

На правах рукописи



НИЖЕГОРОДОВ Кирилл Сергеевич

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ
ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ ВПК В УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДА НА ВЫПУСК
ПРОДУКЦИИ ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Специальность 2.3.4. Управление в организационных
системах

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Воронеж – 2024

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Воронежский государственный технический университет»

Научный руководитель:

Серебрякова Елена Анатольевна,
кандидат экономических наук, доцент

Официальные оппоненты:

Россихина Лариса Витальевна, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное казенное образовательное учреждение высшего образования «Академия управления Министерства внутренних дел Российской Федерации», кафедра информационных технологий, профессор

Алексеев Александр Олегович, кандидат экономических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»» в Перми, кафедра информационных технологий в бизнесе, доцент

Ведущая организация:

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

Защита диссертации состоится 15 ноября 2024 г. в 11⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета 24.2.286.04, созданного на базе ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», по адресу: г. Воронеж, Московский проспект, 14, аудитория 216.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке Воронежского государственного технического университета и на сайте <https://cchgeu.ru/>

Автореферат разослан «10» сентября 2024 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета 24.2.286.04
кандидат технических наук, доцент



К. Ю. Гусев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Современное развитие экономики сформировало перед предприятиями военно-промышленного комплекса (ВПК) России ряд вызовов и новых возможностей. Данные предприятия имеют колоссальный опыт реализации сложных государственных заказов военного назначения, сотрудники, как правило, обладают высокими компетенциями в самых разных областях деятельности, на предприятиях имеются центры технологий и точки потенциального роста. Все это привлекает к сотрудничеству с ними самых разных заказчиков, в том числе высокорейтинговые холдинги, в частности: ПАО «Газпром», РЖД, Росатом и многих других. И это не удивительно, учитывая высокую историческую ответственность предприятий ВПК перед заказчиками. Поэтому на сегодняшний день, несмотря на значительные заказы непосредственно по профилю таких предприятий от государства, растет процент непрофильной продукции, и в ряде случаев он достиг 25-31%.

К сожалению, организационная система управления такими предприятиями оказалась не готова к выполнению нестандартных заказов различной номенклатуры и требований со стороны заказчика. Имея ярко выраженный иерархический характер, а в последнее время еще и множественные надстройки холдингового характера, предприятия ВПК не справляются с дополнительной нагрузкой и вынуждены увеличивать сроки реализации заказов либо снижают качество готовой продукции, что, учитывая характер заказов, в ряде случаев просто недопустимо. Одной из важнейших причин таких результатов явилось отсутствие в организационных системах управления предприятиями контура интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц, направленного на безусловное и своевременное выполнение непрофильных заказов с заданным качеством. Кроме этого, обладая колоссальными потенциальными возможностями роста производства, предприятия ВПК, имея внешний контур управления, не спешат проявлять инвестиционную инициативу, не очень охотно участвуют в различных федеральных и региональных программах, направленных на повышение конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынках.

Таким образом, возникла задача трансформации систем управления портфелями заказов двойного назначения на предприятиях ВПК при сохранении контуров управления основным производством. Однако решение указанной задачи сталкивается с проблемой отсутствия целостной методологии для управления подобными непрофильными портфелями заказов в иерархических организационных системах. Кроме этого, сами руководители пока относятся к таким заказам как дополнительной нагрузке и слабо мотивированы к работе с ними. О подчиненных же и говорить не приходится – мотивация просто отсутствует.

Данная проблема подробно рассмотрена в работах таких известных ученых, как Баркалов С.А., Бурков В.Н., Дорофеев А.А., Мандель А.С., Курочка П.Н., Угольницкий Г.А., Щепкин А.В., Цыганов В.В. и многих других. Однако степень исследованности данной области остается недостаточной, особенно в области повышения качества при управлении процессами выпуска продукции двойного назначения предприятиями ВПК, которые относятся к классу иерархических организационных систем и характеризуются наличием вариантов классификации заказов, их ранжированием, малым внедрением элементов проектного управления и неопределенностью при формировании интеллектуальной поддержки принятия решений для достижения заданных индикаторов.

Для решения задач синтеза и идентификации процессов трансформации систем управления портфелями заказов предприятий ВПК двойного назначения должны быть синтезированы элементы интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц, позволяющей обеспечить выполнение всех задач в определенные сроки и с заданным качеством. Управление процессами синтеза оптимального варианта таких систем представляет собой поиск в функциональном пространстве состояний, что осложняет теоретический аспект анализа и порождает множественную ошибку при интерпретации результатов исследований.

Как в области теории, так и практики сложились противоречия, что и обуславливает актуальность проведенных исследований.

Целью диссертационной работы является разработка алгоритмов и моделей управления процессами выполнения заказов двойного назначения в организационных системах ВПК, обеспечивающих выпуск продукции в установленные сроки и требуемого качества за счет интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц.

Для достижения цели необходимо решить следующие *задачи*:

1. Провести анализ существующих подходов к повышению эффективности управления в организационных системах ВПК при переходе на выпуск продукции двойного назначения.

2. Синтезировать информационную модель поддержки процессов управления портфелями заказов двойного назначения в организационных системах ВПК, позволяющую существенно повысить вероятность выполнения производственной программы в срок.

3. Разработать модель классификации и планирования портфелей заказов в организационных системах ВПК, позволяющую снизить риск манипулирования информацией структурными единицами предприятия.

4. Синтезировать алгоритм розыгрыша отдельной реализации стохастического графа для упорядочения портфеля заказов в организационной системе ВПК, позволяющий получить оптимальный вариант портфеля заказов за минимальное число шагов.

5. Разработать алгоритм для оценки качества управления портфелем заказов двойного назначения в организационной системе ВПК, позволяющий выбирать наименее рискованные корректирующие действия для должностных лиц.

6. Получить имитационную модель информационного обеспечения процессов управления организационными системами ВПК в условиях перехода на выпуск продукции двойного назначения, позволяющую существенно повысить точность прогнозируемого поведения системы.

7. Определить требования к организации информационного обеспечения управления организационными системами ВПК в условиях перехода на выпуск продукции двойного назначения.

Объектом исследования является процесс управления в организационных системах ВПК при переходе на выпуск продукции двойного назначения, а **предметом исследования** – методы интеллектуализации процессов принятия решений в иерархических организационных системах на основе информации обратной связи.

Методы исследования. Для решения поставленных в диссертации задач использовались методы: математической теории графов, численной таксономии, машинного обучения, эвристические, квалиметрии, искусственного интеллекта, объектно-ориентированного программирования.

Обоснованность. Корректное использование методов исследования является основой для обоснованности научных выводов, выраженных в данной работе.

Достоверность научных результатов подтверждается проведенным в диссертации сравнительным анализом подходов к формированию и практической апробации разработанных методов для решения задач планирования портфеля заказов в организационных системах ВПК на основе типа и компетентности предприятий, формирования программ реинжиниринга производственной деятельности предприятий, синтеза композиционной структуры характеристик качества управления портфелем заказов и адекватной оценки этих характеристик соответствующими математическими моделями.

Тематика работы соответствует п. 2 «Разработка математических моделей и критериев эффективности, качества и надёжности организационных систем.», п. 4 «Разработка информационного и программного обеспечения систем управления и механизмов принятия решений в организационных системах», п. 9 «Разработка методов и алгоритмов интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в организационных системах» паспорта специальности 2.3.4. Управление в организационных системах.

Научная новизна. В процессе исследования в диссертации были достигнуты следующие основные результаты, отличающиеся научной новизной:

1. Информационная модель поддержки процессов управления портфелями заказов двойного назначения в организационных системах ВПК, позволяющая существенно повысить вероятность выполнения производственной программы в срок за счет использования вероятностно-автоматного моделирования и агрегирования.

2. Модель классификации и планирования портфелей заказов в организационных системах ВПК, позволяющая снизить риск манипулирования информацией структурными единицами за счет предварительной кластеризации продукции и использования моделей определенно-вероятностного планирования.

3. Алгоритм розыгрыша отдельной реализации стохастического графа для упорядочения портфеля заказов в организационной системе ВПК, позволяющий получить оптимальный вариант портфеля заказов за минимальное число шагов за счет использования параметризации нескольких правил предпочтения при имитационном моделировании производства с учетом имеющихся компетенций и технологий.

4. Алгоритм для оценки качества управления портфелем заказов двойного назначения в организационной системе ВПК, позволяющий выбирать наименее рискованные по критерию Сэвиджа корректирующие действия для должностных лиц, которые обеспечивают безусловное выполнение плана за счет использования методов численной таксономии.

5. Имитационная модель информационного обеспечения процессов управления организационными системами ВПК в условиях перехода на выпуск продукции двойного назначения, позволяющая существенно повысить точность прогнозируемого поведения системы для стохастических матриц бесконечной размерности за счет использования матрицы вероятностей перехода и системы логических высказываний и формул при генерации случайных чисел любого закона распределения.

Теоретическая и практическая значимость работы. Разработаны модели и алгоритмы, позволяющие осуществлять решение задач обеспечения заданного времени выполнения заказов предприятиями ВПК при выпуске продукции двойного назначения с уровнем качества готовой продукции, соответствующим потребностям заказчика с учетом отдельных свойств используемых в ходе производственного процесса механизмов формирования технологий, синтеза таксономической структуры характеристик качества управления процессами и адекватной оценки этих характеристик соответствующими математическими моделями.

Положения выносимые на защиту:

1. Информационная модель поддержки процессов управления портфелями заказов двойного назначения в организационных системах ВПК.

