ii.ru/index.php?p=atp\\_assistant](https://www.altair-ii.ru/index.php?p=atp_assistant) (accessed: 11/20/2025).
43. Berman A.F. Degradatsiya mekhanicheskikh system [Degradation of mechanical systems]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1998, 320 p.

**Dorodnykh Nikita Olegovich.** Ph.D., senior associate researcher at Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory SB RAS (ISDCT SB RAS). Main research domains: computer-aided development of intelligent systems and knowledge bases, knowledge acquisition based on documents, tables and conceptual models, semantic table interpretation. SPIN: 1922-2224, ORCID: 0000-0001-7794-4462; Author ID (RSCI): 979843; Author ID (Scopus): 57202323578; Researcher ID (WoS): E-8870-2014. [nikidorny@icc.ru](mailto:nikidorny@icc.ru).

**Stolbov Aleksandr Borisovich.** Ph.D., researcher at ISDCT SB RAS, associate professor at the Institute of Information Technology and Data Analysis of INRTU. Main research areas: system analysis, mathematical and simulation modeling of multicomponent systems, development of virtual assistants. SPIN: 9524-6300, ORCID: 0000-0001-6513-7030; Author ID (RSCI): 185900; Author ID (Scopus): 57119776700; Researcher ID (WoS): A-6478-2014. [stolboff@icc.ru](mailto:stolboff@icc.ru).

**Yurin Aleksandr Yurievich.** Doctor of sciences, a head of a laboratory "Information and telecommunication technologies for investigation of technogenic safety" at ISDCT SB RAS, professor of INRTU, a leading researcher at the Irkutsk branch of MSTU CA. Main research domains: development of intelligent systems and knowledge bases, application of the case-based reasoning and semantic technologies in the design of diagnostic intelligent systems, maintenance of reliability and safety of complex technical systems. SPIN: 5830-7930, ORCID: 0000-0001-9089-5730; Author ID (RSCI): 174845; Author ID (Scopus): 16311168300; Researcher ID (WoS): A-4355-2014. [iskander@icc.ru](mailto:iskander@icc.ru).

Статья поступила в редакцию 13.11.2025; одобрена после рецензирования 07.12.2025; принята к публикации 25.05.2026.

The article was submitted 11/13/2025; approved after reviewing 12/07/2025; accepted for publication 05/25/2026.