

УДК 004.89

ОСНОВЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ РЕСУРСАМИ В СЛОЖНЫХ СИСТЕМАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Ризванов Д.А., Юсупова Н.И.

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», Уфа,
e-mail: ridmi@mail.ru, yussupova@ugatu.ac.ru

Поддержка принятия управленческих решений в сложных системах, функционирующих в условиях неопределенности и ресурсных ограничений, предназначена для повышения эффективности управленческой деятельности и качества принимаемых решений, которые зависят от используемых для поддержки решений технологий, методов и качества данных и знаний. В настоящей статье рассматриваются вопросы разработки методологических основ информационной поддержки принятия решений при управлении ресурсами в сложных системах с применением интеллектуальных технологий. При разработке методологии используются системное моделирование и основные принципы системного подхода. Разработанные методологические основы построения СППР базируются на использовании набора принципов и методов и применении интеллектуальных технологий. Отличительной особенностью предлагаемой методологии является интеграция многоагентных технологий и онтологических моделей, что позволяет учитывать слабо формализуемую информацию о предметной области.

Ключевые слова: информационная поддержка принятия решений, сложные системы, управление ресурсами

BASIS OF A DECISION SUPPORT IN THE MANAGEMENT OF RESOURCES IN COMPLEX SYSTEMS WITH USING INTELLIGENT TECHNOLOGIES

Rizvanov D.A., Yusupova N.I.

Ufa State Aviation Technical University, Ufa, e-mail: ridmi@mail.ru, yussupova@ugatu.ac.ru

Decision-making support in management of complex systems, which operating in conditions of uncertainty and resource constraints, is designed to improve management efficiency and the quality of decisions, which depend on the use of decision support technologies, methods and data and knowledge quality. This article reviews the development of the methodology for information decision-making support in the management of resources of complex systems with using intelligent technologies. The system modeling and the basic principles of the system approach are used in the development of the methodology. The methodological basis for building decision support system is based on a set of principles and methods, and the use of intelligent technologies. A distinctive feature of the proposed methodology is the integration of multi-agent technology and ontological models that takes into account the weak formalized information about the subject area.

Keywords: information decision-making support, complex systems, resource management

Множество факторов, которые необходимо учитывать при управлении ресурсами сложной системы, оказывают значительное влияние на процесс управления, качество принимаемых решений и результаты. В таких условиях лицо, принимающее решения, нуждается в своевременном получении актуальной и релевантной информации, то есть в поддержке принятия решений. Основная сложность процесса поддержки заключается в том, что требуется учитывать динамично изменяющуюся внешнюю среду, многообразие имеющихся ресурсов, а также специфические особенности предметной области, которые зачастую являются слабо формализуемыми. В большинстве случаев задача управления ресурсами сводится к выбору среди альтернатив, которые формируются как математическое решение оптимизационной задачи. На практике существуют ситуации, когда решить такие задачи известными

математическими методами не представляется возможным в силу того, что ряд ограничений формулируется только на вербальном уровне и трудно поддается математической формализации.

Анализ основных исследований [1–6, 8, 12, 18, 19] в области управления распределением ресурсов в сложных системах показал, что большинство разработанных методов основаны на формализации предметной области, работают в основном с числовыми данными и не учитывают слабо формализуемую информацию об особенностях предметной области, а также индивидуальные особенности, присущие ресурсам одного вида.

Данная статья посвящена основам поддержки принятия решений при управлении ресурсами сложных систем с применением интеллектуальных технологий в условиях динамично изменяющейся внешней среды и семантических ограничений.