2. Модель классификации и планирования портфелей заказов в организационных системах ВПК.

3. Алгоритм розыгрыша отдельной реализации стохастического графа для упорядочения портфеля заказов в организационной системе ВПК.

4. Алгоритм для оценки качества управления портфелем заказов двойного назначения в организационной системе ВПК.

Внедрение результатов работы. Модели, алгоритмы и механизмы внедрены в практическую подготовку при проведении производственной практики на АО КБХА в виде регламента для определения номенклатуры продукции двойного назначения для ПАО «Газпром» в ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет». Результаты диссертационного исследования нашли применение в практической деятельности компании ООО «Angels IT» при выполнении сложных IT проектов в составе проектных групп, сформированных на основе Agile - методологии в виде регламентов для руководителей структурных подразделений при формировании команды проекта.

Апробация работы. Основные результаты исследований докладывались и обсуждались на: международной молодежной научно-практической конференции «Качество продук-

ции: контроль, управление, повышение, планирование» (Курск, 2016); XVI всероссийской школе-конференции молодых ученых «Управление большими системами» (Тамбов, 2019); XXII International scientific conference energy management of municipal facilities and sustainable energy technologies (EMMFT-2020) (Воронеж, 2020), 43-ой Международной научной школе-семинаре «Системное моделирование социально-экономических процессов» (Воронеж, 2020), Всероссийской научно-практической конференции «Меж-дисциплинарные исследования экономических систем» (Тверь, 2022), XVIII Всероссийской школе-конференции молодых ученых «Управление большими системами» (2023, Воронеж), а также на научных семинарах кафедры управления (2017 – 2023 гг).

Публикации. По тематике диссертации опубликовано 13 научных работ, в том числе 3 – в изданиях, рекомендуемых ВАК для опубликования основных научных результатов диссертаций, из них 1 работа проиндексирована в SCOPUS.

Личный вклад автора. В работах, опубликованных в соавторстве, личный вклад соискателя состоит: в работах [1], [4] автору принадлежит информационная модель поддержки процессов управления портфелями заказов двойного назначения в организационных системах ВПК; в работах [2], [6] – модель классификации и планирования портфелей заказов в организационных системах ВПК; в работах [3], [5], [9] – алгоритм розыгрыша отдельной реализации стохастического графа для упорядочения портфеля заказов в организационной системе ВПК; в работах [7], [8], [10] – алгоритм розыгрыша отдельной реализации стохастического графа для упорядочения портфеля заказов в организационной системе ВПК; в работах [11], [12], [13] – имитационная модель информационного обеспечения процессов управления организационными системами ВПК в условиях перехода на выпуск продукции двойного назначения.

Структура и объем работы. Диссертация включает введение, четыре главы, заключение, список литературы, состоящий из 115 источников, и приложения. Общий объем диссертации составляет 143 страницы, включая 21 рисунок и 11 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационного исследования, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость результатов, приведены сведения об апробации и внедрении работы.

В первой главе рассматриваются способы формирования и управления портфелем заказов двойного назначения в организационных системах ВПК.

Рассмотрим модель управления портфелем заказов двойного назначения организационной системы ВПК, представляющую собой ориентированный конечный граф: $G(X, U)$ без контуров, где: X — множество вершин, соответствующих событиям; U — множество дуг, соответствующих работам. Пусть U_x^- - множество работ, исходящих из вершины x , а U_x^+ — множество работ, входящих в вершину x , $x \in X$. Множество вершин неоднородно и включает в себя вершины, реализующие на входе и выходе события логическую операцию «И» (ситуация обязательного начала и окончания каждой работы), и вершины, реализующие на входе и выходе события логическую операцию «ИЛИ» в неисключающем и исключающем смысле (отражают альтернативные ситуации процесса). Событие, принадлежащее к одному из типов 0, 1, 2 с входом «И», считается свершенным в случае окончания всех непосредственно входящих в него работ. Для конкретной реализации стохастической модели раннее время свершения T_p события x типов 0, 1, 2 вычисляется по формуле:

$$T_p(x) = \begin{cases} \max_{(x',x)} (T_p(x') + \tau(x',x)) \\ \text{для событий } x: U_x^+ = 0 \end{cases} \quad (1)$$

Для конкретной реализации стохастической модели раннее время свершения T_p события x , относящегося к одному из перечисленных типов событий, определяется из соотношения:

$$T_p(x) = \max_{(x',x)} (T_p(x') + \tau(x',x)) \quad (2)$$

Пусть P_u^ν — вероятность реализации работы $u \in U_x^-$ при условии, что свершение события x определяется выполнением работы $\nu \in U_x^+$. Предполагается, что информация о сетевой модели предварительно преобразуется так, что вершины будут перенумерованы натуральными числами $1, 2, \dots, M$. Алгоритм розыгрыша отдельной реализации состоит в последовательном рассмотрении группировок работ U_x^- , имеющих началом одно и то же событие x , и в вычислении временных характеристик событий.

Шаг 1. Устанавливаем начальные значения T_p^0 наиболее ранних времен всех событий: для событий типов 0, 1, 2 полагаем $T_p^0 = 0$, а для решающих событий типов 3—7 полагаем $T_p^0 = \infty$; переходим к шагу 2.

Шаг 2. Выделяем очередную группировку работ U_x^- с общим начальным событием x и переходим к шагу 3.

Шаг 3. Если наиболее раннее время $T_p(x)$ начала группировки работ равно ∞ , то переходим к п. 4, иначе — к шагу 5.

Шаг 4. Работы рассматриваемой группировки исключаем из данной реализации модели согласно (1) и переходим к шагу 5.

Шаг 5. Если событие x имеет неальтернативный выход, т. е. относится к событиям типов 0 или 3, то переходим к п. 6, в противном случае — к шагу 7.

Шаг 6. Работы рассматриваемой группировки U_x^- включаем в реализацию согласно (2) и переходим к шагу 10.

Шаг 7. Если событие x имеет альтернативный выход типа неисключающее «ИЛИ» (события типов 2, 5 или 6), то переходим к выполнению п. 8, иначе при альтернативном выходе типа исключающее «ИЛИ» (события типов 1, 4, 7) переходим к шагу 9.

Шаг 8. Работы $u = (x, y) \in U_x^+$ разыгрываем независимо друг от друга, согласно заданному вектору вероятностей. При этом, если событие x относится к типу 6, вектор вероятностей определяется из заданной матрицы $\|P_u^y\|$ по лимитирующему событию ЛС $[x]$; переход к шагу 10.

Шаг 9. Включаем в реализацию одну из работ рассматриваемой группировки в соответствии с розыгрышем полной группы событий с заданным вектором вероятностей. Если событие относится к типу 7, то из описывающей его матрицы вероятностей выбирается столбец, соответствующий событию ЛС $[x]$.

Шаг 10. Если просмотрен весь список работ, то работа алгоритма данной реализации стохастической сетевой модели закончена. В противном случае, перейдя к шагу 2, рассматриваем следующую группировку работ с начальным событием.

В ходе управления портфелем заказов выявляются несоответствия. Планируется разработка сценариев осуществления заказа с учетом различных типов номенклатур в подразделении перепроектирования. Для удобства будем считать, что S_0 является заказом, который поступил на предприятие в данный момент времени t_0 . В качестве примера можно привести вероятность того, что в определенный промежуток времени система S будет находиться в состоянии S_1 или сохранит состояние S_0 . Попробуем изобразить состояния в виде кругов, на которых нанесены обозначения состояний: S_1, S_2, \dots, S_n (рис. 1).

Цепь Маркова имеет стационарное распределение вероятности, которое не изменяется со временем. В результате, используя Марковский процесс, можно рассчитать вероятность перехода системы из одного состояния в другое и определить какой сценарий будет наиболее вероятным. С помощью сети Петри рассмотрим последовательность срабатывания каждого сценария.

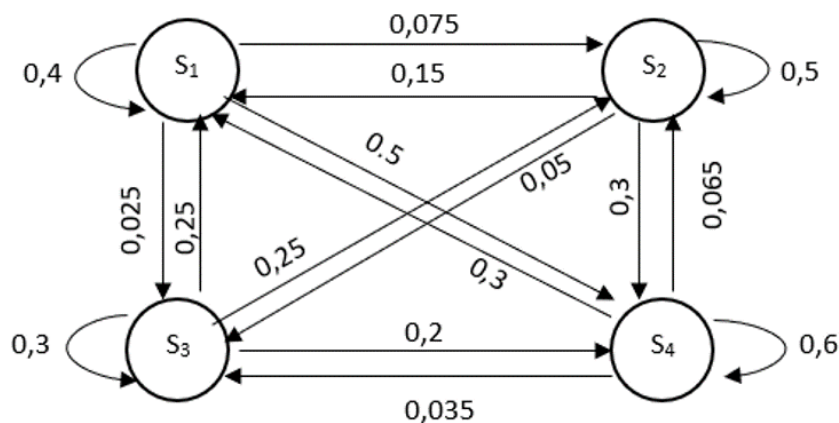


Рис. 1. Граф состояния

Условно можно сказать, что сеть Петри состоит из четырех видов:

$$S = \langle P, T, E, M_0 \rangle,$$

где: P — конечное множество позиций (иначе — мест или условий); T — конечное множество переходов (событий); $E \subseteq (P \times T) \cup (T \times P)$; M_0 — начальная маркировка (разметка), $M_0: P \rightarrow N$, $N = \{0, 1, 2, \dots\}$ — множество натуральных чисел.

