

УДК 338.46

DOI: 10.18324/2224-1833-2023-36-42

## Информационные технологии поддержки принятия управленческих решений

М.Ю. Иванов<sup>1а</sup>, В.В. Надршин<sup>2b</sup>, М.А. Полячкова<sup>1с</sup>, А.В. Дербенёва<sup>1d</sup>

<sup>1</sup> Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, Братск, Россия

<sup>2</sup> Иркутский национальный исследовательский технический университет, ул. Лермонтова, 83, Иркутск, Россия

<sup>а</sup> nis@brstu.ru, <sup>б</sup> nadrshin@istu.edu, <sup>с</sup> mpolyachkova@mail.ru, <sup>д</sup> anjelika.derbenyova@mail.ru

Статья поступила 09.01.2023, принята 17.03.2023

*В настоящее время использование знаний является непременным условием деятельности любой современной компании. Базы знаний и соответствующие инструменты их функционирования обеспечивают конкурентное преимущество предприятия, повышая качество обслуживания и лояльность клиентов. В работе приведены результаты исследований по организации баз знаний и информационных технологий, направленных на поддержку принятия управленческих решений. Рассмотрены такие разновидности представления и обработки знаний, как логические и производственные методы, фреймовые модели, семантические и нейронные сети. Показана возможность описания структуры базы знаний на основе производственно-фреймовых моделей (фреймов и правил-произведений) и формирования фактов, полученных в результате обратного логического вывода. С помощью среды визуального проектирования Borland C++ Builder разработана программа для ЭВМ для формализации человеческих знаний и адекватного их отображения (пошаговое выполнение правил в зависимости от существующих фактов и доказательства условий, и формирование заключения). Приложение может применяться в сфере управления недвижимостью для автоматизированного поиска жилья, сдающегося в аренду.*

**Ключевые слова:** базы знаний, фреймы, правила-произведения, факты, программное обеспечение, управление недвижимостью.

## Information Technology of Management Decision Support

M.Yu. Ivanov<sup>1а</sup>, V.V. Nadrshin<sup>2b</sup>, M.A. Polyachkova<sup>1с</sup>, A.V. Derbeneva<sup>1d</sup>

<sup>1</sup> Bratsk State University; 40, Makarenko St., Bratsk, Russia

<sup>2</sup> Irkutsk National Research Technical University; 83, Lermontov St., Irkutsk, Russia

<sup>а</sup> nis@brstu.ru, <sup>б</sup> nadrshin@istu.edu, <sup>с</sup> mpolyachkova@mail.ru, <sup>д</sup> anjelika.derbenyova@mail.ru

Received 09.01.2023, accepted 17.03.2023

*At present, the use of knowledge is an indispensable condition for the activity of any advanced company. Knowledge bases and appropriate tools for their functioning provide a competitive advantage for the enterprise, improving the quality of service and customer loyalty. The article presents the results of research on the organization of knowledge bases and information technologies aimed at supporting managerial decision-making. Varieties of knowledge representation and processing such as logical and production methods, frame models, semantic and neural networks are considered. The possibility of describing the structure of the knowledge base on the basis of production-frame models (frames and rules-productions) and the formation of facts obtained as a result of back logical inference is shown. Using the Borland C++ Builder visual design environment, a computer program is developed to formalize human knowledge and adequately display it (step-by-step execution of the rules depending on the existing facts and proof of conditions and the formation of a conclusion). The software can be used in the field of property management for automated search for rental properties*

**Keywords:** knowledge bases, frames, production-rules, facts, software, property management.

**Введение.** Цифровая экономика, характеризующаяся высокой динамичностью, глобализацией всех бизнес-процессов, ориентацией на потребителя, жесткой конкуренцией, непрерывным внедрением инноваций, требует и актуальных методов и средств эффективного управления ор-

ганизацией. Одним из возможных способов решения вышеуказанных задач является накопление и использование знаний, которые, по сути, являются нематериальным активом предприятия. Реализация концепции формирования и функционирования баз знаний, в свою очередь, невозможна

без современных теорий менеджмента и информационных технологий [1–6].

Известно, что знания могут быть представлены в явной (документированной) или в неявной (недокументированной) форме [7]. Несмотря на кажущуюся простоту, документированная форма представления знаний в виде законов, приказов, инструкций, положений предприятия и т. п. мало приспособлена для быстрого извлечения необходимых знаний [8]. Недокументированные знания экспертов вообще труднодоступны для использования другими специалистами при разработке и обосновании конкретных управленческих решений.

