

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования "Самарский государственный
аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева
(национальный исследовательский университет)"

На правах рукописи



ПЕЙСАХОВИЧ Даниил Григорьевич

**УПРАВЛЕНИЕ ИНТЕРАКТИВНОЙ
ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЕЙ В ЕДИНОМ
ИНФОРМАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ
ПОСРЕДНИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТНОГО ОПЕРАТОРА**

05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах

диссертация на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Самара – 2014

Оглавление

Введение.....	4
1 Анализ процессов взаимодействия и управления распределением ресурсов в транспортной логистике	9
1.1 Классификация логистических операторов.....	10
1.2 Особенности деятельности посреднического оператора	19
1.3 Анализ сходных задач и методов их решения	25
1.4 Расширение задачи о назначениях транспортных ресурсов.....	28
1.5 Современные примеры информационных систем посреднических транспортных операторов	31
2 Модель интерактивной диспетчеризации посреднического транспортного логистического оператора	36
2.1 Оценка деятельности посреднического оператора.....	45
2.2 Модель интерактивной диспетчеризации, как система массового обслуживания	49
2.3 Метод интерактивной диспетчеризации.....	50
2.4 Расширение модели интерактивной диспетчеризации с учётом географической информации.....	51
2.5 Оверлейная сеть.....	52
2.6 Модель SaaS.....	54
2.7 Анализ вариантов приложения метода интерактивной диспетчеризации	58
3 Алгоритм формирования частных представлений	69
3.1 Базовый алгоритм формирования начальных оверлейных представлений	69
3.2 Расширенный алгоритм формирования начальных оверлейных представлений	71
3.3 Алгоритмы реагирования на поступающие события	77
4 Алгоритмы формирования групповых оверлейных представлений	82

4.1	Лимитирующий алгоритм	82
4.2	Разделительный алгоритм	85
5	Исследование метода и алгоритмов	93
5.1	Реализация имитационной модели	95
5.2	Общие условия проведения экспериментов	100
5.3	Вспомогательный псевдодирективный алгоритм	104
5.4	Эксперимент с переменным количеством вершин	110
5.5	Эксперимент с переменным количеством акторов	116
5.6	Эксперимент с переменной производительностью вершин	120
5.7	Эксперимент с отдельными оверлейными сетями	125
5.8	Внедрение результатов	127
	Заключение	130
	Список использованной литературы	132
	Приложения	143
	Приложение А. Псевдокод базового алгоритма первоначального формирования частных оверлейных представлений	144
	Приложение Б. Псевдокод расширенного алгоритма первоначального формирования частных оверлейных представлений	145
	Приложение В. Псевдокод алгоритмов обработки событий для формирования частных оверлейных представлений	147
	Приложение Г. Акт о внедрении результатов диссертационной работы в ООО «НПК «Разумные решения»	149
	Приложение Д. Акт о внедрении результатов диссертационной работы в ООО «НПК «Сетецентрические Платформы»	150
	Приложение Е. Акт об использовании результатов диссертационной работы в учебном процессе СГАУ	151

Введение

Актуальность темы

Современное развитие информационно-коммуникационных технологий позволяет существенно повысить качество планирования и контроля исполнения заказов на перевозку грузов наземным транспортом. Оснащение водителей грузовых транспортных средств устройствами спутниковой навигации и терминалами с выходом в Интернет обеспечивает техническую возможность информационного взаимодействия с диспетчерами в режиме реального времени, что определяет новые требования к интеллектуальным системам планирования транспортных с учетом человеческого фактора.

В настоящее время в транспортной логистике становится популярной концепция посреднического транспортного оператора (Fifth Party Logistics, 5PL), суть которой состоит в организации логистического аутсорсинга за счет использования глобального информационного пространства. Деятельность 5PL посреднического транспортного оператора основана на использовании комплекса современных информационно-коммуникационных технологий, которые позволяют вести базу данных грузоотправителей, грузополучателей и транспортных компаний, осуществлять планирование перевозок, диспетчеризацию и мониторинг исполнения заказов. Таким образом, 5PL оператор управляет в основном потоками информации о заказах, ресурсах, планах и фактическом состоянии транспортной сети.