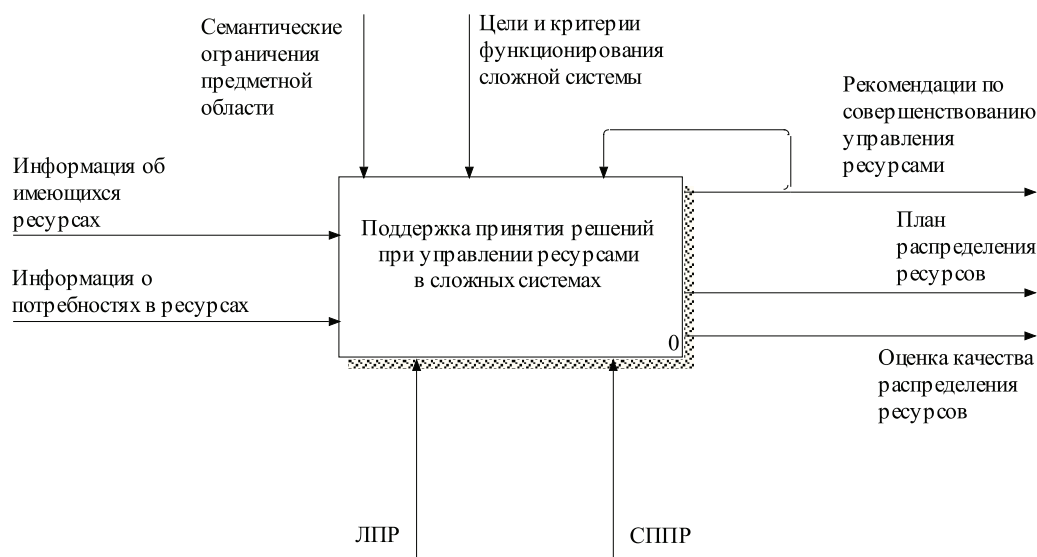


Рис. 1. Функциональная модель поддержки принятия решений при управлении ресурсами в сложных системах

Системный подход и системное моделирование процесса управления ресурсами сложных систем

Для исследования систем управления сложными системами существуют различные подходы: кибернетический, информационный, синергетический и ряд других. В данной статье при разработке основ поддержки принятия решений при управлении ресурсами в сложных системах в качестве базового принят системный подход.

Системный подход позволяет исследовать любой объект как систему, в которой выделены элементы, внутренние и внешние связи, а цели каждого элемента определены исходя из цели всей системы [5, 9].

При использовании системного подхода в сложной системе любого назначения и любой природы выделяются отдельные элементы и подсистемы, которые являются обособленными, но взаимосвязаны и взаимодействуют. При этом, несмотря на то, что элементы являются обособленными, изменение одного элемента ведет к изменению в других элементах и подсистемах. С учетом этого функционирование любой системы необходимо изучать в динамике. Это дает возможность более адекватно описывать изучаемую сложную систему и процессы, происходящие в ней, а также позволяет планировать и прогнозировать развитие самой системы.

Существуют различные формальные методы системного подхода, используемые для анализа сложных систем. Для реше-

ния задач моделирования сложных систем разработаны проверенные и хорошо зарекомендовавшие себя как методологии, так и стандарты. К таким стандартам относятся методология моделирования IDEF (Integration Definition Metodology) [10, 11], позволяющая исследовать структуру, параметры и характеристики производственно-технических и организационно-экономических систем. Для системного моделирования процесса поддержки принятия решений при управлении ресурсами сложных систем выбрана методология IDEF0, позволяющая наиболее полно в достаточно удобной и наглядной графической форме представить систему с точки зрения совокупности функциональных блоков и элементов, описать входы и выходы этой системы, а также управляющие элементы. Стрелки на этой диаграмме отображают связи объекта моделирования с окружающей средой.

Рассмотрим далее функциональную модель поддержки принятия решений при управлении ресурсами сложных систем с использованием методологии IDEF0. Для этого на первом этапе формальную постановку задачи поддержки принятия решений при управлении ресурсами в сложных системах представим в графической нотации IDEF0 в виде контекстной диаграммы верхнего уровня функциональной модели. Результат построения представлен на рис. 1.

В данной диаграмме входными данными являются информация об имеющихся ресурсах и информация о потребностях в ресурсах. Выходные данные – это план

распределения ресурсов, оценка качества распределения ресурсов и рекомендации по совершенствованию управления ресурсами. Управляющие воздействия и ограничения представлены в виде семантических ограничений предметной области, целей и критериев функционирования сложной системы и рекомендаций по совершенствованию управления ресурсами. Механизмы и ресурсы, обеспечивающие основной процесс поддержки принятия решений при управлении ресурсами в сложных системах, отражены на диаграмме в виде лица, принимающего решение (ЛПР), и системы поддержки принятия решений (СППР).

