

Проблемно-ориентированная среда для создания систем поддержки принятия решений на основе таблиц решений

Никита Дородных¹ и Александр Юрин¹

¹ *Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова СО РАН, ул. Лермонтова, 134, Иркутск, 664033, Россия*

Аннотация

В работе описывается проблемно-ориентированная среда типа программа-оболочка – iDSS.Desktop, обеспечивающая возможность создания интеллектуальных систем поддержки принятия решений диагностического типа. Для формирования решений и хранения знаний используются формализмы логических правил и прецедентов, представленные в форме таблиц решений. Приведено описание программной системы, включая: основные функции; архитектуру; структуру используемых логических правил; способы формирования баз знаний. Представлен иллюстративный пример использования iDSS.Desktop при создании прототипа приложения АвиаТехПом.Терминал для поиска и устранения неисправностей гражданских воздушных судов на примере Cessna 182T.

Ключевые слова

Программа-оболочка, интеллектуальная система, диагностирование авиационных систем и комплексов, таблица решений, логические правила, iDSS.Desktop, АвиаТехПом.Терминал, Cessna

1. Введение

Одним из факторов, влияющих на эффективность решения задач технической диагностики при помощи программных систем, является степень вовлеченности специалистов-предметников в процесс их создания или настройки (адаптации) под условия конкретной проблемы. В качестве способа повышения вовлеченности может быть рассмотрено создание программных решений в соответствии с идеями направления, известного как End-User Development (EUD) [1-2], и его разновидностей: программирования для конечных пользователей (End-User Programming) и разработки (включая моделирование и проектирование) для конечных пользователей (End-User Software Engineering). EUD предлагает следующие основные способы реализации идей в рамках автоматизации разработки интеллектуальных систем:

- создание инструментальных средств компонентной сборки, в том числе на основе облачных сервисов и их композиций [3-4];
- создание специализированных и проблемно/предметно-ориентированных языков для описания логики интеллектуальных систем [5-6];
- создание средств программирования, в том числе основанных на принципах интеллектуального интерфейса, шаблонах, мастерах и модельных трансформациях [6-8];
- создание шаблонов проектирования и онтологий [5, 9];

7th International Workshop on Information, Computation, and Control Systems for Distributed Environments (ICCS-DE 2025), July 7–11, 2025, Irkutsk, Russia

EMAIL: nikidorny@icc.ru (A. 1); iskander@icc.ru (A. 2)

ORCID: 0000-0001-7794-4462 (A. 1); 0000-0001-9089-5730 (A. 2)



© 2025 Copyright for this paper by its authors. Use permitted under Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

ICCS-DE 2025 Workshop Proceedings

DOI: 10.47350/ICCS-DE.2025.11

- создание методов, обеспечивающих использование различных источников информации (электронных таблиц, текстов, баз данных, концептуальных моделей) в контексте парадигмы больших данных [7, 9, 10].

Реализуя ряд направлений EUD, авторами была предложена технология [6, 11] построения прототипов баз знаний интеллектуальных систем на основе модельных трансформаций концептуальных (информационных) моделей. В данной работе представлено программное инструментальное средство технологии – проблемно-ориентированная среда iDSS.Desktop типа программа-оболочка для построения настольных интеллектуальных систем поддержки принятия решений диагностического типа [12], основанная на способе моделирования и использования предметных знаний в форме таблиц решений. Выбор формы таблиц решений [13] обусловлен их наглядностью, а при наличии соответствующего инструментария (например, «СИМПР-2015» [14], «ПРОБА3» [15] и др.) и простотой использования, что выгодно их отличает от визуальных предметно/проблемно-ориентированных языков. Также необходимо отметить перспективность использования таблиц решений для построения баз знаний интеллектуальных ассистентов и чат-ботов [16]. Таким образом, основное назначение iDSS.Desktop – создание интеллектуальных систем, реализующих поиск решения на основе логических правил (продукций), которые, в свою очередь, описывают взаимосвязи между внешними проявлениями неисправностей и причинами их возникновения, причинами и мероприятиями (операциями, работами) по их локализации, а также прецеденты, фиксирующие подобные неисправности в прошлом.