Теоретическую основу исследования составляют современные научные работы в области системного анализа и управления сложными организационно-техническими системами таких ученых, как В.Н. Бурков, В.А. Виттих, Д.А. Губанов, В.Г. Засканов, Б.Г. Ильясов, И.А. Каляев, Н.А. Коргин, В.В. Кульба, В.В. Липаев, Д.А. Новиков, Э.А. Трахтенгерц. Вопросам экономики посреднических организаций посвящены работы Д.В. Черновой, С.В. Токманева, A. Hickson, B. Wirth, G. Morales.

Так как проблема распределения сторонних транспортных ресурсов представляется недостаточно проработанной, то задача разработки новых методов, основанных на информационном управлении виртуальным взаимодействием контрагентов в едином информационном пространстве, является актуальной.

Целью работы является повышение эффективности деятельности посреднического транспортного оператора за счет организации интерактивной диспетчеризации сторонних ресурсов в едином информационном пространстве с учётом особенностей управления привлечёнными исполнителями.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие основные задачи:

1. Выявить структуру системы взаимодействия участников цепи поставок транспортной логистики в едином информационном пространстве.
2. Разработать модель интерактивной диспетчеризации в едином информационном пространстве посреднического транспортного оператора.
3. Поставить и решить задачу интерактивной диспетчеризации ресурсов посреднического транспортного оператора с учетом человеческого фактора.
4. Реализовать автоматизированную систему управления ресурсами посреднического транспортного оператора и исследовать предложенные алгоритмы средствами имитационного моделирования.

Объектом исследования является единое информационное пространство посреднического транспортного оператора.

Предметом исследования являются процессы взаимодействия участников логистической цепи поставок в едином информационном пространстве посреднического транспортного оператора.

Методы исследования. В работе использовались методы управления сложными организационно-техническими системами, системного анализа и

теории автоматического управления, методы объектно-ориентированного проектирования и моделирования информационных систем.

Диссертация выполнена в соответствии с требованиями специальности 05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах. Области исследования:

3 – Разработка моделей описания и оценок эффективности решения задач управления и принятия решений в социальных и экономических системах,

9 – Разработка проблемно-ориентированных систем управления, принятия решений и оптимизации экономических и социальных систем,

10 – Разработка методов и алгоритмов интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в экономических и социальных системах,

12 – Разработка новых информационных технологий в решении задач управления и принятия решений в социальных и экономических системах.

Научная новизна работы. Научная новизна работы характеризуется следующими результатами:

1. Разработана модель интерактивной диспетчеризации сторонних ресурсов посреднического транспортного оператора и оценки его эффективности, отличающаяся от существующих моделей тем, что позволяет отразить основные особенности взаимодействия между независимыми участниками логистической цепи поставок в едином информационном пространстве с учётом свободы действий исполнителей и заказчиков.

2. Предложен метод интерактивной диспетчеризации, основанный на формировании оверлейных сетей, которые впервые использованы для информационного управления взаимодействием лиц, принимающих решения по управлению ресурсами в транспортной логистике.

3. Разработаны алгоритмы формирования частных и групповых оверлейных представлений, реализующие предложенный метод интерактивной диспетчеризации в транспортной логистике.

Практическая значимость

1. Алгоритмы интерактивной диспетчеризации позволяет реализовать управление распределением транспортных ресурсов в едином информационном пространстве в условиях неполноты и неопределенности информации, сопутствующих деятельности посреднического логистического транспортного оператора.

2. Разработанная автоматизированная система управления распределением ресурсов позволяет создать единое информационное пространство, в котором обеспечивается эффективное взаимодействие между участниками логистической цепи поставок в транспортной логистике.

Основные научные положения, выносимые на защиту:

1. Модель и оценки эффективности интерактивной диспетчеризации посреднического транспортного логистического оператора.

2. Метод интерактивной диспетчеризации, основанный на формировании оверлейных сетей.

3. Алгоритмы формирования частных и групповых оверлейных представлений, реализующие информационное управление распределением транспортных ресурсов.

4. Автоматизированная система управления, принятия решений и оптимизации транспортных ресурсов, основанная на реализации оверлейных сетей, и результаты построения единого информационного пространства посреднического транспортного оператора.

Реализация и внедрение научно-технических результатов работы.

