

УДК 519.81

<https://www.doi.org/10.47813/rosnio.4.2025.1002>

EDN [SFEAHJ](#)

Методы агрегации нечетких оценок и анализа многоагентными системами больших объемов информации

А.О. Жуков¹, И.Н. Карцан^{1*}, А.В. Неруш², Е.В. Окунев¹

¹Экспертно-аналитический центр, ул. Талалихина, 33/4, Москва, 109316, Россия

²Севастопольский государственный университет, ул. Университетская, 33,
Севастополь, 299053, Россия

*E-mail: kartsan2003@mail.ru

Аннотация. В настоящей работе рассмотрены вопросы разработки методологических основ построения систем мониторинга и поддержки принятия решений для управления научно-прикладными исследованиями и космическими экспериментами. Представлены различные подходы к интеграции математических моделей в информационные системы, направленные на анализ сложных задач со множеством критериев. Уделено особое внимание обработке качественной, количественной и нечеткой информации об экспертной оценке в различных форматах, рассмотрена возможность минимизации потерь данных при анализе иерархически организованных структур. Разработаны новые методы агрегации нечетких оценок и анализа многоагентными системами больших объемов информации. В рамках исследования на подготовительном этапе выполнена верификация исходных данных, проведены вычислительные эксперименты, показавшие эффективность предложенных подходов. Результатом стало создание модели планирования научно-прикладных исследований, применение которой продемонстрировало возможность повышения точности и скорости анализа при формировании программ космических экспериментов. Полученные результаты могут быть использованы при разработке интеллектуальных систем управления проектами в высокотехнологичных отраслях. Перспективным направлением применения является создание инструментов оценки эффективности, мониторинга состояния и управления ресурсами при планировании экспериментов в рамках реализации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Ключевые слова: множества предпочтений, искусственный интеллект, иерархия, модель принятия решений, космическая станция.

Methods of aggregation of fuzzy estimations and analysis by multi-agent systems of large volumes of information

A.O. Zhukov¹, I.N. Kartsan^{1*}, A.V. Nerush², E.V. Okunev¹

¹Analytical Center, 33/4 Talalikhina st., Moscow, 109316, Russia

²Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st., Sevastopol, 299053, Russia

*E-mail: kartsan2003@mail.ru

Abstract. In this work, issues related to the development of methodological foundations for building monitoring and decision support systems for managing applied scientific research and space experiments are considered. Various approaches to the integration of mathematical models into information systems aimed at analyzing complex multi-criteria tasks are presented. Particular attention is given to the processing of qualitative, quantitative, and fuzzy expert evaluation data in different formats. The possibility of minimizing information loss during the analysis of hierarchically organized structures is examined. New methods for aggregating fuzzy evaluations and analyzing large data volumes using multi-agent systems have been developed. At the initial stage of the study, source data were verified and computational experiments were conducted, demonstrating the effectiveness of the proposed approaches. As a result, a model for planning applied scientific research was developed. Its application has shown the potential to improve the accuracy and speed of analysis when forming space experiment programs. The obtained results can be used in the development of intelligent project management systems in high-tech industries. A promising direction for application is the creation of tools for efficiency assessment, state monitoring, and resource management in experimental planning within the framework of research and development projects.

Keywords: preference sets, artificial intelligence, hierarchy, decision-making model, space station.

1. Введение

Современные научные исследования, особенно в высокотехнологичных отраслях, таких как космическая деятельность, требуют комплексного подхода к организации, планированию и мониторингу процессов [1-3]. В условиях ограниченных ресурсов и высокой стоимости экспериментов особую актуальность приобретает необходимость системной поддержки принятия решений. Прозрачность, воспроизводимость и эффективность научных программ во многом определяются тем, насколько хорошо налажен процесс их формирования и последующего мониторинга [2, 4]. В последние годы всё чаще используются цифровые инструменты и алгоритмические методы, позволяющие автоматизировать отдельные этапы жизненного цикла научных исследований [5-7].

Управление космическим аппаратом в реальном времени требует принятия решений в условиях ограниченного времени и неопределённости. Для этого используются системы автоматического управления, которые обрабатывают данные с различных датчиков и принимают решения по корректировке траектории, ориентации и других параметров аппарата. Внедрение технологий искусственного интеллекта позволяет создавать более адаптивные и интеллектуальные системы управления, способные самостоятельно адаптироваться к изменяющимся условиям и принимать оптимальные решения в нестандартных ситуациях. Например, при возникновении нештатной ситуации, система может автоматически перейти в аварийный режим и принять меры по обеспечению безопасности аппарата [8, 9].

Все перечисленные задачи характеризуются высокой степенью неопределённости. Это связано с множеством факторов, которые трудно или невозможно точно предсказать, таких как погодные условия, отказы оборудования, изменения требований заказчика. Для учёта неопределённости применяются методы теории вероятностей, стохастического моделирования и нечёткой логики [10-13]. Нечёткая логика позволяет моделировать знания и суждения экспертов, которые часто выражаются в нечёткой форме. Комбинация методов позволяет создавать более реалистичные модели и принимать более обоснованные решения.

