

Управление в организационных системах

Научная статья

Статья в открытом доступе

УДК 519: 331.101.1

doi: 10.30987/2658-6436-2023-4-55-63

МОДЕЛИ И ФУНКЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ЭНЕРГОСИСТЕМАХ

Дмитрий Сергеевич Жадаев

Бендерский политехнический филиал Приднестровского государственного университета им. Т.Г. Шевченко, Бендеры, Приднестровская Молдавская Республика
zhadaevdmitrii@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0007-8620-4440>

Аннотация. Целью исследования является изучение моделей и интеллектуальной системы поддержки принятия управленческих решений в энергосистемах. Статья посвящена решению проблемы адекватного описания систем поддержки принятия управленческих решений в энергосистемах, а также осуществлению анализа моделей и функции моделей интеллектуальной системы поддержки принятия управленческих решений в энергосистемах. В рамках исследований использованы методы обобщения и систематизации моделей, функций интеллектуальной системы поддержки принятия управленческих решений, а также системный, эволюционный, категориальный и моделирование в рамках формирования концептуальной модели энергосистем Приднестровской молдавской республики необходимую для дальнейшей разработки математической модели интеллектуальной системы поддержки принятия управленческих решений в энергосистемах. Новизна исследования состоит в том, что осуществлена разработка концептуальной модели информационной системы принятия решений по контролю электроснабжения в энергосистемах Приднестровской молдавской республики. Результаты исследования включают системный анализ предметной области и разработку концептуальной модели базы данных и структура информационного обеспечения в энергосистемах Приднестровской молдавской республики. Выводы: для разработки проекта информационной системы выполнен системный анализ энергетической отрасли, в частности информационных процессов в электроснабжении. Определены главные цели и подцели проекта, ставшие основой для построения дерева целей.

Ключевые слова: энергосистемы, электроснабжение, информационная система, база данных, модели, функции, интеллектуальная система, поддержка принятия управленческих решений

Для цитирования: Жадаев Д.С. Модели и функции интеллектуальной системы поддержки принятия управленческих решений в энергосистемах // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. 2023. №4 (22). С. 55-63. doi: 10.30987/2658-6436-2023-4-55-63.

Original article

Open Access Article

MODELS AND FUNCTIONS OF AN INTELLIGENT SYSTEM FOR SUPPORTING MANAGEMENT DECISIONS IN ENERGY SYSTEMS

Dmitry S. Zhadaev

Bendery Polytechnic Branch of the Shevchenko Pridnestrovie State University, Bendery, Transnistrian Moldavian Republic
zhadaevdmitrii@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0007-8620-4440>

Abstract. The aim of the work is to study models and intelligent systems for supporting management decisions in energy systems. The article is devoted to solving the problem of adequate description of systems for supporting

management decision-making in energy systems, as well as analysing models and functions of intelligent system models for supporting management decision-making in energy systems. As part of the research, methods of generalization and systematization of models, functions of an intelligent management decision support system, as well as systemic, evolutionary, categorical and modelling methods are used to form a conceptual model of the Transnistrian Moldavian Republic power systems which is necessary to further develop a mathematical model of intelligent system for supporting management decisions in energy systems. The novelty of the research lies in the fact that a conceptual model of a decision information system for the power supply control in the power systems of the Pridnestrovian Moldavian Republic is developed. The results of the study include analysing the subject area and developing a conceptual database model and the information support structure in the energy systems of the Transnistrian Moldavian Republic. Findings state that to develop an information system project, a system analysis of the energy industry, in particular information processes in the power supply is performed. The main aims and objectives of the project are determined, which become the basis for constructing an objective tree.

Keywords: power systems, power supply, information system, database, models, functions, intelligent system, management decision support

For citation: Zhadaev D.S. Models and Functions of an Intelligent System for Supporting Management Decisions in Energy Systems. Automation and modeling in design and management, 2023, no. 4 (22). pp. 55-63. doi: 10.30987/2658-6436-2023-4-55-63.