функционирования сложной системы, а также имеющихся ограничений предметной области.

Следующим этапом является декомпозиция контекстной диаграммы верхнего уровня с целью определения основных этапов решения задачи. Результат представлен в виде диаграммы декомпозиции на рис. 2.

На первом этапе происходит анализ объекта управления – сложной системы – и формализация технологических ограничений и параметров. Анализ проводится с учетом семантических ограничений предметной области, а также сформулированных целей и критериев функционирования

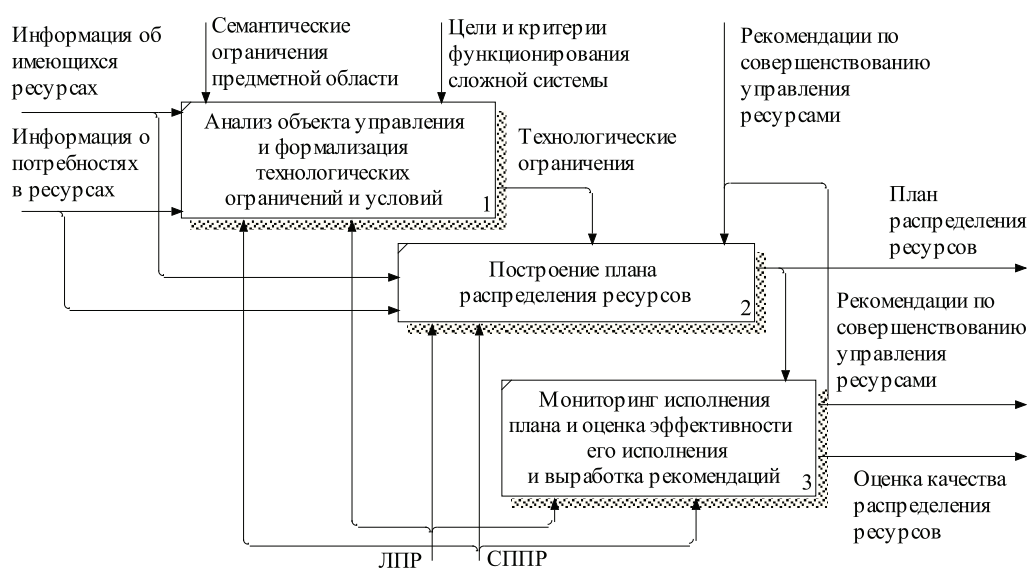


Рис. 2. Структура решения задачи поддержки принятия решений при управлении ресурсами в сложных системах

На основании исходных данных об имеющихся ресурсах и информации о потребностях в ресурсах требуется получить план распределения ресурсов и оценку качества такого распределения. Кроме этого должна быть предусмотрена возможность выдачи рекомендаций по совершенствованию процесса управления ресурсами в системе. На процесс управления ресурсами и, в конечном итоге, на формируемый план распределения ресурсов оказывают влияние технологические и семантические ограничения предметной области, а также цели и критерии функционирования сложной системы. Формируемые рекомендации по совершенствованию процесса управления вносят весомый вклад в процесс подготовки управленческих решений и должны способствовать получению более качественного плана распределения ресурсов с учетом целей и критериев

сложной системы. Результатом такого анализа является формализованное описание технологических ограничений предметной области.

Далее на втором этапе информация об имеющихся ресурсах и потребностях в ресурсах используется непосредственно для построения плана распределения ресурсов. При этом на процесс построения плана распределения ресурсов оказывают влияние формализованные технологические ограничения. Построенный таким образом план распределения ресурсов используется для поддержки принятия решений и принимается к исполнению.

На третьем этапе проводится мониторинг исполнения этого плана, оценка эффективности его исполнения, а также выдаются рекомендации по совершенствованию процесса управления ресурсами сложной системы. Эти рекомендации, сформули-

рованные на основе накопленного опыта и знаний, связанных с особенностями исполнения планов и не заложенных изначально в ограничения предметной области, в дальнейшем могут использоваться при построении новых планов распределения ресурсов. Таким образом, реализованная обратная связь в виде выдачи таких рекомендаций, учитываемых при построении последующих планов распределения ресурсов, ведет к постоянному совершенствованию процесса распределения ресурсов. Результатом такого мониторинга является оценка качества распределения ресурсов.