2. Проблемно-ориентированная среда

2.1. Используемая специализация таблиц решений

Таблицы решений относятся к известным способам представления предметных знаний, который, в том числе, пользуется популярностью у специалистов-предметников благодаря своей простоте и наглядности. При этом применяется как их классическая форма [13, 17], так и ее модификации, например, eXtended Tabular Trees (XTT2) [18]. В данной работе используется модификация из [19], обеспечивающая:

- выделение зависимых столбцов символом «#»;
- возможность задания одноуровневой иерархии в условиях «плоских» CSV-таблиц путем указания составных имен столбцов, включающих имя сущности (или имя класса сущностей) и наименование ее свойства, с помощью разделителя «:»;
- использование 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).

2.2. Основные функции, архитектура и особенности реализации

Проблемно-ориентированная среда реализует следующие основные функции:

- Ввод информации в таблицы решений определенной структуры, в частности о:
 - а. проявлениях неисправностей и возможных отказавших системах,
 - б. проявлениях неисправностей и мероприятиях (операциях);
 - в. произошедших ранее отказах (опыт эксплуатации).
- Поиск решения на основе логических правил.
- Поиск решения по прецедентам.
- Формирование и контроль плана устранения неисправности (отказа).
- Формирование специализированных отчетов.

Архитектура, обеспечивающая реализацию указанных функций, включает следующие модули:

- подсистему управления данными, реализующую взаимодействие с таблицами решений (доступ к ним в процессе их интерпретации и поиска решения) и конфигурационными файлами;

- подсистему генерации графического интерфейса пользователя, формирующую отдельные элементы управления для ввода информации о внешних проявлениях неисправности (отказа), а также отображения результатов;
- подсистему поддержки поиска и устранения неисправностей, включая модули для поиска решения на основе логических правил и прецедентов;
- редактор таблиц решений;
- модуль генерации отчетов по работам.

Программная реализация осуществлена в среде Lazarus, для хранения данных и знаний в форме таблиц решений используется формат CSV.

2.3. Структура таблиц решений и способы их формирования

iDSS.Desktop предполагает использование таблиц решений, описывающих:

- зависимости между внешними проявлениями неисправности (отказа) и определенными системами – правила типа «проявление-система»;
- последовательности операций (работ) по устранению неисправностей (отказов) – правила типа «работа-работа»;
- зафиксированные ранее неисправности (прецеденты).

При этом среда обеспечивает интерпретацию таблиц с произвольным набором полей, удовлетворяющих следующим ограничениям:

- обязательное наличие полей с признаком-символом «#», обозначающим поля (свойства), формирующие консеквент (действие) логических правил и часть «решение» прецедентов;
- совпадение хотя бы части 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;
- обязательное наличие полей: «Работа::Наименование»/«Наименование», «Работа::Результат»/«Результат», «#Работа::Наименование»/«#Наименование» в структуре правил «работа-работа», состав остальных полей, образующих контекст применения правила, вариативен.

Для наполнения таблиц решений данными и знаниями использовались следующие способы:

1. Использование табличного редактора Microsoft Excel, способ характеризуется большим количеством ошибок, обусловленных ручным вводом данных.
2. Использование редактора продукционных баз знаний Personal Knowledge Base Designer (PKBD) [20], поддерживающего принципы модельно-ориентированной разработки. Способ обладает большей трудоемкостью в части формализации разветвленных сценариев операций.
3. Использование встроенного редактора таблиц решений. Благодаря специализированным функциям (коррекция данных, проверка целостности, копирование, ввод данных для продолжения цепочки правил, отображение цепочки правил, отображение следующего правила) способ характеризуется меньшим количеством ошибок.
4. Использование веб-ориентированной программной системы Knowledge Modeling System (KMS) [21], а именно, редактора диаграмм переходов состояний.