Введение

С переходом к конкурентному рынку очень важно, чтобы энергоснабжающие компании становились более гибкими и реализовывали технологии, повышающие эффективность эксплуатации, обеспечивающие более глубокий контроль над энергетической системой, тем самым повышая уровень обслуживания потребителей. Эти технологии должны обеспечивать создание динамической и устойчивой к сбоям архитектуры сетей, а также универсальных отраслевых разработок, необходимых предприятиям сферы обслуживания. Как показывает опыт обсуждения проблемы надежности электроснабжения потребителей, всегда возникают споры между потребителями и поставщиками электрической энергии [1]. Первые требуют повысить надежность электрических сетей и обеспечить поставку электрической энергии в требуемом объеме и надлежащем качестве. Другие отвечают, что выполняют все необходимые условия, которые ставит существующая нормативная база данных, которая в России все еще достаточно ограничена и несовершенна.

В настоящее время разработка проблемы надежности сложных систем осуществляется с позиций чисто технического подхода. В этом подходе в поле зрения попадает только «машинный» компонент сложной системы, и повышение надежности обеспечивается за счет мер, направленных на усовершенствование технических звеньев. Однако сложные системы – это человеко-машинные системы, надежность функционирования которых в большей степени зависит от «человеческого фактора». Например, на тепловой электростанции из-за ошибок операторов происходит около четверти всех нарушений. Известно, что в связи с широким внедрением автоматики в производство и успехами кибернетики в 60-х годах XX века ставился вопрос о полном исключении человека из контура управления. Однако идея полной автоматизации потерпела поражение, когда возникла необходимость в создании устройств, которые могли бы находить выход из непредвиденных ситуаций.

Интеллектуальные энергетические системы позволяют энергетическим компаниям управлять всей системой электроснабжения как единой системой, повышая безопасность и сокращая расход энергии потребителям в широком диапазоне, регулировать расход энергии, в частности, за счет предварительного планирования, формируя общенациональную (региональную) интеллектуальную энергетическую инфраструктуру.

Интеллектуальные энергетические системы совмещают элементы традиционной энергетики и новейшие энергетические технологии, в том числе нетрадиционные возобновляемые источники энергии, информационные технологии и средства коммуникации.

Создание концепции Smart Grid предполагало следующие ключевые задачи: повышение надежности электроснабжения и безотказности работы системы; повышение энергетической эффективности; сохранение окружающей среды. В России нет ни одной из

рассмотренных систем, разработанных и внедренных в систему электроснабжения, а также отсутствует описание ее взаимного функционирования с другими подсистемами или задачами автоматизации управленческой деятельности предприятий.

Значительный вклад в развитие теории и практики использования интеллектуальных систем поддержки принятия управленческих решений в технических системах внесли Заде Л.А., Башмаков И.А., Берштейн Л.С., Борисов А.Н., Исидзука М., Карелин В.П., Коровин С.Я., Ротштейн А. Любые представления знаний в большинстве случаев реализуются в лингвистически свободных формах и связаны с необходимостью учета субъективизма источников этих знаний [5].

Целью работы является определение множества информационных объектов системы электроснабжения и построение концептуальной модели такой системы.

Основные задачи статьи:

- описать существующие системы поддержки принятия управленческих решений в энергосистемах;
- предложить вариант модели интеллектуальной системы поддержки принятия управленческих решений в энергосистемах.

Материалы, модели, эксперименты и методы

В рамках исследования статьи были использованы методы обобщения и систематизации моделей и функций интеллектуальной системы поддержки принятия управленческих решений, а также системный, эволюционный, категориальный и моделирования в рамках формирования концептуальной модели энергосистемах Приднестровской молдавской республики необходимую для дальнейшей разработки математической модели интеллектуальной системы поддержки принятия управленческих решений в энергосистемах.

Результаты

В рамках исследования статей [1 – 6] по тематике моделей, функций и систем интеллектуальной системы поддержки принятия управленческих решений в энергосистемах было определено, что на сегодня существует огромное количество различных типов интеллектуальных систем поддержки принятия управленческих решений в энергосистемах: экспертная система, расчётно-логические системы, гибридная интеллектуальная система, рефлекторная интеллектуальная система и др. Однако наиболее целесообразно с точки практической реализации выделить основные две классификации типологий интеллектуальных систем поддержки принятия управленческих решений в энергосистемах: по соотношению данные\модели (методика Стивена Альтера) и по типу используемого инструментария – рис. 1 [7].