Предложенная формализация задачи позволяет определиться с выбором методов и моделей для каждого этапа предлагаемой методологии.

Основы поддержки принятия решений при управлении ресурсами сложных систем в условиях динамично изменяющейся внешней среды и семантических ограничений

В настоящее время накоплен достаточно богатый арсенал моделей, методов и подходов для решения задач управления сложными системами. В данной статье для управления ресурсами в сложных системах в условиях динамично изменяющейся внешней среды и семантических ограничений предметной области предлагается использовать следующий набор принципов и методов, которые в совокупности составляют методологические основы данного исследования.

Методология управления ресурсами сложных систем в условиях динамично изменяющейся внешней среды и семантических ограничений представляет собой совокупность определенных подходов, методов и принципов, последовательность выполнения которых задается определенными этапами [14–17].

1. Анализ ОУ, выявление ресурсов (поставщиков ресурсов) и потребителей ресурсов (системный подход; принцип конечной цели; принцип единства; принцип связанности).

2. Определение (формализация) технологических ограничений предметной области и целей поставщиков и потребителей ресурсов (системный подход; теория игр; принцип измерения; принцип связанности).

3. Разработка информационного обеспечения (методы инженерии знаний; онтологический подход; принцип развития).

4. Разработка алгоритмического обеспечения (многоагентный подход; самоорганизационный подход; принцип неопределенности; принцип функциональности;

принцип децентрализации; принцип модульного построения; принцип эквивалентности; принцип развития).

5. Программная реализация прототипа СППР для управления ресурсами в сложных системах (многоагентный подход; агентно-ориентированная технология программирования; принцип развития; принцип модульного построения).

6. Построение плана распределения ресурсов (многоагентный подход; методы планирования в ИИ; принцип эквивалентности; принцип конечной цели).

7. Мониторинг исполнения плана и внесение изменений в план в случае непредвиденных обстоятельств (многоагентный подход; принцип неопределенности; принцип развития).

8. Оценка качества плана и эффективности его исполнения, выработка рекомендаций по совершенствованию процесса управления (многоагентный подход; принцип измерения; принцип конечной цели).

Предлагаемая методология легла в основу разработки моделей и методов [17], алгоритмического [13], математического и программного обеспечений [15, 16] информационной поддержки принятия решений при управлении сложными системами в условиях неопределенности и ресурсных ограничений.

Разработанные методологические основы нашли отражение при разработке прототипов СППР для управления ресурсами сложных систем в различных предметных областях (управление ресурсами при оказании медицинских услуг, календарном планировании производства, в условиях чрезвычайных ситуаций) [15, 16, 20].

Заключение

Разработанная функциональная модель процесса поддержки принятия решений при управлении ресурсами в сложных системах с использованием известной методологии системного моделирования IDEF0 позволила получить формальную постановку задачи поддержки принятия решений при управлении ресурсами сложных систем. В результате дальнейшей декомпозиции контекстной диаграммы верхнего уровня получены диаграммы, которые отражают основные этапы решения поставленной задачи и взаимосвязь этих этапов. Функциональные типы связи «выход – управление» отражены в виде стрелок, моделирующих формальные связи между отдельными этапами.

Обратная связь типа «выход – управление» отражает возможность выдачи рекомендаций по совершенствованию процесса

управления и вносит весомый вклад в процесс подготовки управленческих решений, что позволяет получить план распределения ресурсов с учетом целей и критериев функционирования сложной системы, а также имеющих ограничений предметной области.

Предложенные основы построения СППР для управления ресурсами сложных систем в условиях динамично изменяющейся внешней среды и семантических ограничений основаны на сформулированных принципах разработки систем поддержки принятия решений при управлении ресурсами в сложных системах с учетом требований к математическому, алгоритмическому, информационному, методическому и программному видам обеспечений.