На основе опыта применения разных способов был сделан вывод, что использование KMS перспективно при необходимости моделирования сценариев (цепочек правил), описывающих разветвленные последовательности операций со сложными условиями переходов.

3. Иллюстративный пример применения

Одним из примеров применения и апробации инструментальной среды является выполнение работ по проекту Фонда поддержки инноваций (заявка С1ИИ-301071) и компании АЛЪТАИР-ИИ цель которого – разработка прототипа программы «АвиаТехПом» [22] для обучения и интеллектуальной поддержки принятия оперативных решений техником при

диагностировании и обслуживании воздушного судна. С помощью iDSS.Desktop был создан настольный вариант системы АвиаТехПом – АвиаТехПом.Терминал. При этом рассматривались несколько целевых типов воздушных судов: Сухой Суперджет (RRJ-95) и Cessna 182T.

В качестве исходных данных использовались технические руководства по эксплуатации и поиску и устранению неисправностей [23, 24]. Для системы кондиционирования воздуха Cessna 182T разработанный сегмент базы знаний содержал 23 записи в таблице решений «проявление-система» и 52 – «работа-работа». При решении подобной задачи для Сухой Суперджет для систем кондиционирования воздуха и электроснабжения сегменты составили 178, 687 и 173, 828 записей соответственно.

На рисунке 1 приведены примеры экранных форм среды/прототипа приложения, а именно: (1) основной экран с введенными внешними проявлениями неисправности (исходные данные) и результатами поиска причин неисправности на основе логических правил (согласно документации) в форме возможных причин и перечня мероприятий; (2) встроенный редактор таблиц решений; (3) цепочка выполнения мероприятий (операций).