Непрерывное электроснабжение всех потребителей является основной задачей электроснабжающих компаний. Обеспечение непрерывности электроснабжения требует наличия у персонала диспетчерских служб достоверной информации о состоянии энергообъектов и параметрах сети, чтобы оперативно влиять на электроснабжение в любых аварийных ситуациях и своевременно предотвращать выход из строя системы при перегрузке. Контроль состояния и управления энергообъектами должны обеспечивать информационные системы.

Центральной идеей исследования и построения систем есть то, что система должна быть достаточно надежной для достижения определенной цели, т.е. быть устойчивой [8]. Исследование систем осуществляется с целью их построения, управления и модификации, направленной на достижение определенной цели. Цель отражает назначение системы, не детерминистически фиксированной, она может развиваться во времени и не обязательно единственным способом. Цель конкретизируется посредством целей. Одним из способов раскрытия внутренней структуры цели является построение дерева целей.



Рис. 1. Основные классификации типологий интеллектуальных систем поддержки принятия управленческих решений в энергосистемах [8 – 10]

Fig. 1. Basic classifications of typologies of intelligent systems for supporting management decisions in energy systems [8 – 10]

Для масштабного развития децентрализованной генерации необходимо соответствующее усовершенствование инфраструктуры распределительных сетей. Для этого нужно принять целевые инвестиционные программы, в которых могли бы принимать равноправное участие как потребители, так и энергокомпании. Очень важно обеспечить беспрепятственный доступ установок малой генерации к электрическим сетям для продажи избыточной электроэнергии центральной сети, особенно в часы пиков электропотребления [9].

В общем случае, различают четыре вариации степени автономности интеллектуальных систем поддержки принятия управленческих решений в энергосистемах:

– отсутствие автономности (также известно как «человеческая поддержка» (human support): система не может действовать в соответствии со своими рекомендациями или результатами обработки информации. Человек принимает решение, при этом по желанию использует или пренебрегает рекомендациями или результатами работы интеллектуальной системы;

– автономность низкого уровня (известная как «человек в петле принятия решений» (human-in-the-loop): система оценивает входящие данные и действует в соответствии со своими рекомендациями или результатами, если человек соглашается;

– автономность среднего уровня (известная как «человек-на-петле» (human-on-the-loop)): система оценивает входящие данные и действует в соответствии со своими рекомендациями или результатами, если человек не накладывает вето;

– автономность высокого уровня (известная как «человек вне петли» (human-out-of-the-loop)): система оценивает входящие данные и действует в соответствии со своими рекомендациями или результатами без участия человека.

Высокая гибкость и способность приспосабливаться к изменению условий, интуиция, прогнозируемость, предвидение развития событий, принятие решений в сложных ситуациях при наличии нескольких противоречивых или неопределенных критериев являются чисто человеческими качествами. Это определяет место человека в человеко-машинных системах и характер возложенных на него функций: принятие решений, а также включение резерва техники на случай отказа. Однако отведение человеку главной, интеллектуальной роли в человеко-машинных системах само по себе не снимает проблем, связанных с их надежностью. Разрыв между возможностями человека как управляющего звена и возрастающими потребностями системы в управляющих воздействиях отнюдь не сокращается и заставляет человека работать на грани его «красного предела». Однако инженерно психологический подход позволяет методологически обосновать путь решения этой проблемы. Вопрос о компенсации недостатков человека формулируется как задача о рациональном распределении функций.

Общей главной целью является обеспечение нормального функционирования процесса электроснабжения. Ввиду этого с помощью декомпозиции формулируем подцели, а также критерии, по которым будем оценивать достижение главной цели [11]. Построим дерево целей (рис. 2).