С помощью представления сети Петри в виде двудольного графа (рис. 2) можно задать структуру сети Петри, не изменяя ее динамически.

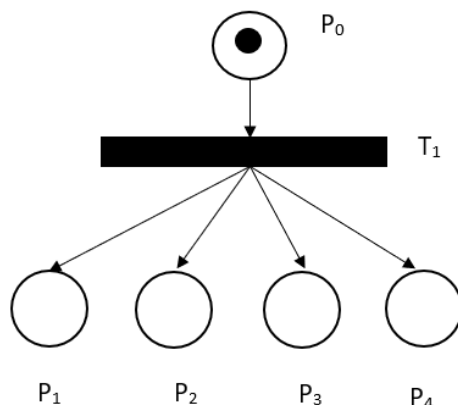


Рис. 2. Сеть Петри

Таким образом, в иерархических организационных системах, к которым относятся предприятия ВПК, существующие модели планирования и управления неэффективны, т.к. существует противоречие между задачами центров и агентов, и найти области компромисса по их целевым функциям крайне сложно. Процессы планирования при формировании портфеля заказов сталкиваются с проблемой манипулирования информацией со стороны агентов при слабой заинтересованности центров. Для реализации инноваций предприятиям ВПК необходимо участвовать в федеральных грантах, однако их заинтересованность в подобных проектах крайне мала.

Вторая глава посвящена разработке моделей управления организационными системами ВПК в условиях перехода на выпуск продукции двойного назначения, позволяющих существенно повысить вероятность выполнения производственной программы в срок и снизить риск манипулирования информацией структурными единицами предприятия.

Рассмотрим **информационную модель поддержки процессов управления портфелями заказов двойного назначения в организационных системах ВПК.** Организационная система ВПК для управления портфелями заказов двойного назначения относится к структу-

рам древовидного иерархического типа, так как она в наибольшей мере соответствует содержанию объекта, и демонстрирует как трансформируется общая система применительно к рассматриваемым объектам. Обратимся к особенностям работы системы управления, которая применяется для классов предприятий, характеризующихся свойствами потока комплектов (ПК). В процессе производства каждый поток $x_i(t)$ получает управление от своего собственного объекта θ_i , который обладает собственной системой управления V_i . На вход системы поступает сигнал для согласования:

$$q_i(t) = X_i^0(t) - Q_i - X_i(t), \quad (3)$$

где: $X_i^0(t)$ — программа выпуска продукции, задаваемая объекту θ_i , $X_i(t)$ — суммарный выпуск продукции объектом θ_i , полученный интегрированием в блоке сумматора потока $X_i(t)$, Q_i — параметр, связанный с нормативным запасом i -го продукта.

В таком случае ПК будет определяться в каждый момент времени наиболее отстающим из потоков:

$$x(t) = \frac{d}{dt} X(t), \quad X(t) = \min_{1 \leq i < n} X_i(t). \quad (4)$$

Существует две основные цели исследования: это обоснование эффективности двух- и многоуровневой организации управления в исследуемых производственных системах ВПК, а также применение одного уровня управления для каждого потока. Двухуровневое управление (рис. 3) обеспечивается сочетанием операторов V_i нижнего с оператором V верхнего уровня.

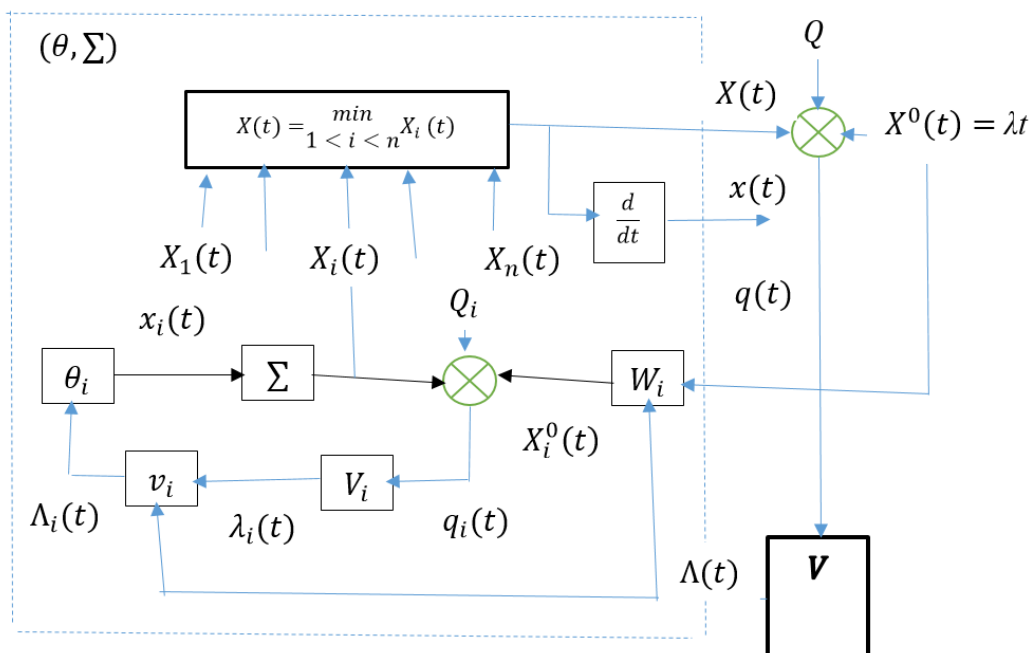


Рис. 3. Модель двухуровневого управления процессом формирования потока комплектов из заданных питающих потоков

Рассмотрим двухуровневую модель управления питающими потоками ПК. Вмешательство оператора V в работу объектов θ_i осуществляется с помощью вспомогательных операторов v_i и w_i , влияя на формирование программ $X_i^0(t)$ и корректируя в интересах системы решения $\lambda_i(t)$ операторов V_i , исходящих в своей работе из «эгоистических» интересов подведомственных им производств. Оператор V вырабатывает координирующие решения путем преобразования сигнала рассогласования:

$$q_i(t) = X_i^0(t) + Q - X_i(t), \quad (5)$$

где: $X^0(t) = \lambda t$ - заданная системе программа выпуска комплектов, принимаемая далее линейной функцией времени, Q — параметр, задающий нормативный уровень комплектных запасов в системе.

Процесс (поток) $x(t)$ относится к классу управляемых, т.е. дисперсия сигнала рассогласования $q(t)$ будет ограниченной даже при:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} D(n) < \infty, \quad (6)$$

что вытекает из сформулированных выше утверждений E и F .

Таким образом, начиная с некоторой сложности системы, определяемой величиной n_k^i числа питающих потоков в ней, двухуровневая система управления (оператор V на верхнем уровне и операторы V_i - на нижнем) способна обеспечить более высокую упорядоченность ПК, нежели одноуровневое независимое управление каждым питающим потоком (рис. 4).

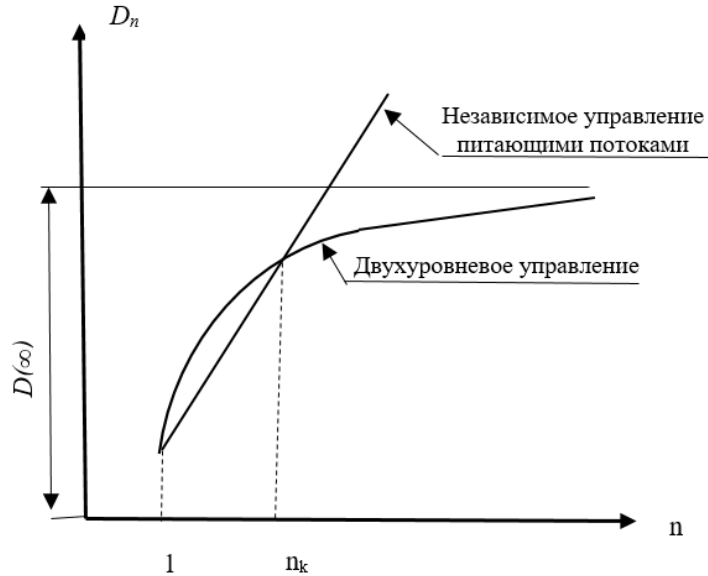


Рис. 4. Сравнительные графики оценки упорядоченности одноуровневого и двухуровневого управления питающими потоками

Эффективность такого подхода иллюстрируется возможностью координации деятельности объектов θ_i и состоит в выработке оператором V сигнала Λ_i , задающего интенсивность ПК, операторы v_i и w_i соответствуют равенствам:

$$\begin{cases} \Lambda_i(t) = \frac{\Lambda(t)}{\lambda} \lambda_i(t) \\ \frac{dx_i^0(t)}{dt} = \frac{\Lambda(t)}{\lambda} * \frac{dx^0(t)}{dt} = \Lambda(t) \end{cases} \quad (7)$$

комплектных запасов в качестве средства, сглаживающего выпуск готовой продукции.

Если все объекты θ_i характеризуются тем, что величина $\Lambda_i(t)$ пропорциональна интенсивности всех внутренних процессов объекта, формирующих поток $x_i(t)$, а операторы V_i безынерционны, то вмешательство в функционирование i -го замкнутого контура может быть интерпретировано как управление «ходом времени» в нем.