Разработанные модели и алгоритмы внедрены в НПК «Разумные решения», НПК «Сетецентрические платформы» и были использованы для разработки ряда программных решений в транспортной логистике, внедрены в

учебный процесс Самарского государственного аэрокосмического университета им. С.П. Королева (национального исследовательского университета).

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались на международном симпозиуме «Надежность и качество» (Пенза, 2012, 2013), международной конференции «Современные проблемы информатизации» (Воронеж, 2013), международной конференции АТМ-2013 (Саратов, 2013), конференции с международным участием «Перспективные информационные технологии» (Самара, 2012, 2013), конференции «Информационные технологии в управлении» (Санкт-Петербург, 2012).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 18 печатных научных работ, в том числе 6 статей в изданиях, входящих в «Перечень ВАК».

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 5 разделов, заключения, библиографического списка из 101 наименования и перечня приложений из 6 наименований. Она содержит 150 страниц основного текста, включая 58 рисунков и 5 таблиц.

1 Анализ процессов взаимодействия и управления распределением ресурсов в транспортной логистике

Транспортная логистика – одна из наиболее значимых и сложных сфер хозяйственной деятельности человечества. Её роль в торговле и промышленности в течение последних 50 лет непрерывно растёт как по масштабам, так и по своему стратегическому значению [1]. Основной функцией транспортной логистики является транспортировка – перемещение продукции и/или ресурсов транспортным средством.

Под транспортно-логистической системой понимается совокупность потребителей и производителей услуг, а также используемые для их оказания системы управления, транспортные средства, пути сообщения, сооружения и иное имущество. Другими словами, транспортно-логистическая система – совокупность объектов и субъектов транспортной и логистической инфраструктуры вместе с материальными, финансовыми и информационными потоками между ними, выполняющая функции транспортировки, хранения, распределения товаров, а также информационного и правового сопровождения товарных потоков. Чтобы транспортно-логистическая система могла четко функционировать, требуется соответствующая инфраструктура. Процессы перемещения товаров, складирования и хранения и сопровождающие их информационные потоки требуют определённых технических средств. Эти средства составляют инфраструктуру логистики, а их взаимосвязи создают логистическую систему. Инфраструктура должна обеспечивать чёткое и бесперебойное выполнение всех логистических функций.

В состав инфраструктуры транспортной логистики входят:

- транспортные пути всех видов транспорта, в том числе трубопроводного, а также транспортные узлы, а именно морские, речные и авиационные порты, контейнерные терминалы, железнодорожные перегрузочные и сортировочные станции, терминалы комбинированного транспорта;

- здания и постройки, позволяющие осуществлять складирование и хранение, вместе с их техническим оснащением, позволяющим осуществлять манипуляции с грузами и реализовывать основные функции, например, комплектацию, декомpleктацию и упаковку, а также покрытие пола, погрузочно-разгрузочные фронты, рампы;
- элементы узловой инфраструктуры логистики, такие как распределительные центры, центры логистических услуг, транспортно-складские объекты;
- устройства и средства переработки и передачи информации вместе с соответствующим программным обеспечением.

Сложность транспортной логистики определяется широким спектром решаемых задач. Можно описать наиболее общие задачи:

- выбор типа транспортного средства;
- выбор вида транспортного средства;
- совместное планирование транспортных процессов со складскими и производственными операциями;
- совместное планирование транспортных процессов на различных видах транспорта;
- обеспечение технологического единства транспортно-складского процесса;
- определение рациональных маршрутов поставки.

1.1 Классификация логистических операторов

Одной из наиболее популярных и применимых классификаций логистических операторов является разделение нескольких уровней абстракции предоставляемых услуг, то есть, степеней логистического аутсорсинга [2]. Аутсорсинг логистических функций и бизнес-процессов состоит в использовании для реализации логистической деятельности компании услуг внешней организации – логистического аутсорсера или провайдера (оператора) (см. Рисунок 1).