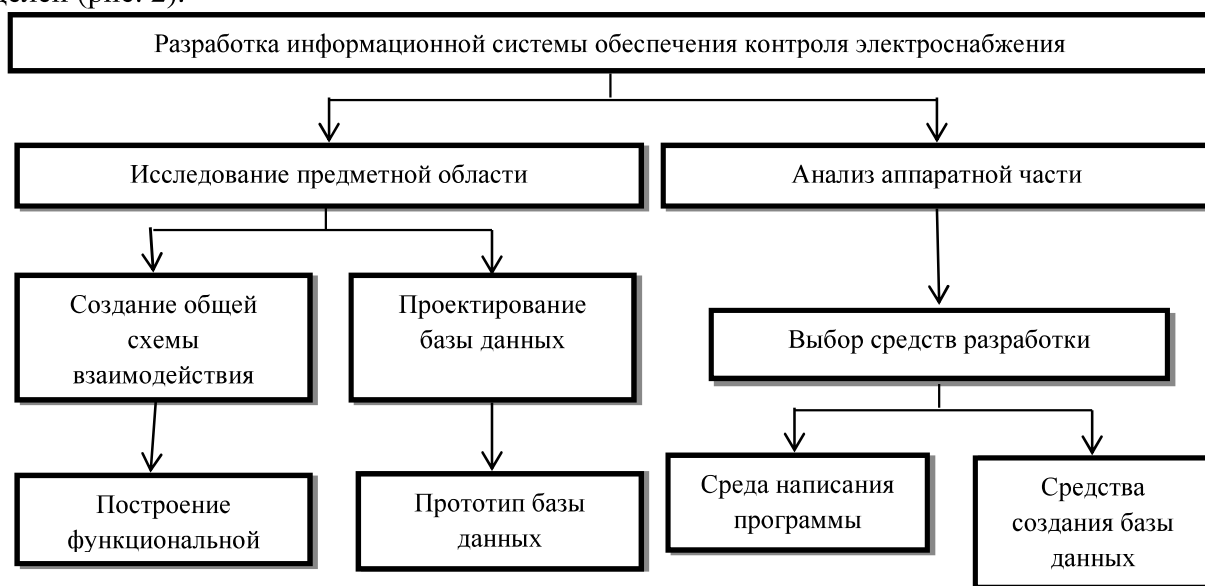


Рис. 2. Дерево целей задачи процесса электроснабжения
Fig. 2. Tree of objectives of the power supply process task

С помощью дерева целей декомпозицией из одной общей цели определены и сформулированы основные конкретные цели и критерии построения информационной системы. На основе этого из нескольких альтернатив построения системы можно выбрать оптимальные, анализируя важность критериев и их влияние на достижение общей цели [12].

Модель системы можно строить с помощью CASE-средств. Есть два направления построения модели: моделирование процессов и моделирование потоков данных.

Для моделирования информационных систем в общем и структурного анализа в частности используют три группы средств, отражающих функции, которые система должна реализовывать, отношение между данными, поведение системы, зависящее от времени.

На рис. 3 изображена детализированная диаграмма потоков данных. Любой фрагмент проектируемой системы можно изобразить как множество сущностей, между которыми

существует множество связей [5 – 8]. Выделяются следующие основные сущности: персонал, подстанция, приборы (рис. 3 – 4).

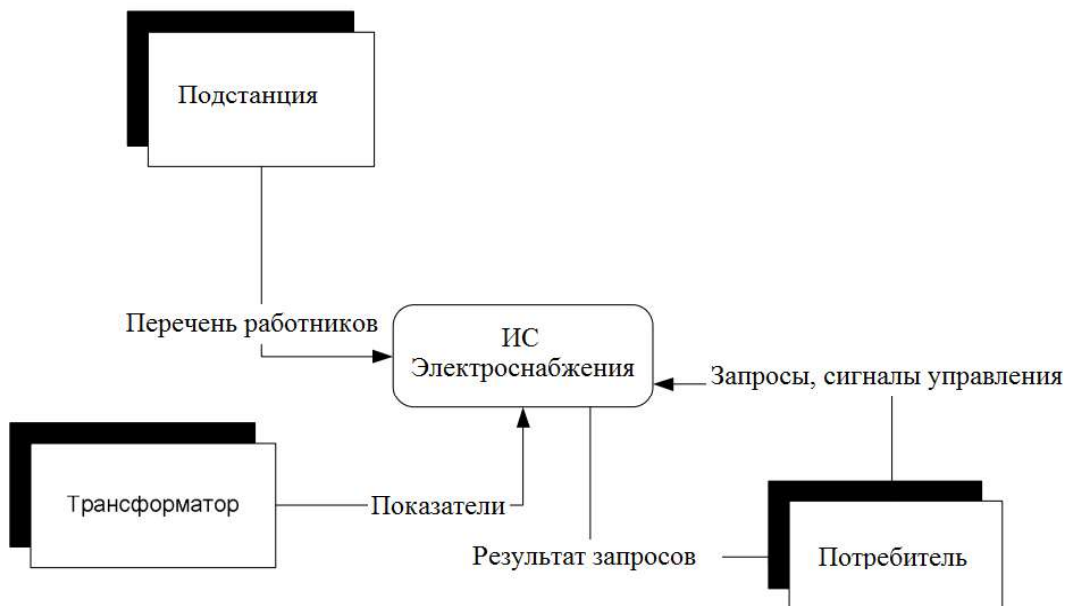


Рис. 3. Контекстная диаграмма системы электроснабжения
 Fig. 3. Electrical System Context Diagram

