

УДК 065: 338

DOI: 10.51965/2076-7919\_2024\_2\_1\_46

*Ершов Д. Д.*

**УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТОМ РАЗРАБОТКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ РАБОТНИКОВ ЦЕХА ХИМИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

*Ershov D.D.*

**MANAGEMENT OF THE PROJECT FOR THE DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT SYSTEM FOR ASSESSING THE KNOWLEDGE OF EMPLOYEES IN THE SHOP OF A CHEMICAL ENTERPRISE**

**Ключевые слова:** управление проектом, управление знаниями, база знаний, интеллектуальная система, экспертная система

**Keywords:** project management, knowledge management, knowledge base, intelligent system, expert system

**Аннотация.** Данная работа посвящена исследованию и разработке интеллектуальной системы оценки знаний работников цеха. Целью проекта является создание эффективного инструмента для оценки уровня знаний сотрудников и выявления областей, требующих дополнительного обучения. В исследовании рассматриваются основные принципы управления проектами по разработке информационных систем, а также методы анализа знаний и моделирования. Разработка системы включает этапы определения требований, проектирования архитектуры, разработки программного обеспечения и тестирования. Полученные результаты могут быть использованы для повышения эффективности обучения персонала и оптимизации процессов управления знаниями в организации.

Целью статьи является формирование методики оценки знаний работников цеха, выявленные на основе потребности применения интеллектуального тренажера.

Методами исследования были выбраны методы системного, процессного и кибернетического подходов в интеграции с методами математического и имитационного моделирования.

В статье рассматриваются методология и средства создания интеллектуальных симуляторов (тренажеров) для операторов технологических процессов. Формирующих управленческие решения по предотвращению отказов сложных технических систем в условиях неопределенности. Представленная математическая модель основана на модифицированной сети Петри, способной отражать динамические характеристики моделей. Согласно этой методике, были созданы тренажерные комплексы с модулем поддержки принятия решений для различных сложных технических систем.

Предложена концептуальная модель оценки знаний работников цеха на примере химического предприятия, требующихся для принятия управленческого решения.

Статья будет интересна все, кто связан с принятием управленческих решений.

**Abstract.**

his work is devoted to the research and development of an intelligent knowledge assessment system for shop workers. The aim of the project is to create an effective tool for assessing the level of knowledge of employees and identifying areas that require additional training. The study examines the basic principles of project management for the development of information systems,

*as well as methods of knowledge analysis and modeling. System development includes the stages of requirements definition, architecture design, software development and testing. The results obtained can be used to improve the effectiveness of staff training and optimize knowledge management processes in the organization.*

*The purpose of the article is to form a methodology for assessing the knowledge of workshop workers, identified on the basis of the need to use an intelligent simulator.*

*The methods of the research were selected methods of system, process and cybernetic approaches in integration with methods of mathematical and simulation modeling.*

*The article discusses the methodology and means of creating intelligent simulators (simulators) for process operators. Forming management decisions to prevent failures of complex technical systems in conditions of uncertainty. The presented mathematical model is based on a modified Petri net capable of reflecting the dynamic characteristics of the models. According to this methodology, training complexes with a decision support module for various complex technical systems were created.*

*A conceptual model for evaluating the knowledge of workshop workers on the example of a chemical enterprise required for making a management decision is proposed.*

*The article will be of interest to everyone involved in making managerial decisions.*

В условиях быстро меняющейся экономической среды и конкурентной борьбы компании все чаще сталкиваются с необходимостью оптимизации управления знаниями сотрудников, особенно в производственных цехах.

Разработка интеллектуальной системы оценки знаний работников цеха позволяет повысить эффективность управления персоналом, оптимизировать процессы обучения и развития сотрудников, а также повысить качество производства. Такая система может помочь автоматизировать процесс оценки знаний и компетенций сотрудников, анализировать результаты и предлагать рекомендации по дальнейшему обучению и развитию персонала.

Благодаря использованию интеллектуальных технологий и алгоритмов в управлении знаниями работников цеха, компания может существенно улучшить свою конкурентоспособность, повысить производительность труда и сократить издержки. Таким образом, исследование данной темы имеет большое практическое значение для организаций, стремящихся к эффективному управлению персоналом и повышению результативности своей деятельности.