Знания также имеют фактуальную или операционную природу. Фактуальные (детализированные) знания — это известные сведения о каких-либо объектах, которые могут храниться в традиционных базах данных. Операционные (обобщенные) знания отражают зависимости и отношения между объектами, позволяющие необходимым образом интерпретировать данные и извлекать из них информацию. Именно операционные знания представлены в виде специально структурированных баз знаний.

Базы знаний являются центральным и особо ценным компонентом систем поддержки принятия управленческих решений и характеризуются крайне высокой стоимостью по сравнению с программным обеспечением, обеспечивающим их функционирование [9].

Информационные технологии автоматизируют и упрощают процесс использования знаний. Кроме того, знания могут запоминаться для последующего применения, реализуя, таким образом, некое подобие модели прецедентов [10].

**Теоретические основы представления и обработки знаний.** Сегодня существует большое разнообразие методов представления и обработки знаний, имеющих свои условия, цели применения, преимущества и недостатки.

Так, *логические методы*, характеризующиеся хорошим математическим обоснованием и являющиеся основой реализации языков программирования искусственного интеллекта (например, *Prolog*) с использованием концепции нечетких множеств и логики предикатов.

*Производные методы*, представляющие возможность создавать базы знаний в привычной для пользователя нотации «ЕСЛИ ..., ТО ...». Данные методы базируются на хорошо обоснованных логических методах доказательства и, в то же время, дают возможность достаточно свободно интерпретировать правила в зависимости от особенно-

стей решаемых задач в сфере экономического анализа, обоснования стратегических управленческих решений, инвестиционного проектирования, планирования, реинжиниринга и мониторинга бизнес-процессов и т. д.

*Семантические сети*, представляющие знания в виде графов как средство описания смысла, заключенного в предложениях естественного языка.

*Фреймовые модели*, удобные для визуализации текстовой информации, описывающей понятия с инкапсуляцией, наследованием свойств и ориентацией на представление иерархических структур знаний.

*Нейронные сети*, предназначенные для извлечения знаний из данных, и дающие возможность наиболее естественным образом описывать нечеткие знания, реализовать процесс обучения на примерах на основе ассоциативного запоминания или воспоминания информации.

На практике в качестве методов представления знаний ввиду менее сложного механизма реализации чаще всего используются производные методы (правила) и фреймовые (объектные) модели или их комбинация [11–13].

Фреймы в базах знаний служат для описания объектов, событий, ситуаций, а также прочих понятий и взаимосвязей между ними (рис. 1) [14–16]. Фрейм — это структура данных, состоящая из слотов-полей (здесь и далее зарезервированные ключевые слова типа *Frame*, *Rule*, *Do*, *End* и т. п. по причине их интуитивной доступности не комментируются).

```

FRAME (<тип фрейма>) = <имя фрейма>
PARENT: <имя фрейма-родителя>
OWNER: <имя фрейма-владельца>
<имя слота 1> (<тип слота>) [<вопрос слота?>]
    {комментарий слота}:
        (<значение 1>; <значение 2>; ...; <значение k>)
<имя слота 2> (<тип слота>) [<вопрос слота?>]
    {комментарий слота}:
        (<значение 1>; <значение 2>; ...; <значение l>)
...
<имя слота n> (<тип слота>) [<вопрос слота?>]
    {комментарий слота}:
        (<значение 1>; <значение 2>; ...; <значение m>)
ENDF
    
```

Рис. 1. Формат внешнего представления фреймов

Фреймы могут иметь различные типы: класс, шаблон и экземпляр. В базах знаний содержатся фреймы-классы и фреймы-шаблоны. Фреймы-экземпляры создаются в базе фактов в процессе работы системы поддержки принятия решений на основании информации, получаемой из фрейма-класса [17].

Среди фреймов-классов выделяется специальный фрейм-класс «Цель», задающий перечень

целей логического вывода, то есть наименований задач, решаемых системой поддержки принятия решений [18].

Имена фреймов и слотов могут быть представлены произвольной последовательностью символов (кириллические или латинские буквы, цифры и т. д.).

Тип слота может быть символьным или численным, последний обязательно описывается зарезервированным словом «численный». Слот без указания типа по умолчанию интерпретируется как символьный.