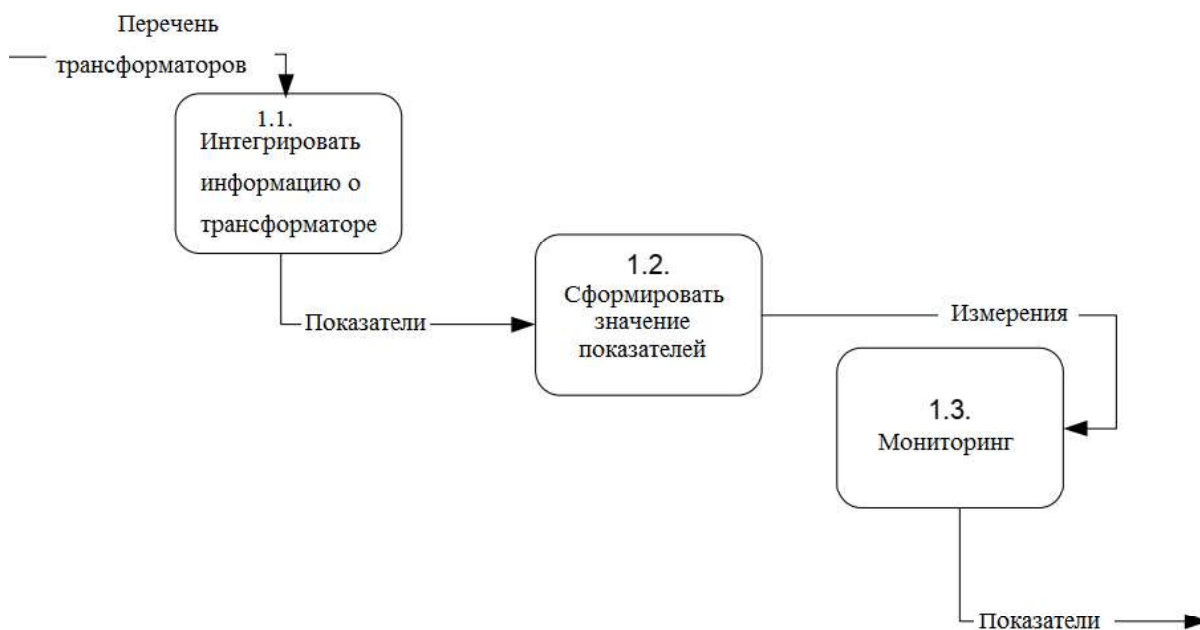


Рис. 4. DFD первого уровня системы электроснабжения
 Fig. 4. DFD of the first level of the power supply system

Сущность «персонал» содержит как личные характеристики работников предприятий, так и данные об их профессиональной квалификации (образование, специальность по диплому, стаж работы по специальности, переподготовка, квалификация).

К свойствам сущности «подстанция» относятся данные о ее местонахождении, названии, подчинении, количестве персонала и т.д.

Сущность «приборы» описывает множество имеющихся контрольно-измерительных приборов, их основные технические характеристики, дату последней проверки и т.д.

Множество сущностей «приборы» связано с множеством подставок связью размещенных типа «много-многих». Связь обслуживает установленный между сущностями «персонал» и «подстанция». Процесс обслуживания подразумевает также мониторинг

основных показателей деятельности системы электроснабжения. Разработанная инфологическая модель является основой построения даталогической модели информационной системы, а именно (рис. 5): генерации схем отношений соответствующей реляционной базы данных.