Особенности подготовки кадров в условиях цифровой экономики и интеллек-

туализации производственных процессов посвящены в работы авторов<sup>5</sup>

В статье предлагается обновить программное обеспечение компьютерного тренажерного комплекса для агрегата по производству аммиака. Особенностью новой структуры комплекса является наличие эталонной модели - «идеального» оператора. Тренажер компьютерного производства аммиака разработан для обучения навыкам управления процессом в различных ситуациях, включая штатные, нештатные и аварийные, с учетом требований безопасности

---

<sup>5</sup> Глухова Л.В. Индустрия 4.0 и особенности подготовки кадров в условиях цифровых трансформаций: ГОСТ Р 59277-2020 и гост р 59926-2021/ Л.В. Глухова, А.Д. Немцев, А.А. Шерстобитова/ Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. 2023. Т. 2. № 3 (52). С. 24-33.

Ершов Д.Д. Ситуационное управление процессом повышения эффективности производственных функций на основе модульного тренажера/ Д.Д. Ершов, Л.В. Глухова / Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. 2023. Т. 2. № 3 (52). С. 46-55.

Филиппова О.А. Управление процессами подготовки кадров для научно-профессиональных сообществ на основе компонентов машинного обучения/ О.А. Филиппова, Л.В. Глухова., С.Д. Сыротюк., Ю.С. Мунирова /Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. 2023. Т. 2. № 3 (52). С. 194-204.

и психолого-дидактических принципов подготовки персонала на опасных производствах.

Этапы обучения оператора на тренажере:

1. Изучение необходимых инструментов для работы с операторской станцией.
2. Понимание технологического процесса.
3. Практическое освоение ежедневных операций (запуск, остановка, изменение процесса).
4. Оценка состояния технологического процесса на основе имеющихся данных, обнаружение признаков возможных сбоев в оборудовании, формулирование гипотез о причинах неисправностей и принятие мер для восстановления работы системы.
5. Практика действий в аварийных ситуациях.

Оператор воспринимает технологический процесс как набор компонентов, отображаемых на мониторе в виде показателей работы. Он должен уметь адекватно оценивать работу отдельных компонентов и системы в целом.

Упражнения должны включать задания по оценке системы, выявлению возможных нарушений процесса, формированию гипотез о причинах сбоев, пониманию реакции автоматизированной системы без вмешательства, оценке последствий действий на систему и созданию оптимальных действий для восстановления нормального функционирования.

Необходимо уметь завершать выполнение алгоритма системы и действовать безошибочно в аварийных ситуациях. В процессе обучения важно использовать тренажеры разной сложности на разных этапах. На пульте управления оператора отображаются символы, представляющие технологический процесс и оборудование, с соответствующими функциями. Оператор основным образом выполняет стандартные операции, такие как пуск, останов и переключение режимов. Для изучения и запоминания последовательностей необходимо про-

водить упражнения на тренажерах. Символы оборудования управляют включением, выключением и переводом в автоматический режим. Оператор должен знать значения этих символов.

Инструктор использует персональный компьютер с установленным специализированным программным обеспечением, включающим редактор упражнений, автоматизированное рабочее место инструктора и оператора, модель процесса, а также сервер сетевого доступа. Этот компьютер подключен к локальной сети учебного класса и является основным компьютером для моделирования на тренажерном комплексе.

Основные компоненты тренажерных систем включают в себя следующее:

- Система строит модель реальных физических процессов, используя методы математического моделирования.
  - Для обучения операторов в условиях чрезвычайных ситуаций система вносит изменения в процесс автоматически на основе заложенных данных и инструкций.
  - Тренировка в автоматическом режиме позволяет сократить время работы инструктора, используя заданные упражнения и предоставляя рекомендации по их решению.
  - Система собирает информацию о действиях оператора для анализа и отчетности.
  - Возможность обучать нескольких операторов с помощью одного инструктора.
  - Структурирование упражнений на основе модели объекта обучения и требований заказчика.
- Управление процессом обучения инструктора осуществляется через программу, позволяющую:
- Создавать упражнения с определенными отказами.
  - Создавать сценарии автоматического контроля действий обучаемых.
  - Управлять процессом моделирования.
  - Вносить отказы в реальном времени.

- Мониторить системные события и действия обучаемых.

Существующий тренажер для обучения операторов-технологов агрегата по производству аммиака представляет собой имитатор технологического процесса с ограниченным набором обучающих программ. Программа тренажера используется системой управления обучением для обработки технологических ситуаций, воздействуя на имитатор. Результаты действий обучаемого сравниваются с эталонным решением проблемы, и на основе этого система управления обучением принимает решение о дальнейшем обучении.