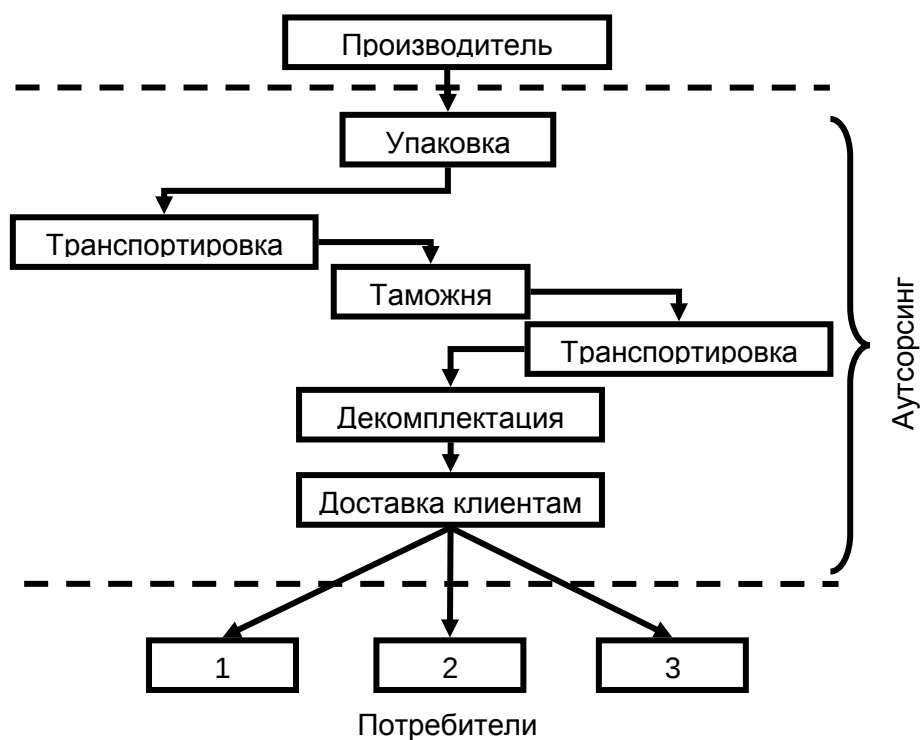


Рисунок 1 – Вариант применения аутсорсинга логистических функций

Логистические операторы – это специализированные коммерческие организации, выполняющие отдельные операции или комплексные логистические функции (складирование, транспортировка, управление заказами, физическое распределение и пр.), а так же осуществляющие интегрированное управление логистическими цепочками организации-заказчика.

Организация-заказчик имеет возможность отдать под контроль провайдера сразу все логистические операции, а так же консалтинг, выполнение необходимых экспертиз, внедрение информационных систем и пр. Как правило, логистическими провайдерами высокого уровня накоплен богатый опыт логистического управления, в этих компаниях работает квалифицированный персонал и имеется развитая инфраструктура.

С точки зрения уровня абстракции предоставляемых услуг на современном этапе развития транспортной логистики наиболее популярна [1, 2, 3] следующая классификация логистических операторов:

- 1PL – автономная логистика, в которой все необходимые операции (складирование, транспортировка и т.д.) выполняет грузовладелец. То

есть, грузовладелец осуществляет доставку своих грузов своим парком ресурсов. Примером такой организации может служить ЗАО «Тандер» [4]. Такая стратегия транспортировки обычно используется только крупными торговыми и промышленными сетями;

- 2PL – специализированные транспортные компании – перевозчики. С точки зрения владельца груза, предполагает привлечение сторонней организации для транспортировки. 2PL – Традиционный набор услуг по транспортировке и управлению складскими помещениями. Кроме непосредственно транспортных компаний, 2PL операторы могут являться экспедиторами, таможенными агентами, страховыми компаниями, складами и грузовыми терминалами [2]. Примерами крупных 2PL операторов могут служить Maersk [5], Air France KLM [6], MSC [7] и другие.
- 3PL – предоставление логистических услуг, выходящих за пределы простой транспортировки товаров. В этот перечень, например, входят складирование, перегрузка, дополнительные услуги со значительной добавленной стоимостью, а также использование субподрядчиков (контрактная логистика). Примерами 3PL операторов могут служить Kuehne&Nagel [8], DHL [9] и другие.
- 4PL – решает задачи формирования цепи поставок, планирования, управления и контроля процессов с использованием как своих, так и сторонних ресурсов (в том числе и сторонних 3PL-операторов). Таким образом, оператор уровня 4PL предоставляет в первую очередь услуги консалтинга в сфере транспортной логистики. Примерами 4PL операторов могут служить FedEx [10], Barloworld Logistics [11], BMT Hi-Q Sigma [12] и другие.