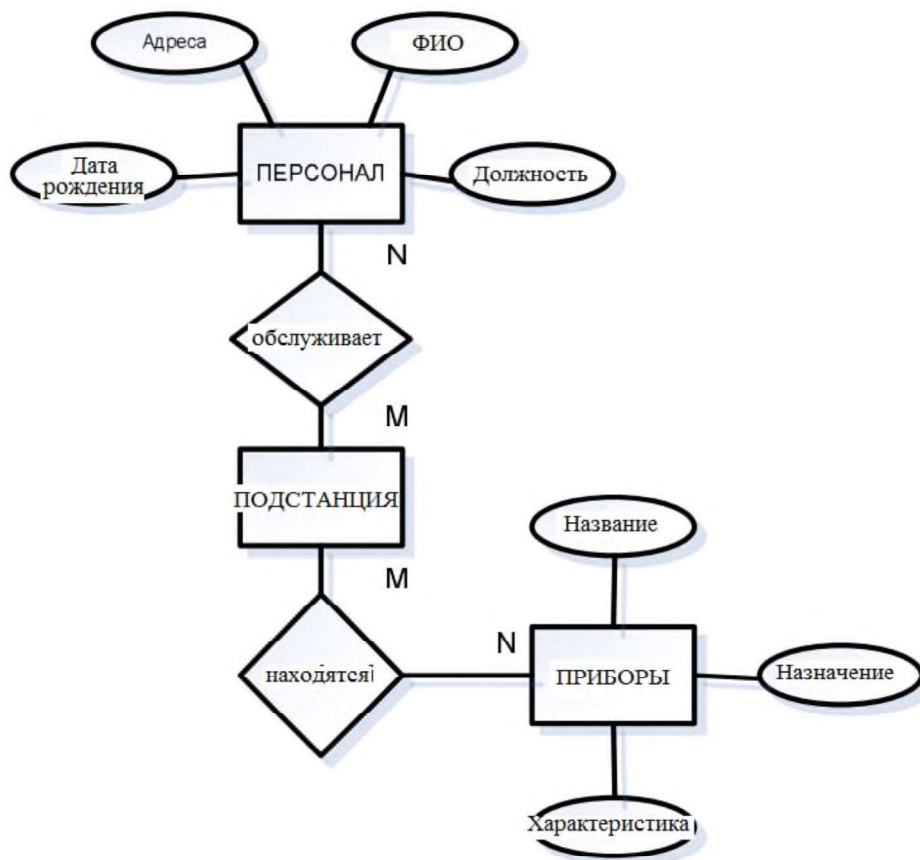


Рис. 5. Модель «сущность-связь» предметной области энергообеспечения
 Fig. 5. Entity-relationship model of the energy supply domain

Чтобы решить проблемы функционирования системы обеспечения электроэнергией, нужно разработать интеллектуальную систему принятия решений [11 – 14], которая должна решать следующие задачи: контроль работы подстанции; учет работников; комплексный контроль показателей контрольно-измерительных приборов; генерация отчетов и предоставление работникам актуальной информации о показателях трансформатора и контрольно-измерительных приборов.

Общая модель интеллектуальной системы принятия решений изображена на рис. 6 [15]. Следовательно, следует реализовать интеллектуальную систему принятия решений в электроснабжении, которая решает описанные задачи и удовлетворяет всем требованиям.

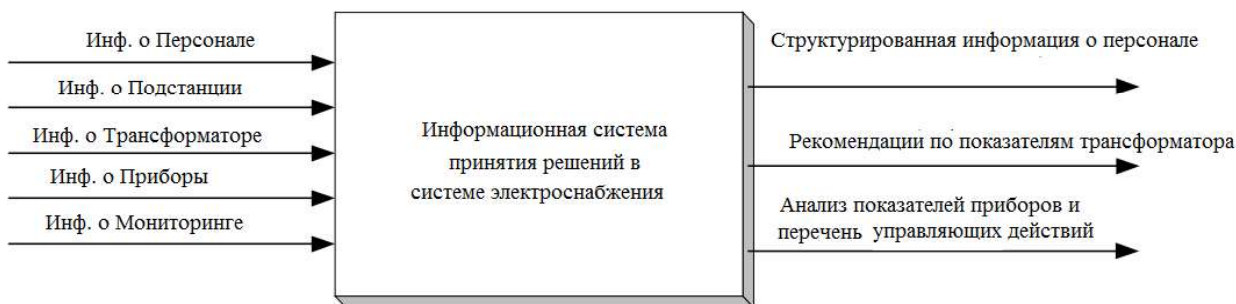


Рис. 6. Модель проектируемой системы
 Fig. 6. Model of the designed system

Основное предназначение разрабатываемой системы – облегчить контроль состояния ведения учета электроснабжения. Интерфейс программы рассчитан на неопытного пользователя, распределен на многие типы меню, которые позволяют быстрый доступ к данным и их обработку. Пользователь имеет возможность вносить новых работников, измерения трансформатора и на их основе строить график его работы. При работе в диалоговом режиме следует предусмотреть процедуры верификации и валидации данных, а также систему сообщений о нарушении ограничений.