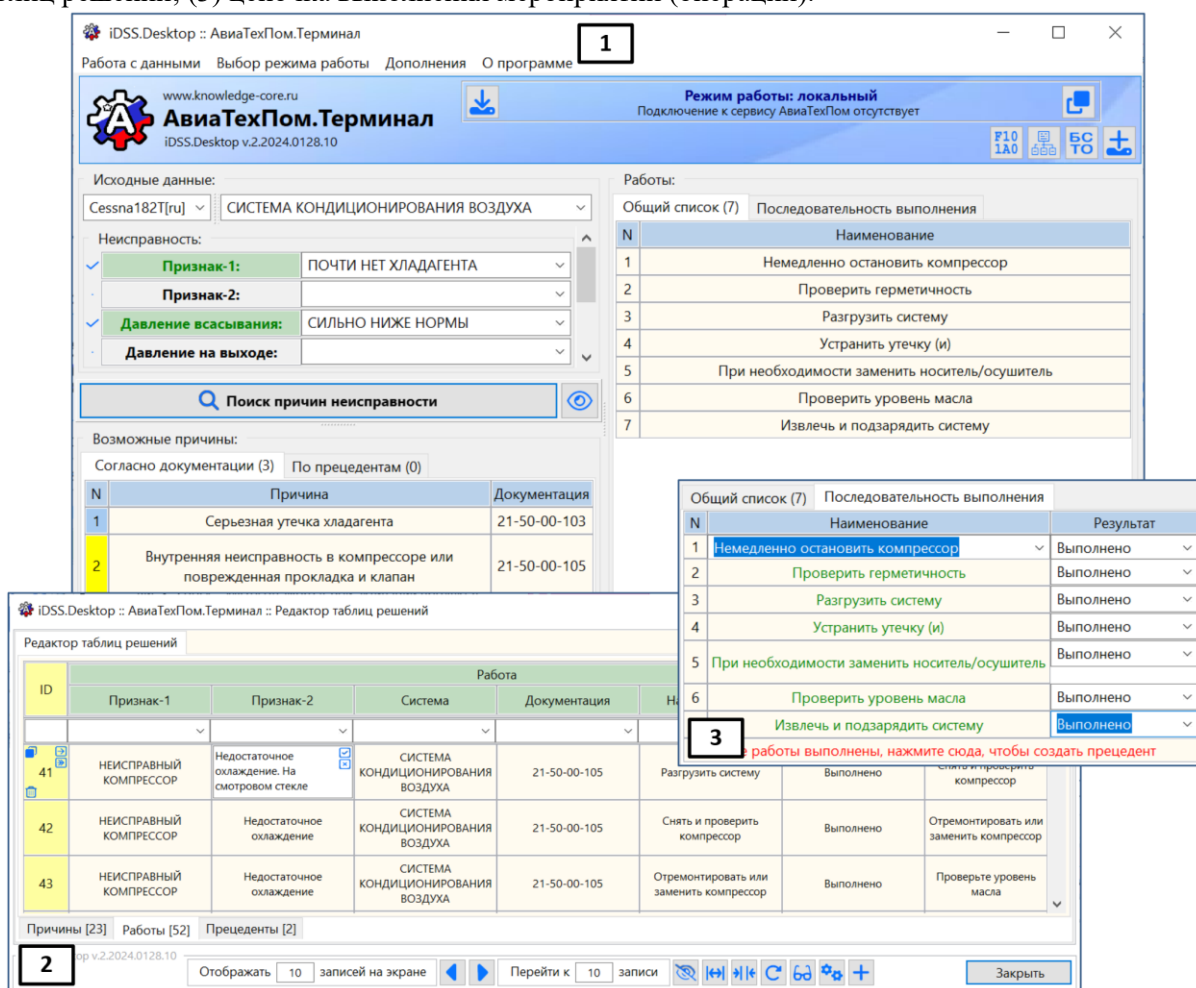


Рисунок 1: Экранные формы среды/прототипа приложения

4. Заключение

В работе рассматривается проблемно-ориентированная инструментальная среда iDSS.Desktop типа «оболочка», предназначенная для построения настольных интеллектуальных диагностических систем поддержки принятия решений. Среда поддерживает принципы EUD, реализуемые через интерпретацию таблиц решений и генерацию элементов интерфейса пользователя. Для редактирования таблиц решений могут быть использованы как табличные редакторы, в частности, Microsoft Excel и LibreOffice Calc, а

также авторский инструментарий: PKBD, KMS и встроенный редактор. Для поиска решений используются механизмы логического вывода на основе продукций и прецедентов. Приведен один из примеров апробации в рамках проекта разработка программы «АвиаТехПом» [22], в рамках которого программа показала свою перспективность.

5. 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, модельно-управляемого подхода и машинного обучения» (№ гос. регистрации: 121030500071-2).