Действительно, при сделанных выше допущениях относительно свойств θ_i , V_i , v_i и w_i мы можем представить, что для замкнутых систем функционирующих совместно, руководствуясь временем τ , можно изменять скорость обучения с помощью оператора:

$$\frac{d\tau(t)}{dt} = \frac{\Lambda(t)}{\lambda}. \quad (8)$$

Совершенно естественным будет допущение, что процесс $\tau(t)$ удовлетворяет условиям:

$$\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} * \int_{-T}^T \frac{d\tau(t)}{dt} * dt = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{\tau(T) - \tau(-T)}{2T} = 1 \quad (9)$$

$$0 \leq \Lambda(t) = \lambda * \frac{d(\tau)}{dt} \leq \Lambda^* > \lambda, \quad (10)$$

первое из которых свидетельствует о том, что ресурсы, находящиеся в распоряжении оператора V , используются только для корректировки поведения ПК, а не для компенсации недостатка ресурсов, подведомственных операторам V_i ; второе условие (10) свидетельствует об

ограниченности ресурсов, находящихся в централизованном подчинении оператора V . Очевидно, что для выполнения условий (9) и (10) необходимо, чтобы:

$$0 \leq \lambda_i(t) \leq \lambda_i^* = \Lambda_i^* * \frac{\lambda}{\Lambda^*} > \lambda, \quad (11)$$

т.е. операторы V_i должны располагать собственными резервами производственной мощности, обеспечивающими возможность выполнения программы $X^{0^*}(t)$.

Отметим также, что условиям независимого функционирования питающих потоков соответствует равенство:

$$\tau(t) = t, \quad -\infty \leq t \leq +\infty \quad (12)$$

В связи с этим далее исследуется общий случай двухуровневой координации, из которого найдем частный случай независимого управления каждым из n питающих потоков:

$$\begin{cases} q_i(\tau(t)) = X^0(\tau(t) + Q_i - X_i(\tau(t))) \\ q(t) = X^0(t) + Q - X(\tau(t)). \end{cases} \quad (13)$$

Введем также специальное обозначение для рассогласования $q(t)$ при отсутствии координации, т.е. при условии:

$$\tilde{q}(t) = q(t)_{\tau(t)=t} = X^0(t) + Q - X(t), \quad (14)$$

откуда получим:

$$q(t) = \tilde{q}(\tau(t)) + \lambda * [t - \tau(t)]. \quad (15)$$

Исследуем уровень некомплектного запаса t -го продукта, определяемый соотношением:

$$z_{i,n}(\tau(t)) = X_i(\tau(t)) - X(\tau(t)) = \tilde{q}(\tau(t)) - q_i(\tau(t)) + Q_i - Q. \quad (16)$$

Характеристики системы определяются средними по времени уровнями запасов. Введем для операции усреднения по времени некоторой функции $\psi(t)$ обозначение:

$$\int_T^* \psi(t) dt = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} * \int_{-T}^T \psi(t) dt, \quad (17)$$

с учетом которого, а также равенства (17) имеем:

$$\lambda^2 * \int^* [\tau(t) - t] * d[\tau(t) - t] = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} * \frac{1}{2} * [\tilde{q}(\tau(t)) - q(t)]^2 \Bigg|_{t=-T}^{t=T} \quad (18)$$

Последний предел равен нулю по вероятности в силу ограниченности дисперсий сигналов $\tilde{q}(\tau(t))$ и $q(t)$:

$$\int^* \tilde{q}(\tau(t)) d(t) = \int^* \tilde{q}(\tau(t)) d\tau(t) - \int^* q(t) * \left[\frac{\Lambda(t)}{\lambda} - 1 \right] * dt = \quad (19)$$

$$= \bar{q}(n) - \int^* q(t) * \left[\frac{\Lambda(t)}{\lambda} - 1 \right] dt$$

Второе слагаемое в этом выражении есть коэффициент корреляции процессов $q(t)$ и $\Lambda(t)$, детерминистская связь между которыми определяется оператором V . Для последнего естественно предположить выполнение условий:

$$\frac{\lambda(t)}{\lambda} - 1 = \begin{cases} > 0, q(t) > q^* \\ 0, q(t) = q^* \\ < 0, q(t) < q^* \end{cases} \quad (20)$$

где $<, =, >$ - параметр системы управления.

Таким образом, получена информационная модель поддержки процессов управления портфелями заказов двойного назначения в организационных системах ВПК, позволяющая существенно повысить вероятность выполнения производственной программы в срок за счет использования вероятностно-автоматного моделирования и агрегирования.

Рассмотрим модель классификации и планирования портфелей заказов в организационных системах ВПК. Существует ряд недостатков процедур классификации, которые основаны на сравнении с эталонными образцами. Так, например, они имеют высокую комбинаторную сложность, что означает большое количество вариантов развития событий. Пусть: $P = \{p_i\}_{i=1}^m$, где $p_i \in R^n$ — множество эталонных признаков, характеризующих

классифицируемую информацию. Корреляционная классификация может быть реализована как в исходном пространстве сигналов, так и в выбранном пространстве признаков. Вектор $q_i \in R^n$ характеризует регистрируемые данные: необходимо минимизировать $\rho(p, q) \rightarrow \min_i$, где: ρ — некоторая метрика. Пусть $\Pi(P)$ — множество всех непустых подмножества P . Среди точечно-множественных отображений $F: P \rightarrow \Pi(P)$ выделим систему $\{F_a\}_{a \in N}$, реализующую разбиение множества P на классы $\{F_a(p)\}_{a \in N}$ такие, что:

$$\forall p_1, p_2 \in P : p_1 \neq p_2 \Rightarrow (F_a(p_1) = F_a(p_2)) \vee (F_a(p_1) \cap F_a(p_2) \neq \emptyset), \quad (21)$$

$$\bigcup_{p \in P} F_a(p) = P. \quad (22)$$

Среди отображений, удовлетворяющих соотношениям (21) и (22), выделим те, для которых:

$$\forall p_1, p_2 \in P : \rho(p_1, p_2) \leq \varepsilon = F_a(p_2), \quad (23)$$

и обозначим эти отображения $\{F_1^\varepsilon, F_2^\varepsilon, \dots\}$.

Заметим, что отображение $\{F_a^\varepsilon\}_{a \in N}$ генерирует классы $\{F_a^\varepsilon(p)\}$, состоящие из признаков, принадлежащих некоторой окрестности ε . Предположим, что ε' — требуемая точность классификации. Если $\varepsilon' > \varepsilon$, то для корреляционной классификации достаточно выполнить N сравнений вводимого вектора $q \in R^n$ с векторами эталонных признаков, где:

$$N = \min(F_a^\varepsilon) = \min_{F_a^\varepsilon} \text{card}\{F_a^\varepsilon(p)\}_{p \in P}. \quad (24)$$

Это выражение означает, что любая точка $p_i \in F_a^\varepsilon(p)$ соответствует вектору q (все векторы $F_a^\varepsilon(p)$ расположены достаточно близко друг к другу). Ниже показано, что подмножества $F_a^\varepsilon(p)$, удовлетворяющие (24), являются исходными множествами для более точного разбиения в случае, когда $\varepsilon' > \varepsilon$.

При условии $\varepsilon' > \varepsilon$ для решения поставленной задачи необходимо минимизировать функционал вида:

$$N = \min_{F_a^\varepsilon} N(F_a^\varepsilon) \min_{F_a^\varepsilon} \text{card}\{F_a^\varepsilon(p)\}_{p \in P} + \max_{p \in P} \text{card} F_a^\varepsilon(p). \quad (25)$$

В самом общем случае построим целевую функцию для иерархических разбиений с заданным числом уровней кластеризации:

$$N = \min_{F_a^\varepsilon} N(F_a^\varepsilon) = \min_{F_a^\varepsilon} \left(\sum_{i=1}^{m-1} \max_{p \in P} \text{card}\{\tilde{F}^i(p)\}_{p \in \tilde{F}^{i-1}(p)} + \max_{p \in P} \text{card} \tilde{F}^b(p) \right), \quad (26)$$

где: $F_a^\varepsilon = \tilde{F}^m(\tilde{F}^{m-1}(p)) = \tilde{F}^{m-1} \otimes \tilde{F}^{m-2}(\tilde{F}^{m-3}(p)) = \tilde{F}^m \tilde{F}^{m-1} \llbracket \tilde{F}^1(\tilde{F}^0(p)) \rrbracket = \prod_{i=1}^m \tilde{F}^i(\tilde{F}^{i-1}(p))$ — композиция точечно-множественных отображений \tilde{F}^i , удовлетворяющих (21)-(26).

В случае, когда алгоритм описывается в терминах множественных и точечных отображений, задача заключается в последовательном построении подмножеств сужающих рассматриваемое множество.

$$\Phi_k \llbracket \Gamma_k^j : \Gamma_k^j \rightarrow \Pi(\Gamma_k^j) \rrbracket$$

Алгоритм 1

$$\text{Шаг 1. } \Phi_k(p) = \bigcup_{p_i^j \in \Gamma_k^j} p_i^j = \arg \max_{p_i^j \in \Gamma_k^j} \text{card}\{p_i^j \oplus \varepsilon B^n\}.$$

где: \oplus — сумма Минковского,
 B^n — единичный шар в R^n

$$\text{Шаг 2. } \Gamma_k^j = P \setminus \Phi_0(p) \setminus \Phi_1(p) \setminus \dots \setminus \Phi_{k-1}(p);$$

$$\Phi_0(p) = \emptyset, \kappa = \overline{1, K}, K: \Gamma_{K+1}^1 = \emptyset;$$

$$\Gamma_k^{j+1} = p_i^j \oplus \varepsilon B^n \setminus \{p_i^j\}, j = \overline{1, l_k}, l_k: \Gamma_k^{l_k+1} = \emptyset$$

Результаты алгоритма 1 — точно-множественное отображение $F_a^\varepsilon = Y \Phi_k$

Утверждение 1. Алгоритм 1 генерирует точно-множественное отображение F_a^ε , принадлежащее $\text{Max}(\{F_a^\varepsilon\}, \pi)$.