2. Постановка задачи

Целью настоящего исследования является формирование методологических и инструментальных основ построения системы поддержки планирования и мониторинга научно-прикладных исследований, в том числе космических экспериментов. Подобная

система должна учитывать разнообразные ограничения: технические, ресурсные, организационные и экспертные.

В рамках поставленной цели были определены следующие задачи:

1. Проведение анализа существующих моделей планирования научной деятельности;
2. Разработка концептуальной модели планирования научно-прикладных исследований;
3. Формализация ограничений, характерных для космических программ;
4. Проведение вычислительного эксперимента по ранжированию тем космических исследований;
5. Разработка подходов к интеграции экспертных оценок в систему поддержки принятия решений.

3. Методология исследования

Методологической основой исследования послужил системный подход, ориентированный на моделирование процессов научной деятельности с позиций их цифровизации и алгоритмизации. Анализ проведен с учетом теоретических основ управления проектами, методов обработки экспертной информации и современных алгоритмов оптимизации.

Сбор и структурирование информации выполнялись с использованием открытых источников и специализированных репозиторий, в которых представлены данные о космических экспериментах, ограничениях на ресурсы, доступных мощностях и предпочтениях ключевых участников. Разработанная модель базируется на мультиагентном подходе, позволяющем учитывать различные точки зрения и типы экспертных суждений.

Проведено тестирование моделей на выборке из реальных и гипотетических тем экспериментов, характерных для программ Международной космической станции. В модели реализован механизм агрегирования экспертных оценок и формирование приоритетного списка тем для включения в программу.

4. Основные результаты

Итогом первого этапа работ стало создание базовой модели планирования научных исследований, в которой реализована возможность формировать оптимальные и сбалансированные планы экспериментов. Разработана система критериев, отражающих

научную значимость и вероятность технической реализации, ресурсные и временные ограничения для конкретного эксперимента.

Модель прошла апробацию на нескольких сценариях планирования и продемонстрировала способность учитывать глубокие взаимосвязи между ресурсами (рисунок 1), требованиями экспериментов и временными ограничениями календарного планирования. Было выявлено, что учет экспертных оценок на ранних этапах позволяет существенно повысить обоснованность сформированного плана.

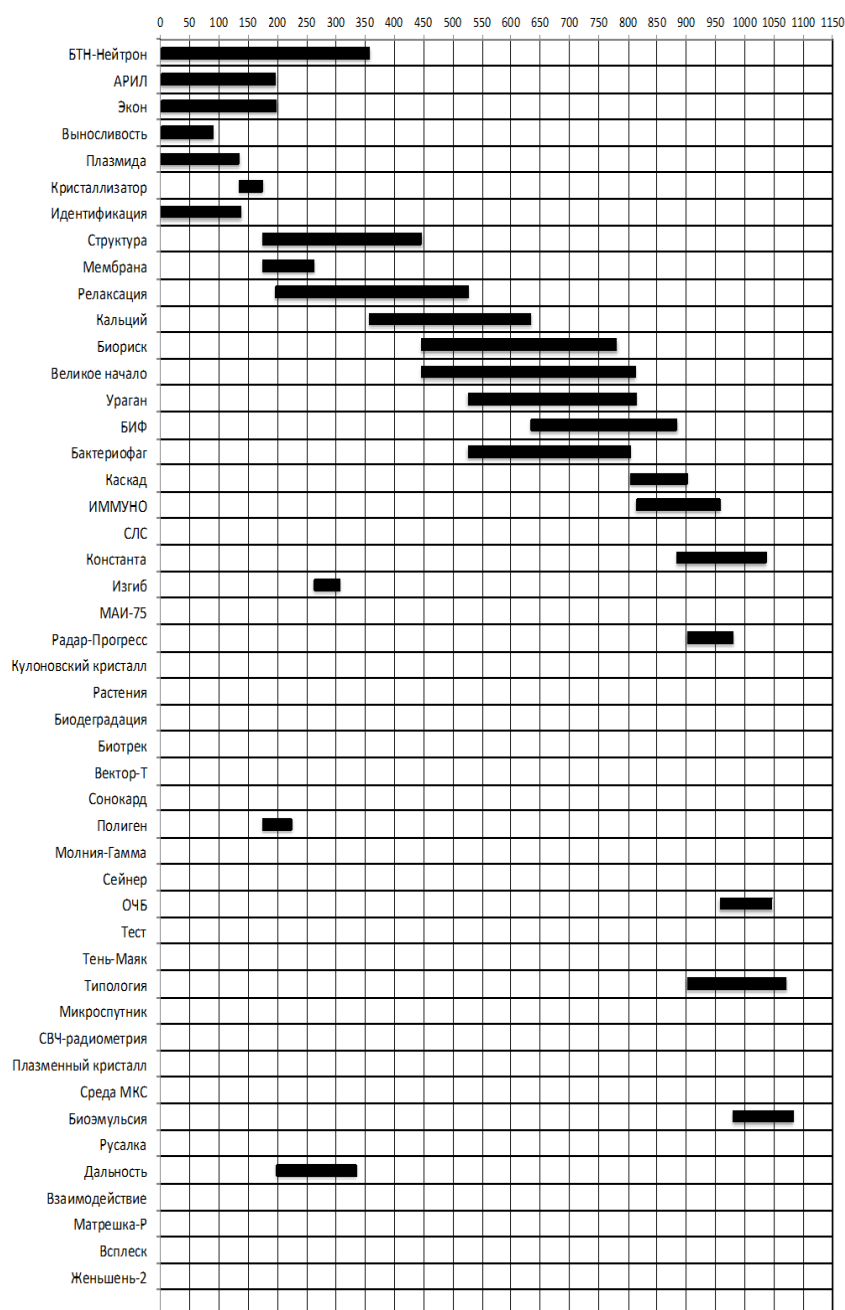


Рисунок 1. Пример начального допустимого плана.