Процесс принятия решений включает следующие шаги:

1. Обучаемый создает модель проблемы, проводя анализ ситуации и выделяя ключевые компоненты и их взаимосвязи.

2. Обучаемый анализирует причины возникновения проблемы в ходе технологического процесса, ищет решения, оценивает их эффективность и выбирает оптимальное решение.

3. При выборе и принятии решения сохраняется алгоритм действий, который позволяет оценить логику принятия решений и проанализировать информацию, на основе которой были сделаны выводы.

Для компьютерного тренажера необходима автономная система, в которой объединены знания специалистов и знания, полученные в процессе обучения. Такая система быстро адаптируется к различным технологическим объектам.

Предлагаемая автоматизированная система обучения включает в себя тренировку и контроль. Учебный материал разделен на темы с теоретическими и практическими разделами. Программа тренажера анализирует производственные ситуации и предлагает обучение на разных уровнях сложности задач.

Обучение направлено на разработку правильных и оптимальных технологических решений. Поэтому по сравнению с узконаправленными системами обучения,

данная система ориентирована на текущую проблему, так как цель, задачи и логика действий системы одинаковы для различных химических производств

Модель сложной технической системы (интеллектуального тренажера) строится на основе иерархии структуры объекта и отношений "часть-целое". Процесс декомпозиции системы основан на функциях компонентов и их внешней и внутренней среде функционирования. Внутренняя среда компонентов также является внешней для их составных частей, что приводит к циклическому повторению процесса декомпозиции до достижения необходимого уровня детализации. В модели отображаются элементы системы, а их состояния моделируются атрибутами меток. Использование атрибутов меток позволяет группировать информацию о параметрах системы и уменьшить размер модели. События, представленные переходами, определяются функциями, выполняемыми компонентами системы.

Для разработки математической модели технической системы обучения (интеллектуального тренажера) предлагается использовать модифицированную сеть Петри, в которой определены ключевые понятия, связанные с структурой и динамикой сетей Петри. Эти понятия используются для создания и управления моделями. Одним из важных свойств сетей Петри является их способность отражать динамические характеристики моделей.

Применение иерархических сетей Петри с приоритетами позволяет моделировать состояние и функционирование как технологического процесса в целом, так и отдельных компонентов системы, таких как аппараты, машины, механизмы и их детали, на различных уровнях абстракции.

Сеть Петри — это математическая модель для описания параллельных и распределенных систем. Она состоит из мест (places), переходов (transitions), дуг (arcs) и маркеров (tokens). Математически сеть Петри описывается следующим образом:

1. Множество мест (P):  $p_1, p_2, \dots, p_n$ . Места (places) - представляют собой состояния системы, например, различные этапы выполнения упражнений на тренажере.

2. Множество переходов (T):  $t_1, t_2, \dots, t_m$ . Переходы (transitions) - описывают события или действия, которые могут изменять состояние системы, например, начало или завершение выполнения упражнений

3. Множество дуг (A):  $(p, t), (t, p)$ , где  $p$  принадлежит P,  $t$  принадлежит T. Дуги (arcs) - соединяют места и переходы, указывая направление потока маркеров (tokens) в сети.

4. Функция инцидентности (I):  $I(p, t)$  - количество дуг, исходящих из места  $p$  в пе-

реход  $t$ ;  $I(t, p)$  - количество дуг, входящих в место  $p$  из перехода  $t$

5. Функция маркировки (M):  $M(p)$  - количество маркеров в месте  $p$ . Маркеры (tokens) - представляют собой единицы состояния, которые передаются по дугам сети в соответствии с правилами переходов.

6. Функции переходов - определяют условия активации переходов, то есть, когда переход может быть выполнен в зависимости от наличия маркеров в местах.

7. Инварианты - описывают ограничения на количество маркеров в местах и помогают контролировать корректность модели.