Символьный слот, как и имена фреймов, также описывается произвольной последовательностью символов и может быть целого или вещественного типа.

Вопросом слота может быть любая последовательность символов, заключенная в квадратные скобки. Вопрос слота используется в процессе диалога для задания системой вопроса пользователю.

Значения слота разделяются символом «;». Слот фрейма-экземпляра имеет одно-единственное значение, слот фрейма-класса и фрейма-шаблона может иметь неограниченное число значений. Если значений слота несколько, то они заключаются в круглые скобки.

Отношения между объектами, событиями, ситуациями и прочими понятиями описываются в базах знаний с помощью правил-продукций. На основе проверки и задания отношений, описываемых в правилах, выполняется обратный логический вывод (решение поставленной задачи), т. е. использование правил, начиная с того, которое приводит к цели (задает значение целевого слота) [19; 20]. В условиях и заключениях правил присутствуют ссылки на фреймы и их слоты (рис. 2).

```

RULE <номер правила>
  <условие 1>
  <условие 2>
  ...
  <условие m>
DO
  <заключение 1>
  <заключение 2>
  ...
  <заключение n>
ENDR
    
```

Рис. 2. Формат внешнего представления правил

Правила нумеруются целыми арабскими числами. Начало и порядок нумерации правил могут быть произвольные, но предпочтительнее нумеровать правила по порядку, начиная с единицы [21].

Значением слота могут быть строка, число или арифметическое выражение, определяемое типом слота. Если в качестве значения слота используется имя фрейма-шаблона, то в процессе логического вывода выполняется одновременное определение значений для всех слотов данного фрейма.

Таким образом, база знаний содержит набор фреймов и правил-продукций и имеет структуру, представленную на рис. 3.

```

TITLE = <название экспертной системы>
COMPANY = <название предприятия>
FRAME = <имя фрейма 1> // фрейм <описание фрейма>
ENDF
...
FRAME <имя фрейма m> // фрейм <описание фрейма>
ENDF
RULE 1 // правило-продукция
  <описание условий правила>
DO
  <описание заключений правила>
ENDR
...
RULE n // правило-продукция
  <описание условий правила>
DO
  <описание заключений правила>
ENDR
    
```

Рис. 3. Формат внешнего представления базы знаний

**Практическая реализация поддержки принятия управленческих решений.** Используем рассмотренные выше теоретические аспекты продукционно-фреймового моделирования для поддержки принятия решений в сфере управления недвижимостью.

На рис. 4 показано описание базы знаний для автоматизированного поиска жилья, сдающегося в аренду, включающей шесть фреймов: «Местонахождение», «Цена», «Комнаты», «Соседи», «Парковка» и «Магазины». Седьмой фрейм «Цель», напомним, является обязательным для любой базы знаний. На рис. 5 представлен пример правила-продукции, включающего в себя определенное сочетание запросов клиента агентства недвижимости. Сформированное решение приводится после оператора MS (англ. *message*).

```

TITLE=Аренда квартиры
COMPANY=ООО"Твое Жилье"

Frame=Цель
Parent:
Аренда квартиры:()
EndF

Frame=Местонахождение
Parent:
Жилой район[Укажите необходимый жилой
район](Центр;Падун;Энергетик;Гидростроитель;Неважно)
EndF

Frame=Цена
Parent:
Стоимость[Укажите планируемую месячную стоимость аренды](Менее 10000 руб.;10000-
15000 руб.;Свыше 15000 руб.;Неважно)
EndF

Frame=Комнаты
Parent:
Количество комнат[Укажите необходимое количество комнат в квартире](1;2;3;4;Свыше
4;Неважно)
EndF

Frame=Соседи
Parent:
Наличие соседей[Укажите тип соседей](Тихие;Без маленьких детей;Некурящие;Неважно)
EndF

Frame=Парковка
Parent:
Наличие парковки[Укажите тип парковки](Охраняемая;Общедомовая;Неважно)
EndF

Frame=Магазины
Parent:
Наличие магазинов[Укажите необходимые
магазины](Продовольственные;Хозяйственные;Смешанные;Неважно)
EndF