Доказательство: После выполнения шагов 1 и 2 получим F_{a1}^ε . Предположим, что не существует точно-множественного отображения F_a^ε , удовлетворяющего (23)-(26), и $F_{a1}^\varepsilon \pi F_{a2}^\varepsilon$. Действительно, в противном случае имеем $F_{a2}^\varepsilon \neq F_{a1}^\varepsilon$ и $F_{a1}^\varepsilon \pi F_{a2}^\varepsilon$: т.е. $\forall p \in F_{a1}^\varepsilon(p) \subset F_{a2}^\varepsilon(p)$ и в то же время $\exists p^*: F_{a2}^\varepsilon(p^*) \neq F_{a1}^\varepsilon(p^*)$. Следовательно, класс $F_{a1}^\varepsilon(p^*)$ является собственным подмножеством $F_{a2}^\varepsilon(p^*)$. Рассмотрим разность этих классов $\Phi_{a1a2}^\varepsilon(p^*) = F_{a2}^\varepsilon(p) \setminus F_{a2}^\varepsilon(p^*) = \emptyset$. Следующее свойство справедливо для элементов множества $\Phi_{a1a2}^\varepsilon(p^*)$: $\forall p_1 \in F_{a1}^\varepsilon(p^*), \forall p_2 \in \Phi_{a1a2}^\varepsilon(p^*)$, имеем $\rho(p_1, p_2) \leq \varepsilon$, поскольку $p_1, p_2 \in F_{a2}^\varepsilon(p^*)$. Заметим, что все элементы $\Phi_{a1a2}^\varepsilon(p^*)$ не могут быть исключены из рассмотрения на всех шагах процедуры 1 и 2, так как:

$$F_{a1}^\varepsilon(p^*) \cap \Phi_{a1a2}^\varepsilon(p^*) \neq \emptyset$$

Таким образом, $\Gamma_{K+1}^1 = \emptyset$, что противоречит структуре точно-множественного отображения F_{a1}^ε , что и требовалось доказать.

Мы можем обозначить переходную операцию F_a^ε , как ε -включение. В результате этого будет принято решение о том, что существует два множественных и точно-множественных отображения.

$$F_{a1}^\varepsilon, F_{a2}^\varepsilon \in \text{Max}(\{F_a^\varepsilon\}, <)$$

Если существует определенное количество ε -включений, то они могут являться являются ε -эквивалентными. Реализация ε -включений аналогична осуществлению указанного выше ветвления. С другой стороны, из максимального класса $\text{Max}(\{F_a^\varepsilon\}, <)$ нельзя исключить точно-множественные отображения, поскольку они не уменьшают число классов признаков $\text{card}\{F_a^\varepsilon(p)\}_{p \in P}$. Пусть $\{F_{\beta}^\varepsilon\}_{\beta \in N}$ — система всех максимальных точно-множественных отображений:

$$\left\{ \begin{array}{l} N(F_{\alpha(\beta)}^\varepsilon) \rightarrow \min_{\alpha(\beta) \in \Omega}; \\ \Omega = \{\alpha(\beta) : F_{\alpha(\beta)}^\varepsilon \pi F_{\beta}^\varepsilon\} \end{array} \right\} \quad (27)$$

Вероятный план получим, если использовать принцип ожидания:

$$x(\xi) = \{x(\xi) | \varphi(x, \xi) = \max\}.$$

Соответственно этому разобьем множество параметров плановой задачи:

$$\xi = \{\xi_I, \xi_{II}\}; \text{ при } x = \{x_I, x_{II}\}.$$

на основе чего задача определенно-вероятностного планирования принимает форму:

$$\max_{x_I} E_{\xi_I} \left[\varphi_I(x_I, \xi_I) + \max_{x_{II}} E_{\xi_{II}} \varphi_{II}(x_{II}, \xi_{II}, x_I \xi_I) \right], \quad (28)$$

где E_{ξ_I} и $E_{\xi_{II}}$ - операторы ожидания по ξ_I и ξ_{II} .

Весь плановый период разобьем на две части: I — ранний подпериод определенного плана, II — поздний подпериод вероятного плана. В обоих подпериодах различаем $i \in M \{1, \dots, m\}$, где M — множество номеров ресурсов. Обозначим вектор определенного плана для первого подпериода через $x_j = (x_j^I)$, $j \in N = \{1, \dots, n\}$ и вектор вероятного плана для

второго подпериода через $\left(\bar{x}_{\Pi}, \sigma_{\Pi}^2 \right) = \left(\left(\bar{x}_j^{\Pi} \right), \left(\sigma_{j\Pi}^2 \right) \right)$, $j=1, \dots, n$. Здесь \bar{x}_j^{Π} — среднее значение вероятного планового показателя j и $\sigma_{j\Pi}^2$ — планируемая дисперсия вероятного планового показателя j .

Таким образом, разработана модель классификации и планирования портфелей заказов в организационных системах ВПК, позволяющая снизить риск манипулирования информацией структурными единицами за счет предварительной кластеризации продукции и использования моделей определенно-вероятностного планирования.

В третьей главе представлены способы алгоритмизации процессов управления организационными системами ВПК в условиях перехода на выпуск продукции двойного назначения, позволяющие получить оптимальные варианты портфеля заказов за минимальное число шагов с выбором наименее рискованных корректирующих действий для должностных лиц.

Рассмотрим алгоритм розыгрыша отдельной реализации стохастического графа для упорядочения портфеля заказов в организационной системе ВПК. Задачи разработки и осуществления производственной программы предприятия ВПК в случае выпуска нестандартной продукции с не до конца определенными объемами производства требуют провести планирование загрузки определяющих узкие места групп оборудования и распределение программы производства по периодам года в группе взаимосвязанных агентов, как правило, имеют большую размерность. Задано некоторое конечное множество D элементов p_i , $i=1, \dots, N$. Предположим, что элементу p_i поставлены в соответствии векторы:

$$\bar{t}_i = (t_{i1}, \dots, t_{ij}, \dots, t_{iJ}), \quad \bar{\varphi}_i = (\varphi_{i1}, \dots, \varphi_{ij}, \dots, \varphi_{iJ}), \quad \bar{d}_i = (d_{i1}, \dots, d_{il}, \dots, d_{iL}),$$

причем компоненты вектора \bar{d}_i - целые неотрицательные числа.

Кроме этого задан вектор $\bar{\phi} = (\phi_1, \dots, \phi_J)$. Требуется определить компоненты вектора $\bar{x} = (x_1, \dots, x_i, \dots, x_J)$ при ограничениях:

$$\sum_{i=1}^I (\varphi_{ij} x_i + a_i t_{ij}) \leq \phi_j, \quad j = 1, \dots, J, \quad (29)$$

где:

$$a_i = \begin{cases} 1 & \text{при } x_i > 0, \\ 0 & \text{при } x_i = 0, \end{cases}$$

$$x_i = \left\{ \sum_{k=1}^L d_{ik}, \quad l = 1, \dots, L \right\}, \quad (30)$$

$$x_i - \text{целые.} \quad (31)$$

К тому же, составляющие вектора \bar{x} должны обеспечить "хорошие", с точки зрения реальных условий труда, значения для тех или иных функций, которые соответствуют задаваемым целям.

Рассмотрим алгоритм решения данной задачи.

1. В множестве D можно выделить два подмножества: D_1 и D_2 . Начальные элементы множества D_1 и D_2 будут включать в себя элементы p_i , значение которых d_{i1} отличалось от нуля.

Рассчитаем компоненты вектора \bar{x} как равные d_{i1} .

- В том случае, если условие (29) не выполняется, то задачу следует считать несовместимой, так как в силу (30) она является неразрешимой. Ограничение (31) выполняется как точное равенство, при котором все значения j будут соответствовать. В этом случае вектор \bar{x} является решением задачи.

- Если при всех j не наблюдается точного равенства, необходимо провести проверку на вероятность увеличения численного значения некоторых компонентов вектора \bar{x} до значения $\sum_{k=1}^l d_{ik}$.

2. Проведем перестановку натуральных чисел натурального ряда от 1 до N и предположим, что натуральное число n , находящееся в данном случае на позиции с номером m , есть элемент множества D_1 . При увеличении номера m и проверке на соответствие формуле (31) можно узнать, есть ли среди элементов множества D_1 такой, что при изменении соответствующего ему вектора \bar{x} на другой компонент $\sum_{k=1}^l d_{ik}$ ограничение (31) будет выполнено.

В том случае, если такой элемент будет найден, процесс создания вектора решения продолжится. В случае, если (31) не выполняется на всех шагах, которые предшествовали описанному итеративному построению вектора \bar{x} решения или обращается в точное соответствие при всех значениях j , то полученный вектор является вариантом решения нашей задачи, который соответствует заданной исходной последовательности элементов множества D_1 . Если будет установлено, что при условии соблюдения ограничения (31), которое выполняется и в том случае, когда все компоненты вектора \bar{x} , которые соответствуют элементам множества D_1 , заменяются на $\sum_{k=1}^l d_{ik}$ и такое соответствие возможно не во всех значениях j , можно перейти к рассмотрению элементов множества D_2 .