Упрощённое определение этой классификации дано в [13]:

- 1PL – аналогия с почтовыми службами;
- 2PL – аналогия со службами складирования;

- 3PL – система полного цикла доставки и хранения [14];
- 4PL – система полного цикла доставки и хранения для нескольких компаний [15].

Современные программные сервисы, предназначенные для планирования и управления транспортом, основываются на широком использовании последних разработок в области информационно-коммуникационных технологий, геоинформационных систем, средств спутниковой навигации и других разработок, позволяющих построить единое информационное пространство в транспортной логистике [16]. При этом основная цель этих сервисов состоит в оптимизации расходов и повышении качества логистических услуг для грузоотправителей, грузополучателей и транспортно-экспедиционных компаний.

Развитие информационно-коммуникационных технологий позволяет существенно повысить точность планирования и контроля исполнения заказов на перевозку грузов наземным транспортом. Оснащение водителей грузовых транспортных средств устройствами спутниковой навигации и терминалами с выходом в Интернет обеспечивает техническую возможность информационного взаимодействия с диспетчерами в режиме реального времени, что определяет новые требования к интеллектуальным системам планирования транспортных ресурсов. В связи с этим в последнее время растет популярность открытых порталов, предоставляющих услуги, как транспортным компаниям, так и экспедиторам, по получению, планированию и диспетчеризации перевозок. Эти порталы реализуются с помощью программных платформ, которые функционируют по принципу SAAS (Software as a service), что делает их открытыми и доступными для небольших транспортных компаний и отдельных водителей, которые за сравнительно малую плату получают доступ в единое информационное пространство международного уровня [17].

Наименование 5PL (Fifth Party Logistics) дается по аналогии с услугами 3PL и 4PL [1, 2, 3] и определяет существенное отличие от них. У такой компании может не быть собственных материальных или финансовых ресурсов, а услуги по организации перевозок оказываются путем накопления и обработки информации об участниках рынка и построения для них оптимальных логистических цепочек. Деятельность 5PL провайдера (оператора) основана на использовании комплекса современных информационно-коммуникационных технологий, которые позволяют вести базу данных грузоотправителей, грузополучателей и транспортных компаний, осуществлять планирование перевозок, диспетчеризацию и мониторинг исполнения заказов.

Следует отметить, что термин 5PL до сих пор не имеет чёткого определения, это связано в первую очередь с тем, что он появился относительно недавно. Так в литературе можно встретить различные определения этого понятия. Например, модель уровней логистических операций Моргана-Стенли (Morgan&Stanley), предложенная в [18] выделяет 5PL оператора, как оператора, предоставляющего услуги полного цикла поставок (см. Рисунок 2).

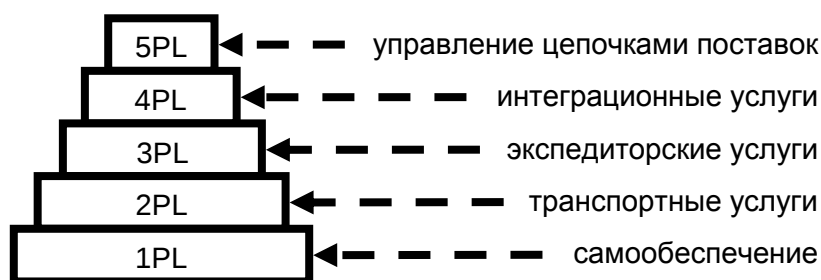


Рисунок 2 – Модель 5PL Моргана-Стенли

В [19] представлен сравнительный анализ различных моделей PL (см. Таблица 1).

Альтернативная классификация транспортных операторов по характеру отношения к заказчикам разработана крупной консалтинговой компанией Kuehne&Nagel [8] и представлена в [20] (см. Рисунок 3).