```

**Рис. 4.** Текстовое описание базы знаний

```

Rule 1
=(Местонахождение.Жилой район;Энергетик)
=(Цена.Стоимость;10000-15000 руб.)
=(Комнаты.Количество комнат;2)
=(Соседи.Наличие соседей;Некурящие)
=(Парковка.Наличие парковки;Общедомовая)
=(Магазины.Наличие магазинов;Смешанные)
Do
MS(Аренда квартиры;Найдено 3 варианта.Вывести список квартир)
EndR

```

**Рис. 5.** Текстовое описание правила-продукции

Следует отметить, что количество фреймов базы знаний не является строго фиксированным. Их число может быть увеличено для дополнительной детализации запросов арендатора или, что также вероятно, уменьшено, если такие требования отсутствуют. Нередки ситуации, в которых потенциального арендатора интересует исключительно

размер арендной платы, а все остальные нюансы в виде наличия парковки или магазина отходят на второй план. В крупных мегаполисах определяющую роль играет местонахождение квартиры с целью минимизации времени пути на работу. Семьи с детьми в первую очередь могут интересоваться инфраструктурой жилого района, в част-

ности, наличием и доступностью образовательных учреждений, объектов здравоохранения и соцульбыта.

Приведенная в данной работе методика поддержки принятия решений реализована в виде программы для ЭВМ, разработанной с помощью среды визуального проектирования «*Borland C++ Builder*».

База знаний (фреймы и правила-продукции) формируется до начала работы с приложением и находится в самостоятельном текстовом файле, который создается с помощью любого стандартного

текстового редактора типа Блокнот или *WordPad*. Аналогичным образом подготавливается и список квартир, сдающихся в аренду. Данный механизм позволяет оперативно вносить изменения в базу знаний и перечень жилого фонда. Кроме того, база знаний и адреса квартир являются ноу-хау конкретно взятого агентства недвижимости и, при необходимости, могут быть использованы совместно с другим программным обеспечением.

Результаты работы системы поддержки принятия решений на основе продукционно-фреймовой модели представлены на рис. 6, 7.