Теперь рассмотрим алгоритм, благодаря которому можно получить перестановки по каждому из правил.

В представленной ситуации мы можем рассмотреть некоторый не имеющий отрицательного значения параметр δ , $0 \leq \delta \leq \infty$, значение которого влияет на степень упорядочения элементов множества D_1 в соответствии с функциями предпочтения $F_1(n)$ или $F_2(n)$. Предположим, что мы хотим задать произвольное значение параметра $\delta = \delta_1$. Из всех элементов множества D_1 мы сможем найти тот элемент p_η , который имеет отношение к:

$$F_1(\eta) = \max\{F_1(n)\}. \quad (32)$$

Образуем подмножество P_1 таких элементов D_1 , где:

$$F_1(\eta) - F_1(n) \leq \delta_1. \quad (33)$$

В результате удаления из D_1 элементов P_1 и выполнения описанной процедуры, можно получить подмножество P_2 , а затем и множество D_1 , в котором не будет обнаружено пустот. Пронумеровав элементы множества P_1 по порядку убывания соответствующих им значений функции $F_2(n)$, мы сформируем последовательность ψ_1 . Используя термин "неупорядоченность", мы будем обозначать количество пар неупорядоченных элементов в перестановке S . Неупорядоченная пара двух произвольных элементов p_m и p_k множества D_1 формируется, когда выполняется хотя бы одно из условий:

$$F_1(m) > F_1(k) \quad \text{при} \quad F_2(m) < F_2(k) \quad (34)$$

или:

$$F_1(m) < F_1(k) \quad \text{при} \quad F_2(m) > F_2(k) \quad (35)$$

Теорема 1. При условии, когда степень неупорядоченности элементов множества D_1 является отличной от нуля, можно произвести перестановку S_1 , отличную от S . Для этого нужно поменять параметр δ и применить тот же алгоритм.

Доказательство. Пусть для элементов p_m и p_k множества D_1 выполняются соотношения:

$$F_1(m) > F_1(k), \quad F_2(m) < F_2(k). \quad (36)$$

Допустим, что l – порядковый номер элемента в перестановке S , и элемент p_m занимает в ней место с номером $l = \mu$, а элемент p_k – место с номером $l = \xi$. При этом могут быть два случая.

Таким образом, синтезирован алгоритм розыгрыша отдельной реализации стохастического графа для упорядочения портфеля заказов в организационной системе ВПК, позволяющий получить оптимальный вариант портфеля заказов за минимальное число шагов за счет использования параметризации нескольких правил предпочтения, при имита-

ционном моделировании производства с учетом имеющихся компетенций и технологий.

Далее рассмотрим **таксономический алгоритм для оценки качества управления портфелем заказов двойного назначения.**

Рассмотрим основные подходы к оценке качества управления портфелем заказов двойного назначения в организационной системе ВПК, исходя из любого набора показателей (факторов), значения которых можно отнести к определенной таксономической группе. Рассмотрим m объектов анализируемой системы, которые характеризуются n признаками x_i, \dots, x_n , за N промежутков времени, т.е. информационный массив $\{x_{ijk}\}$, где x_{ijk} - фактическое значение j -го показателя за промежуток времени k для объекта i . Аналогично определяется массив $\{x''_{ijk}\}$, где $\{x''_{ijk}\}$ - плановое значение j -го показателя за промежуток времени k для объекта i . Каждому объекту ставятся в соответствие два вектора его положений в многомерном пространстве

$$\alpha_i = (x_{ijk}), \quad \alpha''_i = (x''_{ijk}), \quad j = 1, \dots, n, \quad i = 1, \dots, N.$$

Пусть имеются два разбиения объектов рассматриваемой системы на таксоны: первое – по плановым значениям $\pi_1, \dots, \pi_\xi, \dots$, второе – по фактическим $\alpha_1, \dots, \alpha_n, \dots$, причем таксоны занумерованы так, что у представителя их с меньшим номером меньший резерв функционирования в заданных параметрах, и наоборот. Тогда возможны три варианта: $a_i \in \pi_\xi$, $a_i \in \varphi_\xi$ и при этом $\xi = \eta$, т.е. качество функционирования объекта системы на среднем уровне; $a_i \in \pi_\xi$, $a_i \in \varphi_\xi$ и $\xi < \eta$ - на низком уровне; $a_i \in \pi_\xi$, $a_i \in \varphi_\xi$ и $\xi > \eta$ - на высоком уровне. Пусть $[0, T]$ промежуток времени, который точками t_k , $k = 0, \dots, N$, разбит на N равных отрезков, и x_{jk} - значение j -го показателя за период k . Предположим, что признак x_j , линейно связан с факторами, тогда:

$$x_j = \gamma_{j1}F_1 + \dots + \gamma_{jn}F_n + \overline{x_j}, \quad (37)$$

где: $\overline{x_j}$ - среднее значение j -го признака; $\gamma_{jp} = \sigma_j a_{jp}$; σ_j - среднеквадратическое отклонение; a_{jp} - факторная нагрузка.

Уравнение связи факторов с признаками:

$$F_p = \sum_{j=1}^n \alpha_{jp} (x_j - \overline{x_j}),$$

где: $\alpha_{jp} = a_{jp} / (\lambda_p \sigma_j)$, $\lambda_p - p - e$ - собственное значение матрицы парных коэффициентов корреляции.

Пусть x_l — объем работ объекта системы, а признаки x_{n-s}, \dots, x_n характеризуют различные ресурсы объекта. Тогда расчет качества функционирования при имеющихся в наличии ресурсах за промежуток $[t_{N-1}, t_N]$ сводится к задаче линейного программирования:

$$\begin{aligned} \gamma_{11}F_1 + \dots + \lambda_{1n}F_n + \overline{x_1} &= \max, \\ \gamma_{(n-s)1}F_1 + \dots + \gamma_{(n-s)n}F_n &= x_{(n-s)N} - \overline{x_{n-s}}, \\ \gamma_{n1}F_1 + \dots + \gamma_{nn}F_n &= x_{nN} - \overline{x_n}, \\ F_1^{\min} &\leq F_1 \leq F_1^{\max}, \\ &\dots\dots\dots \\ F_n^{\min} &\leq F_n \leq F_n^{\max}. \end{aligned} \quad (38)$$

Решая ее, можно определить оптимальные значения факторов F_1^0, \dots, F_n^0 . Методом наименьших квадратов находим временной тренд этого ряда $F_p(t)$, тогда:

$$\begin{aligned} F_p^{\min} &= F_p(t_N) + \min_k \{F_{pk} - F_p(t_k)\}, \\ F_p^{\max} &= F_p(t_N) + \max_k \{F_{pk} - F_p(t_k)\}, k = 1, \dots, N. \end{aligned} \quad (39)$$

Как следует из факторной модели показателей x_1, \dots, x_n , задача (39) всегда имеет решение, поскольку заведомо существует допустимый план моделирования системы:

$F_{pN} = \sum_{j=1}^n \alpha_{jp} (x_{jN} - \bar{x}_j)$, $p = 1, \dots, n$. Отклонение фактических значений факторов от оптимальных:

$d_{pN} = F_{pn}^0 - F_{pN} = \sum_{j=1}^n \alpha_{jp} [x_{jN}^0 - x_{jN}]$ Если фактические значения x_1, \dots, x_n совпадают с оптимальными, то $d_{pN} = 0$. При $d_{pN} \neq 0$ необходимо определить, за счет каких признаков произошло отклонение факторов от оптимальных значений. Следовательно, весь ход эксперимента с объектами организационной системы ВПК можно контролировать по одному показателю -

качества показателей функционирования. Определим резерв роста x_j :

$$R_{jN} = \frac{x_{jN}^0 - x_{jN}}{x_{jN}} * 100\%$$

Найдем минимально возможный показатель \tilde{x}_{1N} . Минимальное значение качества \tilde{x}_{1N} , его фактическое значение x_{1N} , плановое x_{1N}^n , максимально возможное x_{1N}^0 и резерв роста R_{1N} образуют для промежутка времени $[t_{N-1}, t_N]$ вектор индикатора показателя x_1 :

$$I_{1N} = (\tilde{x}_{1N}, x_{1N}, x_{1N}^n, x_{1N}^0, R_{1N})$$

Экспериментальная реализация предложенных подходов производилась для производства задвижек шибберных газопроводов высокого давления АО КБ «Химв Автоматики» в г. Воронеже. Исходная совокупность состояла из 14 объектов (типов задвижек). Для многофакторного анализа взяты основные показатели, оказывающие существенное влияние на качество системы (табл. 1).

Таблица 1 - Мера близости между элементами таксонов и таксонами

Таксоны	1	2	3	4
1	12	48	38	46
2	48	8	41	71
3	38	41	7	45
4	46	71	45	11

После таксономии по плановым значениям признаков было получено четыре таксона, а по фактическим - пять. Сопряженность между таксонами двух разбиений позволила установить (неполное) соответствие между ними:

$$1 \rightarrow 3, 2 \rightarrow 4, 3 \rightarrow 2, 4 \rightarrow 1.$$

Оптимальным решением для данного заказа будет выпуск типичной номенклатуры в любой очереди, изделий, требующих модернизации в определенной очереди и инновационной продукции отдельной очередью.