Таблица 1. Сравнительный анализ различных концепций PL

Критерии	3PL	4PL	5PL
Тип услуг	Тактические	Стратегические	Стратегические + ИТ-управление
Основная функция	Выполняет некоторые (или все) физические логистические функции в интересах клиента	Выполняет все логистические функции в рамках цепи поставок с акцентом на управление и улучшение эффективности всей цепи	Превращает цепь поставок клиента в ИТ-управляемую систему
Владение активами	Может обладать или не обладать собственными материальными активами, основной актив — знания, технологическая составляющая сводится к отслеживанию грузов	Практически нет материальных активов, основные активы — знания и технологии	Практически нет материальных активов, основные активы — знания и технологии
Потенциальные клиенты	Компании, у которых нет собственных ресурсов или знаний для выполнения операций	Компании со сложными цепями поставок	Компании со сложными цепями поставок

Существует также и более абстрактное определение оператора 5PL как организации, которая «планирует, организует и осуществляет логистические

решения от имени одной из договаривающихся сторон (главным образом, в области информационных систем) за счет использования соответствующих технологий» [21].

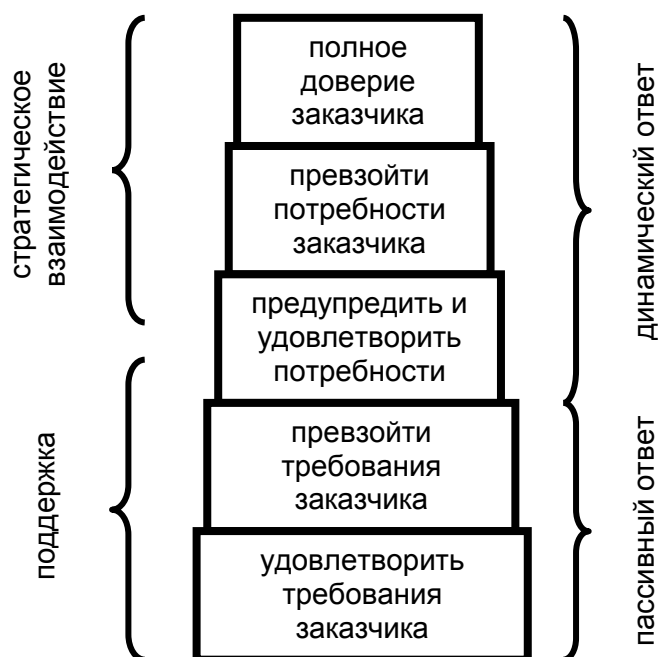


Рисунок 3 – Иерархия операторов PL по уровню взаимоотношений с заказчиками по Kuehne&Nagel

В отличие от аутсорсинга комплексного логистического сервиса (3PL) рынок услуг таких логистических провайдеров, как 4PL и 5PL, лишь начинает складываться [2]. Однако специалисты видят будущее логистики в появлении «интеграторов логистической цепи» или «ведущих логистических управляющих» в рамках «совместной операционной модели» (см. Таблица 2).

Кроме классификации транспортных операторов по уровню абстракции предоставляемых услуг, можно классифицировать методы организации доставки грузов по сложности процесса доставки (см. Рисунок 4).

Таблица 2. Эволюция моделей логистического аутсорсинга

№ п.п.	Приложение услуг	Модели логистического аутсорсинга	Основные атрибуты
1	Инсорсинг	-	-
2	Основные услуги	Провайдеры логистических услуг	– снижение затрат в отдельных областях; – отдельные виды услуг.
3	Услуги добавленной стоимости	3PL провайдеры	– расширенные возможности; – более широкий спектр услуг.
4	Ведущая логистика	Ведущие логистические провайдеры (4PL)	– управление проектами; – одна точка контакта с клиентом; – интеграция 3PL провайдеров.
5	Расширенная логистика	Интеграторы логистической цепи, ведущие логистические управляющие (5PL)	– стратегические отношения; – глубокий анализ логистических цепочек; – услуги на основе знаний и информации; – разделение рисков и доходов; – расширенные технологические возможности; – гибкость, сотрудничество.



Рисунок 4 – Классификация перевозок по уровню сложности

Интермодальные перевозки – это система доставки грузов в международном сообщении несколькими видами транспорта по единому перевозочному документу и передачи грузов в пунктах перевалки с одного вида транспорта на другой без участия грузовладельца в единой грузовой единице.

Мультимодальные перевозки – это прямые смешанные перевозки по меньшей мере двумя различными видами транспорта, и как правило, внутри страны.

Юнимодальные перевозки – прямые перевозки только каким-либо одним видом транспорта [23].