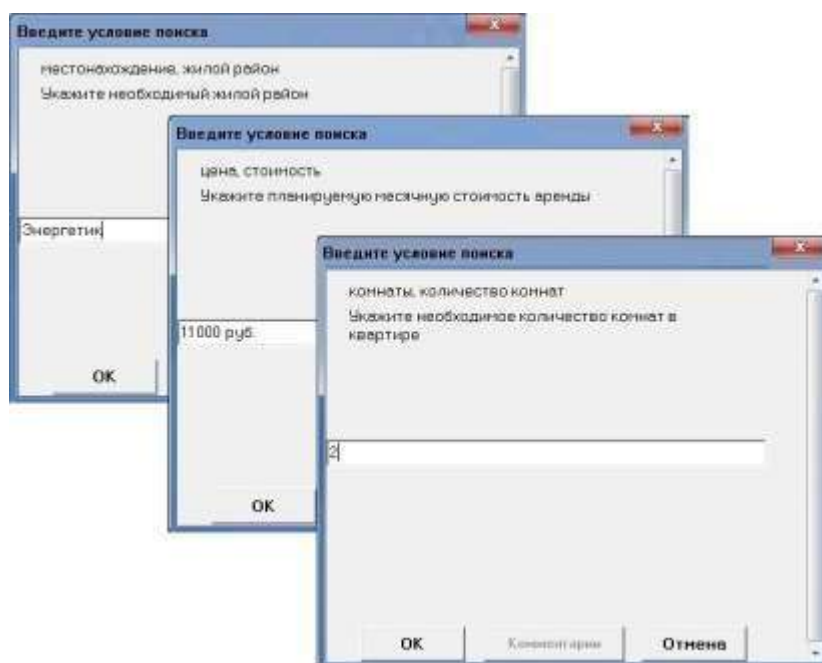


Рис. 6. Ввод условий поиска недвижимости

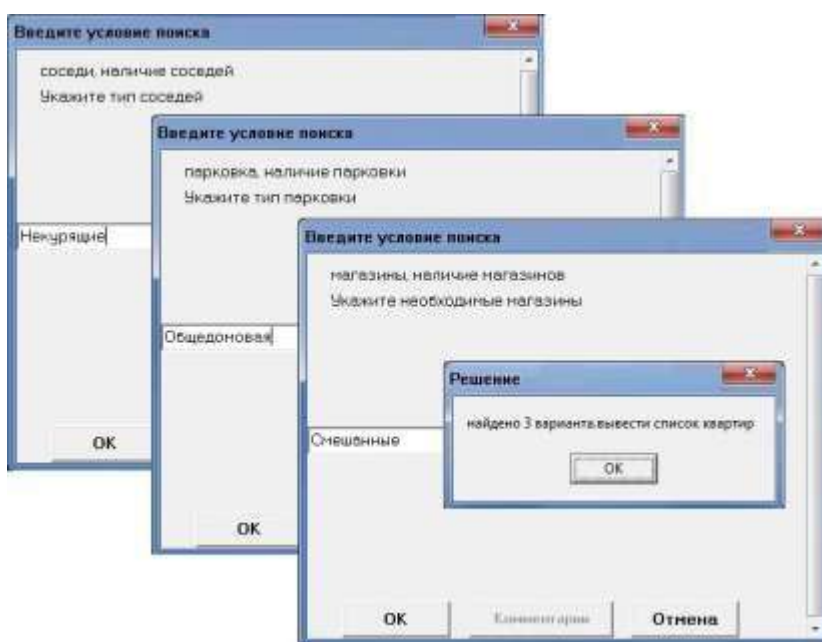


Рис. 7. Ввод условий поиска недвижимости и вывод решения

На рис. 8 показано пошаговое выполнение правил в зависимости от существующих фактов и доказательства условий и формируется заключение. Фреймы и правила-продукции остаются неизменными, а факты могут изменяться в процессе

логического вывода (появляться, удаляться или менять свое значение в результате доказательства правил-продукций или диалога с пользователем (клиентом)).

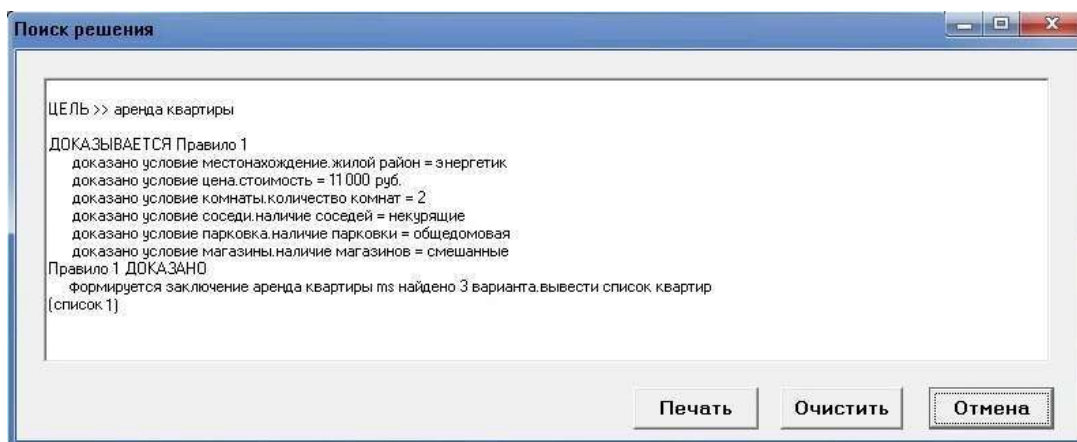


Рис. 8. Доказательство условий в процессе поиска недвижимости

Практическая значимость разработанного приложения зависит от числа использованных фреймов и описанных правил. Для успешной работы необходимо стремиться к увеличению в базе знаний количества фреймов, описывающих объекты недвижимости и, соответственно, количества правил, представляющих собой всевозможные комбинации этих характеристик.

**Заключение.** Системы поддержки принятия решений является актуальным инструментом решения различных вопросов в условиях неопределенности и динамичности изменения среды функционирования коммерческих предприятий,

в том числе и на рынке недвижимости. Создание и использование баз знаний существенно повышает шансы поиска подходящих вариантов жилья не только по формальным признакам (цена, адрес), но и с учетом дополнительных плохо формализуемых характеристик (например, наличия проблемных соседей) и индивидуальных потребностей клиентов.

Результаты настоящих исследований, в частности, реализация обратного логического вывода, могут быть использованы в дальнейшем при решении экономических задач с помощью языков программирования искусственного интеллекта.