А.О. Жуков, И.Н. Карцан, А.В. Неруш, Е.В. Окунев. Методы агрегации нечетких оценок и анализа многоагентными системами больших объемов информации

Дополнительно разработаны элементы визуализации результатов, что позволяет участникам программ в наглядной форме оценивать степень соответствия предлагаемого плана поставленным целям и выявлять узкие места в планировании. Один из ключевых примеров описанного представления — диаграмма Ганта, отражающая начальный допустимый план реализации экспериментов на российском сегменте МКС, учитывающий ресурсные ограничения и приоритеты, выведенные на основе экспертной оценки.

5. Заключение

Проведенное исследование подтвердило перспективность применения цифровых и алгоритмических методов в задачах планирования научно-прикладных исследований, особенно в условиях высокой степени неопределенности и сложности процессов. Разработанная модель является универсальной и может быть адаптирована под нужды различных исследовательских программ.

Следующим этапом работы станет расширение функционала системы, включение модулей машинного обучения для анализа накопленных данных и прогнозирования результативности экспериментов. Данные направления экспериментов позволят значительно повысить адаптивность системы к изменяющимся внешним условиям и требованиям исследовательской среды.

Благодарности

Статья подготовлена на основе научных исследований, выполненных при финансовой поддержке Минобрнауки России, в рамках государственного задания по теме: Методы и алгоритмы мониторинга программ научно-прикладных исследований и экспериментов с применением искусственного интеллекта 124013000659-7 (FNRN-2024-0001).

Список литературы

1. Бомас, В. В. Поддержка принятия многокритериальных решений по предпочтениям пользователя СППР DSS/UTES / В. В. Бомас, В. А. Судаков, К. А. Афонин. – Москва: Изд-во МАИ, 2006. – 170 с.
2. Кофман, А. Методы и модели исследования операций. Целочисленное программирование / А. Кофман, А. Анри-Лабурдер. – Москва: Мир. 1977. – 432 с.
3. Назаренко, М. А. Метод принятия решений при управлении несоответствиями в СМК / М. А. Назаренко, Ю. В. Круглова // Компетентность. – 2024. – № 4. – С. 62-64.

4. Мизаев, М. М. Модели принятия решений / М. М. Мизаев, Т. Р. Магомаев // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – № 86-4. – С. 138-140.
5. Коренная, К. А. Модели управления промышленными предприятиями в условиях нестабильности внешней среды и необходимости технологического перевооружения / К. А. Коренная, А. В. Голлай, О. В. Логиновский // Проблемы управления. – 2021. – №4. – С. 40-49.
6. Гришко, А. К. Многокритериальное принятие проектных решений в условиях частичной неопределенности // Труды международного симпозиума "Надежность и качество". – 2021. – Т. 1. – С. 51-53.
7. Демидова, Е. А. Трансформация модели принятия экономических решений / Демидова Е.А. // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 10-2(112). – С. 140-142.
8. Серенков, В. И. Метод синтеза амплитудно-фазового распределения гибридно-зеркальной антенны / В. И. Серенков, И. Н. Карцан, Д. Д. Дмитриев // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. – 2015. – Т. 16. № 3. – С. 664-669.
9. Васильев, В. С. Модель выбора способа монетизации для игровой индустрии / В. С. Васильев // Научные труды Вольного экономического общества России. – 2020. – Т. 224. № 4. – С. 554-569.
10. Овчинников, В. В. Многокритериальная модель принятия решений по рациональному отбору робототехнических средств / В. В. Овчинников, С. Г. Мингалеев, В. В. Кожемякин // Технологии гражданской безопасности. – 2020. – Т. 17. № 1(63). – С. 41-47.
11. Жукова, Е. С. Особенности защиты от побочных электромагнитных излучений / Е. С. Жукова, И. Н. Карцан, С. В. Ефремова // Решетневские чтения. – 2010. – Т. 2. – С. 550.
12. Файзрахманова, Е. В. Исследование моделей теории принятия управленческих решений и определение их сущности в деятельности торговой организации / Е. В. Файзрахманова, А. О. Безматерных // Экономика и предпринимательство. – 2020. – № 3(116). – С. 868-871.
13. Палкина, Е. С. Модель принятия решений по обновлению вагонного парка транспортной организации / Е. С. Палкина // Транспортные системы и технологии. – 2020. – Т. 6. № 3. – С. 76-87.