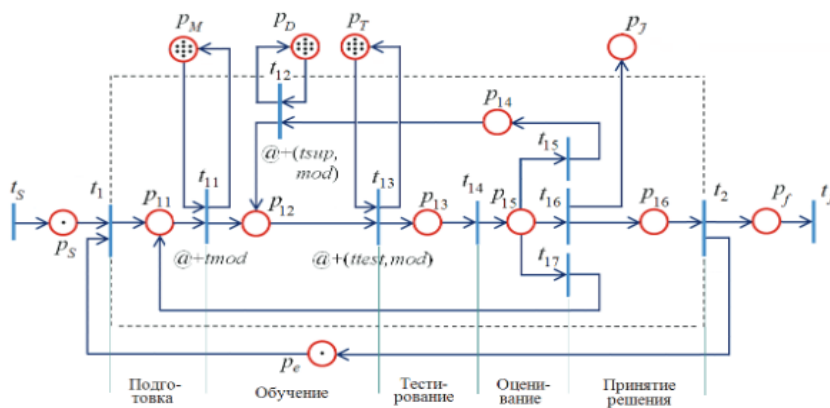


Рисунок 1 – Раскрашенная сеть Петри с временным и вероятностным формализмами, моделирующая прохождение учебного курса [8]

Автором [7] рассмотрены модели процесса интерактивного обучения, на которые мы опирались при моделировании интеллектуального тренажера для операторов химического производства.

На рисунке 1 представлена раскрашенная сеть Петри с временным и вероятностным формализмами, моделирующая прохождение учебного курса. Опираясь на выводы, полученные в работе Г.А. Доррер [16], автором была предложена концептуальная модель, отражающая методику создания интеллектуального тренажера, что было реализовано в условиях действующего производства и прошло апробацию на примере цеха химического производства [17]. Укрупненно эта концептуальная модель со-

держит этапы: а) дискретно-событийного подхода; б) функционального подхода; в) ситуационного подхода; г) нормативно-регламентного подхода; д) интеллектуального подхода.

На рисунке 2 представлена авторская методика создания интеллектуального тренажерного комплекса, разработанного на базе концептуальной модели, описанной выше, предназначенной для операторов химического производства<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> Протасов, А. В. Использование интеллектуальных тренажеров при обучении операторов как основа обеспечения безопасности технологических процессов // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2012. № 12(71). С. 253-260.



Рисунок 2- Методика создания интеллектуального тренажерного комплекса для операторов химического производства (авторское видение)

На рисунке 3 изображена структура взаимодействия элементов интеллектуального тренажера для операторов-технологов в химическом производстве. Это авторское

решение было принято в опытную эксплуатацию, о чем имеется акт внедрения (здесь не показанный). Для удобства восприятия модели, ее блоки окрашены в разный цвет.