Заключение

Для разработки проекта информационной системы выполнен системный анализ энергетической отрасли, в частности информационных процессов в электроснабжении. Определены главные цели и подцели проекта, ставшие основой для построения дерева целей.

Для достижения указанной цели в работе поставлены и решены следующие задачи:

- проанализированы основные подходы к управлению энергетикой в России;
- сформулирована концепция и предложен алгоритм, позволяющий энергетическим компаниям направлять ремонтный персонал в нужное место с необходимым оборудованием;
- разработана концептуальная модель базы данных информационной системы принятия решений в электроснабжении в энергосистемах Приднестровской молдавской республики.

Последующие исследования направлены на разработку интеллектуальной составляющей системы и основываются на методах искусственного интеллекта. Следует разработать средства для формирования структуры и наполнения базы знаний.

Список источников:

1. Программно-аппаратный комплекс автоматизации изготовления корпусных деталей на основе управления статистической настройкой инструмента / В.И. Аверченков, А.В. Аверченков, Р.А. Филиппов, Л.Б. Филиппова, А.С. Сазонова // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2017. – №8-1.
2. Гаврилова Т.А., Кудрявцев Д.В., Муромцев Д.И. Инженерия знаний. Модели и методы. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 324 с.
3. Моделирование процесса оценки эффективности комплексных систем защиты информации промышленных предприятий при одновременной реализации угроз / В.Т. Еременко, М.Ю. Рытов, А.П. Горлов, В.И. Аверченков, В.П. Федоров // Транспортное машиностроение. – 2017. – №7 (60).
4. Ерохин Д.В., Спасенников В.В. Экономико-психологическое обеспечение управления процессами создания и внедрения инноваций // Психология в экономике и управлении. – 2011. – №2.
5. Жадаев Д.С. Математическая модель интеллектуальной системы поддержки принятия управленческих решений в энергосистемах // Эргодизайн. – 2023. – № 1(19). – С. 13-20.
6. Массель Л.В. Методы и интеллектуальные технологии научного обоснования стратегических решений по цифровой трансформации энергетики // ЭП. – 2018. – №5.
7. Массель А.Г., Гаськова Д.А. Онтологический инжиниринг для разработки интеллектуальной системы анализа угроз и оценки рисков кибербезопасности энергетических объектов // Онтология проектирования. – 2019. – №2 (32).

References:

1. Averchenkov V.I., Averchenkov A.V., Filippov R.A., Filippova L.B., Sazonova A.S. Program-Hardware Complex of Automation of Manufacture of Casing Details on the Basis of Management of the Statistical Setting of the Tool. Izvestiya Tula State University. Technical Sciences. 2017:8-1.
2. Gavrilova T.A., Kudryavtsev D.V., Muromtsev D.I. Knowledge Engineering. Models and Methods. Saint Petersburg: Lan; 2016.
3. Eremenko V.T., Rytov M.Yu., Gorlov A.P., Averchenkov V.I., Fedorov V.P. Efficiency Assessment Process Simulation of Complex Systems for Information Protection of Enterprises at Threat Simultaneous Realisation. Transport Engineering, 2017;7(60).
4. Erokhin D.V., Spasennikov V.V. Economic-Psychological Support of Management of Innovation Creating and Introducing. Psychology in Economics and Management. 2011;2.
5. Zhadayev D.S. Mathematical Model of Intelligent Support System for Management Decision-Making in Power Systems. Ergodesign. 2023;1(19):13-20.
6. Massel L.V. Methods and Intelligent Technologies for Scientific Substantiation of Strategic Solutions on Digital Transformation of Energy Industry. EP. 2018;5.
7. Massel A.G., Gaskova D.A. Ontological Engineering for the Development of the Intelligent System for Threats Analysis and Risk Assessment of Cybersecurity in Energy Facilities. Ontology of Designing. 2019;2:(32).

8. Массель А.Г., Бахвалов К.С. Применение интеллектуальных технологий для решения проблемы научного обоснования стратегических решений по цифровой трансформации энергетики // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2019. – №1 (13).