Таким образом, *получен алгоритм для оценки качества управления портфелем заказов двойного назначения в организационной системе ВПК, позволяющий выбирать наименее рискованные по критерию Сэвиджа корректирующие действия для должностных лиц, обеспечивающие безусловное выполнение плана за счет использования методов численной таксономии.*

Четвертая глава раскрывает требования к информационному обеспечению процессов управления организационными системами ВПК в условиях перехода на выпуск продукции двойного назначения.

Рассмотрим пример практического использования разработанных моделей и алгоритмов для задачи производства задвижек шибберных газопроводов высокого давления на АО КБХА (г. Воронеж). Имеющиеся компетенции и технологии позволяют выполнять такие технологические операции, как производство корпусов задвижек в литейном цехе; комплектование их запорной арматурой; покраска; все виды контроля т.д. Однако для выхода на серию необходимо провести ряд модернизаций, переобучения специалистов, закупки необходимого оборудования и т.д.

Рассмотрим последовательно решение указанных задач. Структурная схема предлагаемой системы управления режимами сушки и окраски изделий представлена на рис. 4.

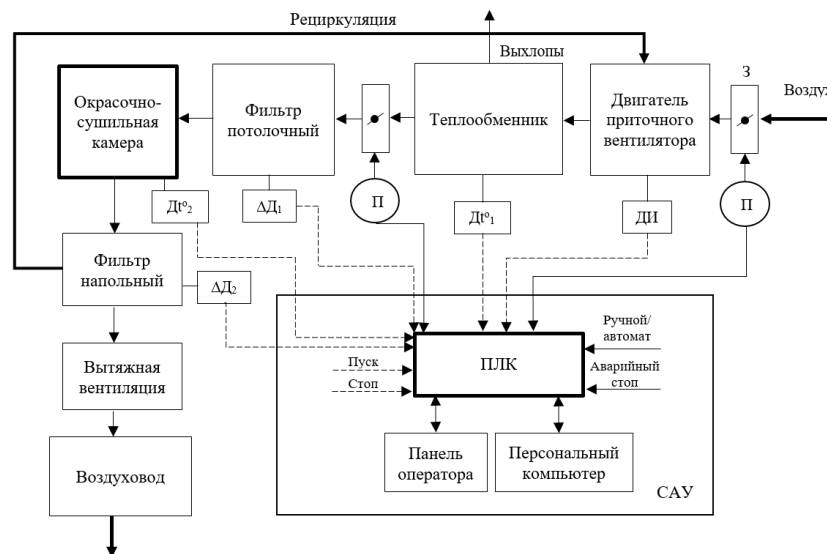


Рис. 4. Структурная схема режима сушки для покраски задвижки шибберной газопровода высокого давления на участке покраски АО КБХА

Программное обеспечение TRACE MODE 6 было использовано при создании программируемого логического контроллера. Программное обеспечение фирмы Овен «Конфигуратор СП200» было использовано для работы панели оператора. При рассмотрении нашего случая, как задачи управления важным параметром в системе подогрева воздуха в окрасочно-сушильной камере, главный экран оператора представлен на рис. 5.

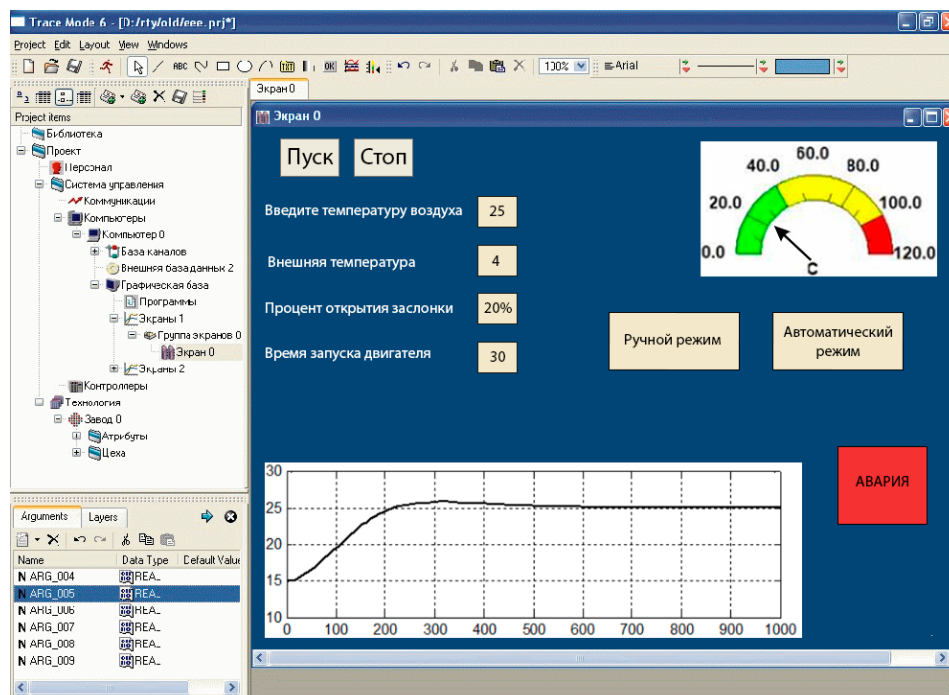


Рис. 5. Визуализация системы TRACE MODE 6

Теперь остановимся на информационной поддержке разработанных в диссертации решений. Информационная система для управления портфелем заказов двойного назначения предприятием ВПК может строиться на основе конфигуратора 1С.ERP, т.к. он в полной мере отвечает всем требованиям, описанным ранее. Учитывая, что в работе имеются результаты, основанные на базе имитационных и автоматных моделей, Марковских процессах, целесооб-

разно использование системы имитационного моделирования GPSS World (студенческая версия). Структура информационной поддержки в системе управления процессом управления портфелем заказов двойного назначения в рамках организационных систем ВПК представлена на рис. 6. Для интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц предприятия, занимающихся управлением портфеля заказов двойного назначения, создаются персональные приложения, обеспечивающие возможность получения информации в соответствии с должностными и функциональными потребностями.

Системы управления базами данных, содержащих сведения о технологиях, заказчиках и специалистах, сформированы на базе отечественной СУБД PostgreSQL. Информационная модель поддержки процессов управления портфелями заказов двойного назначения в организационных системах ВПК синтезирована на базе IDL PyCharm и написана на языке программирования Python с использованием прикладных библиотек. Данные расчетов поступают на АРМ соответствующих ЛПР и обеспечивают решение задачи управления автоматизированным производством с учетом имеющихся компетенций, типа агентов и области компромисса по требованиям заказчика. Обмен информацией осуществляется на основе конфигуриатора 1С>ERP.

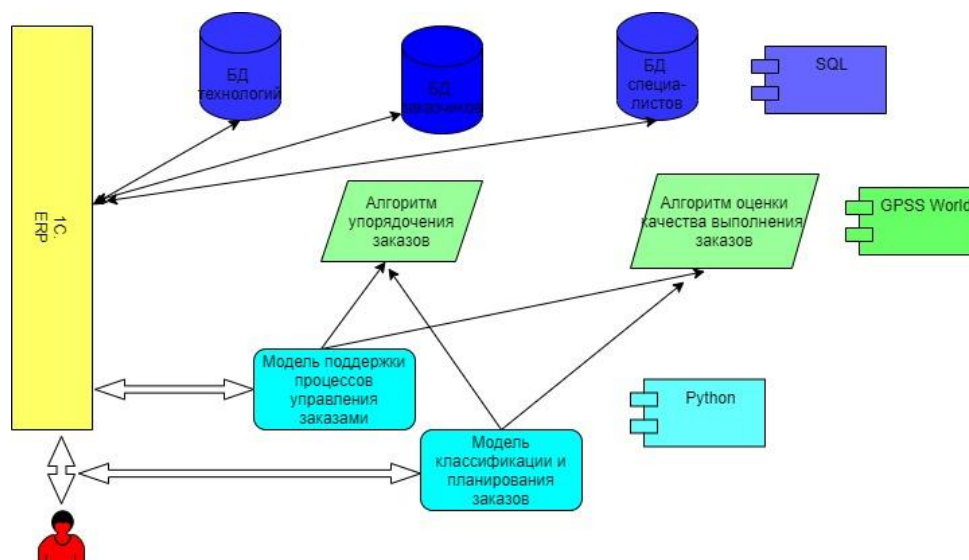


Рис. 6. Структура информационной поддержки процессом управления портфелем заказов двойного назначения

Модель классификации и планирования портфелей заказов в организационных системах ВПК синтезирована на базе IDL PyCharm и написана на языке программирования Python с использованием прикладных библиотек. Для решения задач вероятностной классификации применялись технологии кластеризации с использованием алгоритма DB Scan. Алгоритмы розыгрыша отдельной реализации стохастического графа для упорядочения портфеля заказов и оценки качества его управления в организационной системе ВПК построены на базе системы имитационного моделирования GPSS World (студенческая версия), что вполне достаточно для решения задач диссертационного исследования, но потребует покупки профессиональной версии в случае внедрения на производство. Как альтернатива могут быть использованы ансамблевые методы, а именно стекинг, что довольно хорошо сочетается с задачей получения вектора коррекции для базовых моделей и метамодели. Имитационная модель информационного обеспечения процессов управления организационными системами ВПК построена на базе системы имитационного моделирования GPSS World (студенческая версия), однако целесообразно применить те же подходы, что и в предыдущем случае, только в качестве ансамбля моделей использовать бэггинг.

На рис. 7 представлен фрагмент интерфейса для управления процессом формирования заказа по ресурсам для изменённого конфигуризатора 1С.ERP. Алгоритм формирования оптимального портфеля заказов в организационной системе ВПК построен на основе модели регрессии в IDE PyCharm. Программные модули управления реализуются на языке Python с соответствующими библиотеками, базы данных синтезированы в СУБД PostgreSQL.