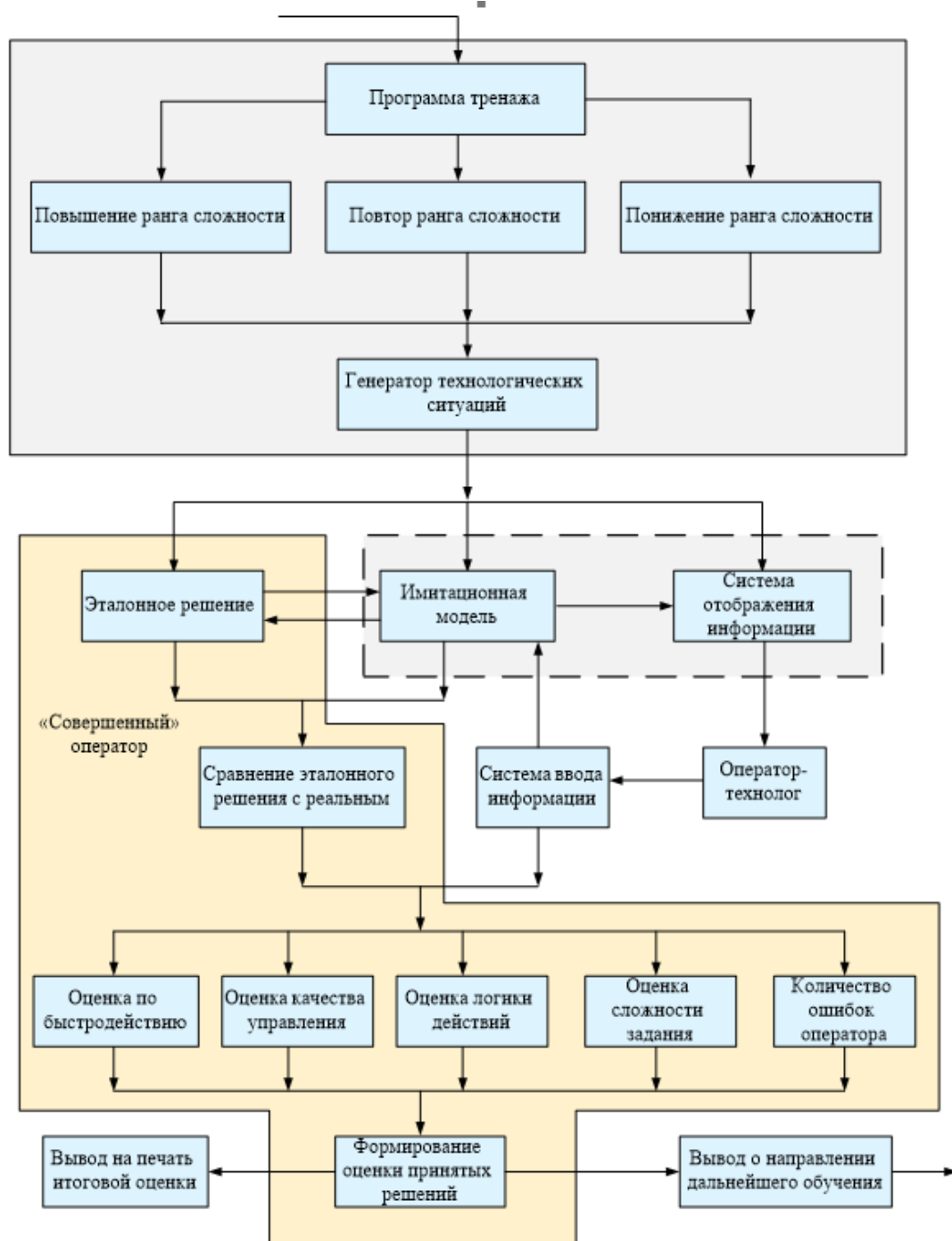


Рисунок 3 - Структура взаимодействия элементов интеллектуальный тренажера для оператора установки производства аммиака (авторское видение)

Как видно из рисунка, серым цветом отмечен блок программного управления. Он представляет собой интеллектуальную систему, разработанную на языке программирования высокого уровня. Структурно представляет собой экспертную систему, построенную на аппарате нечеткой логики, включая нейро–нечеткую математику. Здесь подробно не рассматривается.

Желтым цветом помечен блок принятия управленческих решений, на базе которого сейчас, применяя сети Петри, формируется алгоритм машинного обучения нейро-нечеткой сети.

Интеллектуальный тренажер оператора установки производства аммиака», позволяющий тренировать способность оператора предвидеть развитие процесса на уровне хорошего эксперта, внутри также

планируется, разработать модуль «Советчик оператора» — это обучающая система для оператора, позволяющая повысить квалификацию персонала и избежать возможных аварийных ситуаций.

В настоящее время идеи, представленные в публикации, продолжают развиваться. Подготовлен План повышения квалификации для топ-менеджеров цеха. Он

включает повышение уровня знаний руководства цеха и всех, кто вовлечен в процессы обеспечения безаварийной работы на химических производствах.

План отражает концептуальное видение и носит предварительный характер; в настоящее время находится на обсуждении с руководством цеха. Он имеет следующий вид (таблица1).

Таблица 1 – Планирование уровня повышения знаний сотрудников цеха (фрагмент)

Планируемое мероприятие	Целевое назначение	Сроки реализации	Ответственные лица
Освоение стандартов интеллектуальных систем	Понимание необходимости создания базы знаний и поиск инструментов извлечения знаний	Апрель-май 2024	Ершов Д.Д.
Проведение разъяснительной работы с сотрудниками цеха, занятыми работой на автоматической линии	Повышение уровня ответственности к процессу принятия управленческих решений	Май 2024	Ершов Д.Д., Муниров Н.Р.
Формирование базы знаний для наполняемости интеллектуального тренажера	Формирование базы правил для системы логического вывода	Июнь-сентябрь 2024	Ершов Д.Д., наставники операторов
...	...	...	...
Внедрение базы правил в систему логического вывода интеллектуального тренажера	Контроль навыков принятия управленческого решения	Ноябрь-декабрь 2024	Ершов Д.Д.

Таким образом, поставленные в научном изыскании проблемные вопросы позволили сформировать круг решения целевых задач. В результате показана авторская методика создания интеллектуального тренажерного комплекса для операторов химического производства,

которая была получена в результате применения инструмента «сети Петри».

Практическая значимость достигнутых результатов состоит в том, что предпринята попытка совершенствования процессов повышения квалификации сотрудников химических производств за счет повышения уровня интеллектуального потенциала.



## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Власов, Д. А. Математическое моделирование и методы внутримодельных исследований / Д. А. Власов, В. М. Монахов, Н. В. Монахов. М.: МГТУ им. М. А. Шолохова, 2007. 345 с.
2. Власов, Д. А. Реализация метода дерева в моделировании процесса принятия решений / Д. А. Власов. — Текст: непосредственный // Вопросы экономики и управления. 2016. № 2 (4). С. 34-37. URL: <https://moluch.ru/th/5/archive/28/798/> (дата обращения: 15.02.2023).
3. Глухова, Л.В. Сценарное управление развитием вуза: математическое моделирование устойчивости к рискам / Л.В. Глухова, С.Д. Сыротюк, С.Ш. Палферова. Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. 2022. Т. 2. № 3 (50). С. 40-50.
4. Горбунов В. К., Львов А. Г. Сравнительный анализ региональных экономик методом производственных функций // Направления и проблемы развития современной теории и методологии региональной экономики. Инструментарий и методы прогнозирования регионального развития. Материалы I Всероссийского симпозиума по региональной экономике. – Екатеринбург: ИЭ УрО РАН, 2011. Т. 1. С. 147 – 149.
5. ГОСТ Р 54869 – 2011 Проектный менеджмент. Требования к управлению проектом. [Текст]. – М.: Стандартинформ, 2011. 153 с.
6. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200124394> (Дата обращения: 15.02.2023)
7. Доррер, Г. А. Моделирование процесса интерактивного обучения на базе формализмов раскрашенных сетей Петри / Г.А. Доррер, Г.М. Рудакова //Вестник Красноярского гос. ун-та. – Красноярск: КрасГУ, 2004. № 3 Физико-математические. С 29-35.
8. Доррер, Г. А. Технология моделирования и разработки учебных электронных изданий / Г. А. Доррер, Г. М. Рудакова; под ред. В. С. Соколова. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. 272 с.
9. Ершов Д. Д. Ситуационное управление процессом повышения эффективности производственных функций на основе модульного тренажера / Д.Д. Ершов, Л.В. Глухова / Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. 2023. Т. 2. № 3 (52). С. 46-55.
10. Ким, С. А. Теория управления: учебник / С. А. Ким. – Москва: Дашков и К, 2019. – 240 с.: ил. Режим доступа: по подписке. URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=573306> (дата обращения: 15.02.2023).
11. Мараховский В. Б., Розенблюм Л. Я., Яковлев А. В. Моделирование параллельных процессов. Сети Петри. СПб.: Профессиональная литература, 2014. 400 с.
12. Львов, А. Г. Многофакторные производственные функции с переменной эластичностью // Труды IV Всероссийского симпозиума по экономической теории. – Екатеринбург: ИЭ УрО РАН, 2010. Т. 2. С. 41 – 43.
13. Постоянный технологический регламент №Тр11 – Ж установки очистки Станко продувочных газов от аммиака и получения аргона производства аммиака цеха № 11 [Внутренний документ КуйбышевАзот]. – Тольятти, 2018. 203 с.
14. Трифонова, О.Н. Анализ методов поиска идей для решения проблем в бизнесе методом построения дерева проблем и дерева решений. Анализ методов поиска идей для решения проблем в бизнесе методом построения дерева проблем и дерева решений / Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. 2015. № 9-2. С. 131-135.

15. Феофанов, А.Н. Повышение эффективности деятельности предприятия на основе применения метода дерева решений / А.Н. Феофанов, М.К. Егоров // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. 2021. № 1 (11). С. 29-34.
16. Шемелова, О.В. Метод "дерева решений" при решении задач теории вероятностей // Евразийское Научное Объединение. 2021. № 12-1 (82). С. 43-45
17. Glukhova, L.V. Identification of key factors for a development of smart organization/ L.V. Glukhova, S.D. Syrotyuk, A.A. Sherstobitova, S.A. Gudkova // Smart Innovation, Systems and Technologies. 2019. T. 144. С. 595-607
18. Mitrofanov S.A. On the basic methods of decision trees learning/Молодежь. Общество. Современная наука, техника и инновации. 2021. № 20. С. 358-359
19. Протасов, А. В. Использование интеллектуальных тренажеров при обучении операторов как основа обеспечения безопасности технологических процессов / А. В. Протасов, Н. А. Белова, П. Ю. Вильвер // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2012. – № 12(71). – С. 253-260. – EDN PLVFEX.

*Дата поступления: 28.02.2024*

*Дата принятия: 12.03.2024*