Несмотря на некоторые различия в определении в разных источниках 5PL, неизменным остаётся главный аспект деятельности: такой оператор работает в основном с потоками информации о заказах, ресурсах, планах и фактическом состоянии транспортной сети. Причем данная информация может передаваться как напрямую, так и путем организации доступа лиц, представляющих соответствующие организации, к соответствующим информационным представлениям в едином информационном пространстве. Контроль процессов в данном контексте подразумевает отслеживание информацион-

ных потоков, а управление реализуется путем информационного управления взаимодействием поставщиков и потребителей транспортных услуг.

1.2 Особенности деятельности посреднического оператора

Деятельность оператора 5PL основана преимущественно на использовании современных информационно-коммуникационных технологий и осуществляется по модели «виртуального предприятия» [17]. Эта модель представляет собой динамическую открытую бизнес-систему, основанную на формировании юридически независимыми предприятиями единого информационного пространства с целью совместного использования своих технологических ресурсов для реализации всех этапов работ по выполнению проекта (заказа клиента) от источников первичного сырья до сдачи продукции конечному потребителю.

Следует отметить, что, несмотря на точку зрения, представленную в [13] и [19], уровень абстракции услуг оператора 5PL способен обеспечить решение задач не только сложных цепочек поставок крупных компаний, но так же и мелких заказов от частных клиентов. В дальнейшем под термином 5PL оператора будет подразумеваться именно посреднический транспортный оператор, не обладающий собственным парком ресурсов и выполняющий заказы клиентов посредством использования ресурсов сторонних транспортных компаний.

Характерными чертами 5PL оператора являются:

- кооперация транспортно-экспедиционных компаний с целью агрегации доступных ресурсов, что приводит к широкому использованию кросс-доков (промежуточных складов), частичной загрузки транспортного средства, широкому использованию мультимодальных перевозок и др. Данные решения вносят существенную сложность в алгоритмы планирования, так логика их принятия сильно зависит от особенностей конкретного бизнеса;

- широкое применение принципов аутсорсинга: транспортные компании могут передавать заказы частично или полностью на исполнение контрагентам, в том числе на конкурентной основе, что оказывает влияние на бизнес-процесс обработки заказов и оценку критериев составляемых маршрутов, а также обеспечивает высокую гибкость организационных структур;
- преимущественно информационное взаимодействие заказчиков и исполнителей приводит к ускорению процесса принятия решений с одной стороны и возможности реализации сложных комбинаций с другой. Например, некоторые экспедиционные компании могут представляться в едином информационном пространстве как транспортные с целью обеспечения требуемого доверия (так как наличие собственных ресурсов гарантирует уровень сервиса), при этом преимущественно передавать заказы на исполнение другим транспортным компаниям;
- поддержка модели SAAS (Software as a service) на техническом и экономическом уровнях упрощает привлечение новых исполнителей и обеспечивает относительную свободу выбора заказов;
- жёсткий контроль исполнения заказов за счет мониторинга текущего состояния и местоположения транспортного средства, что обеспечивает новые возможности для алгоритмов планирования по актуализации расписания в режиме реального времени;
- распределение и децентрализация принятия решений позволяет быстро адаптироваться к меняющимся требованиям рынка, однако, требует реализации новых методов информационного управления, учитывающих такие свойства объекта управления, как саморегулирование и самоорганизация.

По мнению, изложенному в [22], концепция 5PL представляет конкуренцию классическим 3-4PL операторам, так как позволяет с меньшими усилиями и затратами решать те же проблемы.

Автоматизация деятельности оператора 5PL имеет ряд особенностей, главная из которых заключается в неопределенности состава ресурсов доступных для выполнения постоянно пополняющегося потока заказов и связанная с ней необходимость привлечения в основном сторонних перевозчиков. В результате совместное функционирование группы транспортных компаний, часть из которых является экспедиторами и передает исполнение заказов подрядчикам, а другая часть пользуется услугами оператора 5PL эпизодически в случае недозагрузки ресурсов собственными заказами, не позволяет на этапе планирования однозначно определить перечень доступных ресурсов и возможности по их загрузке.

С другой стороны, решения по назначению заказов должны согласовываться с конечными исполнителями. Для организации процесса согласования цены и назначения исполнения заказов могут быть применены методы аукционов, основывающиеся на P2P взаимодействии [24, 25] (см. Рисунок 5).