9. Пяткова Н.И., Береснева Н.М. Моделирование критических инфраструктур энергетики с учетом требований энергетической безопасности // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2017. – №3 (7) – С.54-65.

10. Семь безопасных информационных технологий / А.В. Барабанов, А.В. Дорофеев, А.С. Марков, В.Л. Цирлов // Под ред. А.С. Маркова. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 224 с.

11. Спасенников В.В., Андросов К.Ю. Наукометрические индикаторы и особенности оценки эффективности научной деятельности ученых с использованием индексов цитирования (обзор отечественных и зарубежных исследований) // Эргодизайн. – 2021. – №3 (13). – С. 219-232.

12. Спасенников В.В. Сравнительный анализ публикационной активности отечественных психологов и эргономистов с использованием показателей цитируемости // Эргодизайн. – 2021. – №4 (14). – С. 233-244.

13. Оптимизационная задача управления построением имитационной модели в корпоративной информационной системе / А.И. Якимов, Е.А. Якимов, В.И. Аверченков, Н.Н. Ивкина // Транспортное машиностроение. – 2016. – №2 (50).

14. Averchenkov V.I. Fuzzy and Hierarchical Models for Decision Support in Software Systems Implementations. – Knowledge-Based Software Engineering, 11th Joint Conference, JCKBSE 2014. – Springer International Publishing, 2014. – P. 410-421.

15. Энгель Е.А. Модели и методы интеллектуальной поддержки при принятии управленческих решений // Сибирский аэрокосмический журнал. – 2011. – №4 (37).

Информация об авторах:

Жадаев Дмитрий Сергеевич

старший преподаватель кафедры «Эксплуатация транспортного электрооборудования и технического обслуживания автомобилей» БПФ ПГУ им. Т.Г. Шевченко, ID ORCID-0009-0007-8620-4440

8. Massel A.G., Bakhvalov K.S. Application of Intelligent Technologies to Solve the Problem of Scientific Substantiation of Strategic Decisions on the Digital Transformation of Energetics. Information and Mathematical Technologies in Science and Management. 2019;1(13).

9. Pyatkova N.I., Beresneva N.M. Modelling of Critical Energy Infrastructures Taking Into Account Energy Security. Information and Mathematical Technologies in Science and Management. 2017;3(7):54-65.

10. Barabanov A.V., Dorofeev A.V., Markov A.S., Tsirlov V.L. Markov AS, editor. Seven Safe Information Technologies. Moscow: DMK Press; 2017.

11. Spasennikov V.V., Androsov K.Yu. Scientometric Indicators and Features of Evaluating the Scholars' Scientific Activity Effectiveness Using Citation Indices (Review of Domestic and Foreign Studies). Ergodesign. 2021;3(13):219-232.

12. Spasennikov V.V. Comparative Analysis of Domestic Psychologists and Ergonomists' Publication Activity Using Citation Indices. Ergodesign. 2021;4(14):233-244.

13. Yakimov A.I., Yakimov E.A., Averchenkov V.I., Ivkina N.N. Optimization Problem of Control by Simulation Model Formation in Corporate Information System. Transport Engineering. 2016;2(50).

14. Averchenkov V.I. Fuzzy and Hierarchical Models for Decision Support in Software Systems Implementations. In: Proceedings of the 11th Joint Conference JCKBSE 2014: Knowledge-Based Software Engineering; Springer International Publishing: 2014. p. 410-421.

15. Engel E.A. Models and Methods of Intellectual Support in Management Decisions for Technical Systems. The Siberian Aerospace Journal. 2011;4(37).

Information about the authors:

Zhadaev Dmitry Sergeevich

Senior Lecturer of the Department "Operation of Transport Electrical Equipment and Vehicle Maintenance" at Bendery Polytechnic Branch of the Shevchenko Pridnestrovie State University, ID ORCID-0009-0007-8620-4440

Статья поступила в редакцию 02.10.2023; одобрена после рецензирования 23.10.2023; принята к публикации 24.10.2023.

The article was submitted 02.10.2023; approved after reviewing 23.10.2023; accepted for publication 24.10.2023.

Рецензент – Пугачев А.А., доктор технических наук, доцент, Брянский государственный технический университет.

Reviewer – Pugachev A.A., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Bryansk State Technical University.