#### Литература

1. Иванов М.Ю. Современные аспекты разработки программного обеспечения экономико-управленческих систем и процессов // Системы. Методы. Технологии. 2013. № 1 (17). С. 145-148.
2. Иванов М.Ю. Автоматизация сетевого планирования и управления // Системы. Методы. Технологии. 2013. № 2 (18). С. 63-69.
3. Alchinov A.I., Tavbulatova Z.K., Dudareva O.V., Ivanov M.Yu. Modern approach to enterprise information systems // Journal of Physics: Conference Series. 2020. V. 1661. № 1. Art. 012164.
4. Malsagov B.S., Ivanov M.Yu., Natalevich L.F. Structural features of accounting automation application // Journal of Physics: Conference Series: International Conference on IT in Business and Industry (ITBI 2021). 2021. V. 2032. № 1. Art. 012128.
5. Vakhrusheva M.Yu., Khaliev M.S.-U., Pokhromchikova E.O. Barclays' application of information system in manufacturing process // Journal of Physics: Conference Series: International Conference on IT in Business and Industry (ITBI 2021). 2021. V. 2032. № 1. Art. 012129.

6. Тоболов А.В., Иванов М.Ю., Шишлянникова О.А. Предпосылки к развитию электронной торговли в России // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2022. № 6. С. 61-63.
7. Тельнов Ю.Ф. Интеллектуальные информационные системы в экономике. М.: СИНТЕГ, 2002. 316 с. (Сер. «Экономика и бизнес»).
8. Иванов М.Ю., Сыгодина М.В., Надршин В.В., Дербенёва А.В. Технологии интеллектуального анализа данных в решении экономических задач // Baikal Research Journal. 2022. V. 13. № 2.
9. Ажогин Е.Ю., Квятковская И.Ю. Корпоративная база знаний как инструмент обеспечения бесперебойной работы информационных систем // Вестн. Астраханского гос. технического ун-та. Сер. Управление, вычислительная техника и информатика. 2010. № 2. С. 7-14.
10. Егоров Б.Е., Симонова Л.А., Ключкова К.В. База знаний автоматизированной системы выбора инструмента для технологического процесса на основе фреймовой модели // СТИН. 2014. № 6. С. 2-5.
11. Симонова Л.А., Егоров Б.Е. Разработка фреймовой модели структурных элементов технологического

- процесса для системы автоматизированного выбора инструмента // СТИН. 2014. № 4. С. 2-5.
12. Донцов А.С., Шудро И.А. Экспертная система поддержки принятия решений по ценообразованию на основе метода Криса-Нейлора // Задачи системного анализа, управления и обработки информации: межвуз. сб. науч. трудов. М., 2015. Вып. 5. С. 42-46.
  13. Боев С.Ф., Зюзин А.В., Морозов П.А. Методика построения диалоговой системы в средствах автоматизации управления на основе формализованной концептуальной информационной модели автоматизированных рабочих мест // Информация и космос. 2021. № 4. С. 46-54.
  14. Мински М. Фреймы для представления знаний. М.: Энергия, 1979. 151 с.
  15. Белоусов А.И., Дерябкин В.П. Семантика языка представления знаний в интеллектуальной фрейм-овой среде // Вестн. Самарского гос. технического ун-та. Сер. Технические науки. 2013. № 2 (38). С. 6-11.
  16. Фокин И.В. Применение продукционно-фрейм-овой модели при проектировании ТП // Новая наука: проблемы и перспективы. 2016. № 79 (5-2). С. 165-167.
  17. Насырымбекова П.К. Продукционно-фрейм-овое представление знаний в экспертных системах // Изв. Кыргызского гос. технического ун-та им. И. Раззакова. 2021. № 2 (58). С. 106-114.
  18. Гаврилов А.В. Гибридные интеллектуальные системы. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. 164 с.
  19. Наточая Е.Н., Наточий В.В. Автоматизация деятельности государственных органов и организаций в сфере управления рисками социальной поддержки населения (на примере Оренбургской области) // Азимут науч. исследований: экономика и управление. 2019. Т. 8. № 4 (29). С. 36-39.
  20. Морозов П.А. Способ формирования графовой модели диалогового режима решения автоматизированных задач управления на естественно-подобном языке // Воздушно-космические силы. Теория и практика. 2021. № 18. С. 147-157.
  21. Новиков Н.И. К вопросу создания моделей автоматизированной системы подготовки и управления групповыми производственными участками // Вестн. Оренбургского гос. ун-та. 2015. № 4 (179). С. 177-182.