6. Список литературы

- [1] B.R. Barricelli, F. Cassano, D. Fogli, A. Piccinno, End-user development, end-user programming and end-user software engineering: A systematic mapping study, *Journal of Systems and Software* 149 (2019) 101–137.
- [2] E. Coronado, F. Mastrogiovanni, B. Indurkha, G. Venture, Visual Programming Environments for End-User Development of Intelligent and Social Robots, a Systematic Review, *Journal of Computer Languages* 58 (2020) 100970.
- [3] И.В. Бычков, А.Г. Феоктистов, С.А. Горский, Р.О. Костромин, Р.К. Федоров, Автоматизация интеграции сервисов веб-обработки данных экологического мониторинга с распределенными научными приложениями, *Автометрия* 58(4) (2022) 67–75.
- [4] О.А. Николайчук, А.И. Павлов, Сервис автоматизации создания интеллектуальных систем на платформе Яндекс.Облако, *Материалы VI Международного семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2024)*, Иркутск, 2024, 153–159.
- [5] В.В. Голенков, Н.А. Гулякина, Проект открытой семантической технологии компонентного проектирования интеллектуальных систем. Часть 1: принципы создания, *Онтология проектирования* 1 (2014) 42–64.
- [6] А.Ф. Берман, Н.О. Дородных, О.А. Николайчук, А.Ю. Юрин, Технология создания основанных на знаниях систем для исследования динамики состояния технических объектов, *Вычислительные технологии* 28(4) (2023) 94–108.
- [7] А.А. Коробко, А.В. Коробко, Оригинальный подход к построению модельно-ориентированной системы консолидации данных, *Информатизация и связь* 4 (2017) 232–238.
- [8] B. Ruiz-Mezcua, A. Garcia-Crespo, J. Lopez-Cuadrado, I. Gonzalez-Carrasco, An expert system development tool for non AI experts, *Expert Systems with Applications* 38 (2011) 597–609.
- [9] Yu.A. Zagorulko, Development of a method for automatic extraction of ontology entity names from natural language texts, *Mechanics and Technology* 3(85) (2024) 486–494.
- [10] A.O. Shigarov, A.Yu. Yurin, N.O. Dorodnykh, Semi-Automated Formalization and Representation of the Engineering Knowledge Extracted From Spreadsheet Data, *IEEE Access* 9 (2021) 157468–157481.
- [11] М.А. Грищенко, Н.О. Дородных, О.А. Николайчук, А.Ю. Юрин, Применение модельно-управляемого подхода для создания производственных экспертных систем и баз знаний, *Искусственный интеллект и принятие решений* 2 (2016) 16–29.
- [12] А.Ю. Юрин, Н.О. Дородных, iDSS.Desktop, Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, М, Рег. № 2022617130 от 19.04.22.
- [13] А.А.Башлыков, А.П. Еремеев, Основы конструирования интеллектуальных систем поддержки принятия решений в атомной энергетике, М.: Инфра-М, 2018.
- [14] А.П. Еремеев, Н.В. Чибизова Инструментальный программный комплекс СИМПР-2015 и его применение при обучении студентов по направлению «Прикладная математика и

- информатика», Труды Международной научно-практической конференции ИНФОРИНО-2016, 125–130.
- [15] В.А. Игошин, М.В. Игошин Инструментальные средства создания баз знаний, экспертных систем и интеллектуальных систем поддержки принятия решений, В сборнике: Искусственный интеллект в решении актуальных социальных и экономических проблем XXI века, 2018, 291–293.
 - [16] A.Yu. Yurin, O.A. Nikolaychuk, N.O. Dorodnykh, A.B. Stolbov, D.A. Denisova, Using an Intelligent Assistant for Aircraft Diagnostics and Maintenance, Lecture Notes in Networks and Systems 776 (2023) 325–333.
 - [17] А.П. Еремеев, Развитие аппарата таблиц решений в контексте создания гибридных интеллектуальных систем, Гибридные и синергетические интеллектуальные системы. Материалы III Всероссийской Пospelовской конференции с международным участием, 2016, 121–132.
 - [18] G.J. Nalepa, K. Kluza, UML representation for rule-based application models with XTT2-based business rules, International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering 22(4) (2012) 485–524.
 - [19] А.Ю. Юрин, Применение трансформаций таблиц решений при создании интеллектуального программного модуля «Детектор» для веб-приложений, Программные продукты и системы 4 (2020) 573–581.
 - [20] A.Yu. Yurin, N.O. Dorodnykh, Personal knowledge base designer: Software for expert systems prototyping, SoftwareX 11 (2020) 100411.
 - [21] Н.О. Дородных, О.А. Николайчук, А.Ю. Юрин, Система визуального моделирования знаний Knowledge Modeling System, Материалы VI Международного семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2024), Иркутск, 2024, 97–102.
 - [22] Ю.В. Котлов, А.Ю. Юрин, АвиаТехПом: Состояние и перспективы, Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык 1 (2024) 146–156.
 - [23] AirComm Corporation Cessna 182T Maintenance Manual. URL: <https://www.usermanuals.tech/d/aircomm-corporation-cessna-182t-t182t-maintenance-manual>.
 - [24] Cessna 182 ServiceManual. URL: https://www.live2fly.ru/_files/ugd/74aa7b_a4e02584e5704be39c4bc60ca0effda6.pdf.