Номенклатура, Характеристика	Е...	К заказу	Остаток	Минимальный запас	Максимальный запас	Метод обеспечения	
Блок ПД173.173.200.00, Без управления	шт	<input checked="" type="checkbox"/>	22,000	0,000	7,000	22,000	Поддержание запаса (min-max)
Блок ПД173.173.200.00, С дистанционным управлением	шт	<input checked="" type="checkbox"/>	22,000	0,000	7,000	22,000	Поддержание запаса (min-max)
Блок ПД173.173.201.00, С дистанционным управлением	шт	<input type="checkbox"/>	0,000	5,000	1,000	1,000	Поддержание запаса (min-max)
Блок ПД173.173.203.00, С дистанционным управлением	шт	<input type="checkbox"/>	0,000	140,000	7,000	7,000	Поддержание запаса (расчет по
Блок ПД173.173.200.00, С ручным управлением	шт	<input checked="" type="checkbox"/>	22,000	0,000	7,000	22,000	Поддержание запаса (min-max)
Блок ПД173.173.201.00, С ручным управлением	шт	<input type="checkbox"/>	0,000	5,000	1,000	1,000	Поддержание запаса (min-max)
Блок ПД173.173.203.00, С ручным управлением	шт	<input type="checkbox"/>	0,000	131,000	7,000	7,000	Поддержание запаса (min-max)

Рис. 7. Фрагмент интерфейса для управления процессом формирования заказа по ресурсам для изменённого конфигуризатора 1С.ERP

Оценка эффективности результатов диссертационного исследования проводилась в виде имитационного вычислительного эксперимента. Установлено, что реализация заказа на производство задвижек шиберных на АО КБХА на основе интеллектуализации процессов принятия решений при управлении организационными системами ВПК в условиях перехода на выпуск продукции двойного назначения позволила снизить риски невыполнения заказов в срок и с надлежащим качеством на 23%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В ходе анализа современных подходов к повышению эффективности управления в организационных системах ВПК при переходе на выпуск продукции двойного назначения установлено следующее:

- В иерархических организационных системах, к которым относятся предприятия ВПК, существующие модели планирования и управления неэффективны, т.к. существует противоречие между задачами центров и агентов, и найти области компромисса по их целевым функциям крайне сложно.

- Процессы планирования при формировании портфеля заказов сталкиваются с проблемой манипулирования информацией со стороны агентов при слабой заинтересованности центров.

- Для реализации инноваций предприятиям ВПК необходимо участвовать в федеральных грантах, однако их заинтересованность в подобных проектах крайне мала.

2. Получена информационная модель поддержки процессов управления портфелями заказов двойного назначения в организационных системах ВПК, позволяющая существенно повысить вероятность выполнения производственной программы в срок за счет использования вероятностно-автоматного моделирования и агрегирования.

3. Разработана модель классификации и планирования портфелей заказов в организационных системах ВПК, позволяющая снизить риск манипулирования информацией структурными единицами за счет предварительной кластеризации продукции и использования моделей определенно-вероятностного планирования.

4. Синтезирован алгоритм розыгрыша отдельной реализации стохастического графа для упорядочения портфеля заказов в организационной системе ВПК, позволяющий получить оптимальный вариант портфеля заказов за минимальное число шагов за счет использования параметризации нескольких правил предпочтения, при имитационном моделировании

производства с учетом имеющихся компетенций и технологий.

5. Разработан алгоритм для оценки качества управления портфелем заказов двойного назначения в организационной системе ВПК, позволяющий выбирать наименее рискованные по критерию Сэвиджа корректирующие действия для должностных лиц, обеспечивающие безусловное выполнение плана за счет использования методов численной таксономии.

6. Получена имитационная модель информационного обеспечения процессов управления организационными системами ВПК в условиях перехода на выпуск продукции двойного назначения, позволяющая существенно повысить точность прогнозируемого поведения системы для стохастических матриц бесконечной размерности за счет использования матрицы вероятностей перехода и системы логических высказываний и формул при генерации случайных чисел любого закона распределения.

7. Определены требования к организации информационного обеспечения управления организационными системами ВПК в условиях перехода на выпуск продукции двойного назначения. Для информационной платформы при построении информационной модели поддержки процессов управления портфелями заказов двойного назначения в организационных системах ВПК определена система 1С Университет, модель классификации и планирования портфелей заказов проводилась на платформе Google Colab на основе кластеризации с использованием алгоритма кластеризации DBScan.

8. Алгоритм формирования оптимального портфеля заказов в организационной системе ВПК построен на основе модели регрессии в IDE PyCharm. Программные модули управления реализуются на языке Python с соответствующими библиотеками, базы данных синтезированы в СУБД PostgreSQL. Оценка эффективности результатов диссертационного исследования проводилась в виде имитационного вычислительного эксперимента и установлено, что реализация заказа на производство задвижек шиберных на АО КБХА на основе интеллектуализации процессов принятия решений при управлении организационными системами ВПК в условиях перехода на выпуск продукции двойного назначения позволила снизить риски невыполнения заказов в срок и с надлежащим качеством на 23%.

Список основных публикаций по теме диссертации

Публикации, индексируемые в международной базе данных Scopus

1. Barkalov, S.A. Dichotomizing Decomposition Of Criteria For Evaluation Of Complex Organizational And Technical Systems. [Текст] // Barkalov S.A., **Nizhegorodov K.S.**, Polovinkina A.I., Belousov V.E. В сборнике: proceedings - 2020 2nd international conference on control systems, mathematical modeling, automation and energy efficiency, (summa 2020). 2. 2020. – С. 333-336.

Публикации в изданиях из Перечня ВАК РФ

2. Баркалов, С.А. Информационная модель поддержки процессов управления производственными потоками автоматизированного производства. [Текст] / С.А. Баркалов, В.Е. Белоусов, Д.В. Дорофеев, К.С. Нижегородов, Е.А. Серебрякова // Вестник Южно-Уральского государственного университета. серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2023. – Т. 23. – № 4. - С. 47-56.

3. Баркалов, С.А. Алгоритмы формирования последовательности псевдослучайных чисел в натурном эксперименте при имитации процессов функционирования сложных информационных систем. [Текст] / Баркалов С.А., **Нижегородов К.С.**, Серебрякова Е.А. // Вестник Южно-Уральского государственного университета. серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2024. – Т. 24. – № 1. - С. 52-62.

4. Мовсисян, Л.К. Модель интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в сфере Интернет-маркетинга. [Текст] / Мовсисян Л.К., Кузнецова К.А., **Нижегородов К.С.** // Вестник Воронежского института ФСИИ России. – 2024 г. – №1 – С. 101-108.

Статьи и материалы конференций

6. Иванова, И.Г. Основные подходы к моделированию процессов минимизации очередей транзактов в организационных системах массового обслуживания. [Текст] / И.Г. Ива-

нова, Е.А. Серебрякова, **К.С. Нижегородов** // Проектное управление в строительстве. –2023. – № 2(29). – С. 102-108.

7. Белоусов, В.Е. Механизмы стохастического определенно-вероятностного планирования строительного производства. [Текст] / Белоусов В.Е., **Нижегородов К.С.**, Ходунов А.М. // Проектное управление в строительстве. – 2020. – № 2 (19). – С. 75-84.

8. Белоусов, В.Е. Алгоритмы получения упорядоченных правил предпочтения в задачах принятия решений при планировании производственных программ. [Текст] / Белоусов В.Е., **Нижегородов К.С.**, Соха И.С. // Управление строительством. – 2019. – № 1 (14). - С. 105-110.

9. Белоусов, В.Е. Ресурсно-временной анализ в задачах календарного планирования строительных предприятий. [Электронный] / Белоусов В.Е., Баркалов С.А., **Нижегородов К.С.** // В сборнике: управление большими системами. материалы XVI всероссийской школы-конференции молодых учёных. – 2019.- С. 78-83.

10. Абросимов, И.П. Алгоритмы построения обобщенных сетевых моделей. [Текст] /Абросимов И.П., Белоусов В.Е., **Нижегородов К.С.** // Управление строительством. – 2018. – № 2 (11). - С. 36-43.

11. Багно, О.П. Алгоритм построения иерархической системы обобщенных сетевых моделей. [Текст] / Багно О.П., Белоусов В.Е., **Нижегородов К.С.** // В сборнике: управление большими системами. сборник трудов XV всероссийской школы-конференции молодых ученых. в 2-х томах. под редакцией С.А. Баркалова. – 2018. - С. 193-199.

12. Абросимов, И.П. Таксономический алгоритм для оценки качества распределенных информационных систем / Абросимов И.П., Белоусов В.Е., **Нижегородов К.С.** // Управление строительством. – 2017. – № 1 (9). - С. 82-86.

13. Курочка, П.Н. Алгоритм розыгрыша отдельной реализации стохастического графа для упорядочения списка работ в сложных проектах. [Текст] / Курочка П.Н., Карчевский О.Ю., **Нижегородов К.С.** // Управление строительством. – 2017. – № 1 (9). - С. 93-98.

Подписано в печать 06.09.2024. Формат 60x84/16.

Усл. печ. л. 1,3. Тираж 80 экз. Заказ № 611

Отпечатано с готового оригинал-макета

в типографии Издательского дома ВГУ

394018, г. Воронеж, ул. Пушкинская, 3