Существенным фактом является применение интеллектуальных технологий. Основное отличие предлагаемого подхода от известных заключается в интеграции многоагентных технологий и онтологических моделей, что позволяет формулировать задачи в новой постановке, учитывать слабо формализуемую информацию, строить модели, которые точнее отражают свойства реальных объектов, и повысить качество принимаемых решений на основе использования технологий распределенного искусственного интеллекта.

Исследование частично поддержано грантами РФФИ 14-07-00811-а, 15-07-01565-а.

Список литературы

1. Акофф Р. Планирование в больших экономических системах / Р. Акофф. – М.: Мир, 1972. – 228 с.
2. Берталанфи фон Л. Общая теория систем: критический обзор / Л. Берталанфи // Исследования по общей теории систем. – М.: Прогресс, 1969.
3. Бир С. Мозг фирмы / С. Бир. – М.: Радио и связь, 1994.
4. Беллман Р. Прикладные задачи динамического программирования / Р. Беллман, С. Дрейфус. – М.: Наука, 1965. – 460 с.
5. Вдовин В.М. Теория систем и системный анализ / В.М. Вдовин, Л.Е. Суркова, В.А. Валентинов. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2010.
6. Виттих В.А. Принятие решений на основе консенсуса с применением мультиагентных технологий / В.А. Виттих, Т.В. Моисеева, П.О. Скобелев // Онтология проектирования. – 2013. – № 2(8). – С. 20–25.
7. Городецкий В.И. Самоорганизация и многоагентные системы. Модели многоагентной самоорганизации / В.И. Городецкий // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2012. – № 2. – С. 92–120.
8. Гранберг А.Г. Моделирование социалистической экономики / А.Г. Гранберг. – М.: Экономика, 1988. – 488 с.
9. Гришанов Г.М. Исследование систем управления: учебное пособие / Г.М. Гришанов, Павлов О.В. – Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т, 2005. – 128 с.
10. Дэвид А. Марка, Клемент Л. МакГоуэн. Методология структурного анализа и проектирования SADT. – М., 1993.
11. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования: Р 50.1.028.-2001. – [Дата введения 2002-07-01]. – М.: Госстандарт России, 2001. – IV, 49 с. – (Рекомендации по стандартизации).
12. Полтерович В.М. Теория оптимального распределения ресурсов Л.В. Канторовича в истории экономической мысли / В.М. Полтерович // Журнал Новой экономической ассоциации. – 2012. – № 1 (13). – С. 176–180.
13. Ризванов Д.А. Алгоритмы управления ресурсами в сложных системах с применением многоагентных технологий // Вестник УГАТУ. – 2013. – Т. 17, № 5 (58). – С. 117–123.
14. Ризванов Д.А. Методологические основы поддержки принятия решений при управлении ресурсами в сложных системах в условиях динамично изменяющейся внешней среды // Мат-лы XXI Байкальской Всеросс. конф. «Информационные и математические технологии в науке и управлении». – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2016. – С. 92–101.
15. Ризванов Д.А., Юсупова Н.И. Интеллектуальная поддержка принятия решений при управлении ресурсами сложных систем на основе многоагентного подхода // Онтология проектирования. – 2015. – № 3 (17). – С. 297–312.
16. Ризванов Д.А., Юсупова Н.И. Математическое и программное обеспечение для информационной поддержки принятия решений при управлении ресурсами сложных систем // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 10-2. – С. 294–298.
17. Ризванов Д.А., Юсупова Н.И. Модели и методы поддержки принятия решений при управлении сложными системами в условиях неопределенности и ресурсных ограничений // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2. URL: www.science-education.ru/122-21194 (дата обращения: 07.12.2015).
18. Скобелев П.О. Интеллектуальные системы управления ресурсами в реальном времени: принципы разработки, опыт промышленных внедрений и перспективы развития // Приложение к журналу «Информационные технологии». – 2013. – № 1. – С. 1–32.
19. Таха Х.А. Введение в исследование операций / Х.А. Таха. – М.: Вильямс, 2005. – 912 с.
20. Aygul Gabdulkhakova, Birgitta König-Ries, Dmitry Rizvanov. Rational Resource Allocation in Mass Casualty Incidents – Adaptivity and Efficiency. Proceedings of the 9th International ISCRAM Conference – Vancouver, Canada, April 2012.