Отсутствие на этапе планирования возможности однозначно определить перечень доступных ресурсов и возможности по их загрузке обуславливает невозможность применения классических алгоритмов планирования и управления ресурсами [26], которые рассматривают исполнителей как собственные ресурсы, что противоречит принципам посреднического оператора, не обладающего собственным парком ресурсов. В связи с этим, актуальной является задача применения современных принципов информационного управления для распределения транспортных ресурсов с учетом фактора времени. Эти принципы аналогичны решениям для сети Интернет [27], которые позволяют управлять свободным взаимодействием сообщества пользователей интегрированной информационной среды.

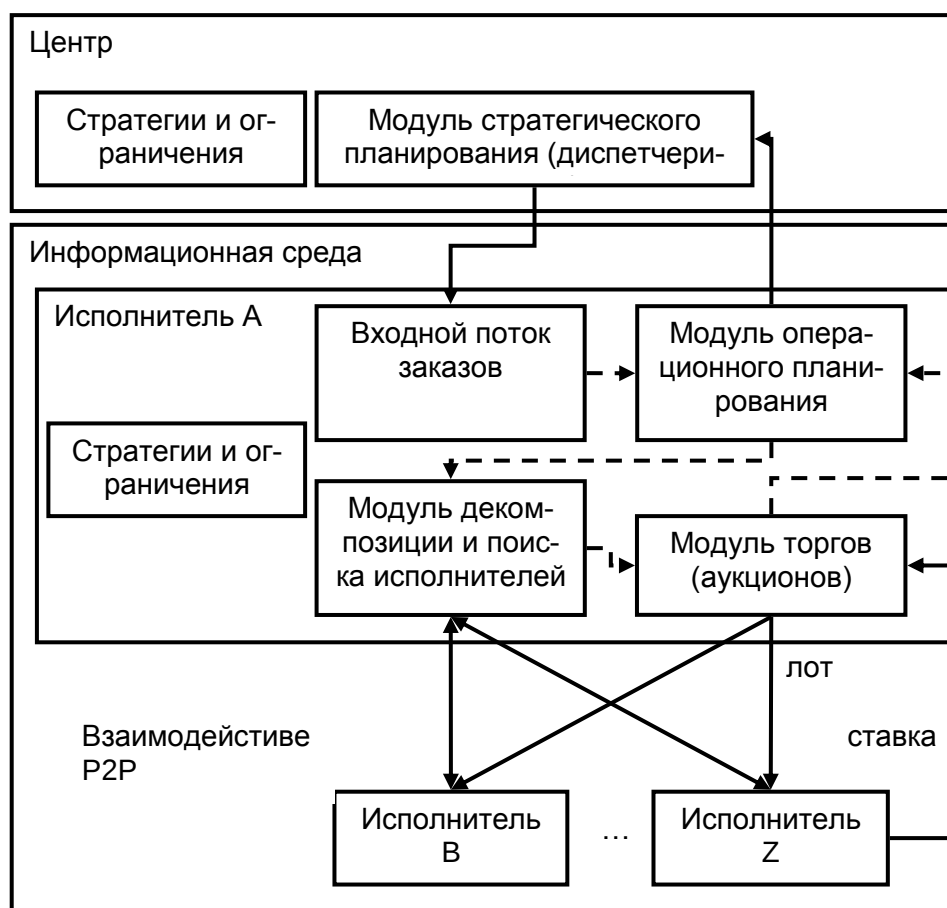


Рисунок 5 – Система управления аутсорсингом посредством P2P-аукционов

С учетом этих тенденций можно сформулировать цель программной платформы (портала), составляющей основу деятельности оператора 5PL: предоставление услуг в области 5PL за счет организации единого информационного пространства транспортно-экспедиционных компаний и информационного управления их взаимодействия с грузоотправителями и между собой. Для достижения поставленной цели необходимо разработать программную платформу и алгоритм управления ресурсами.

Можно выделить следующие предметные области транспортной логистики (см. Рисунок 6).



Рисунок 6 – Место 5PL в сфере транспортной логистики

В условиях деятельности посреднического логистического оператора задача распределения транспортных ресурсов сводится к задаче обеспечения эффективного обмена информацией между многими участниками процесса планирования – лицами, принимающими решения, в ходе которого за определенное время обеспечивается выработка общего согласованного расписания.

При работе 5PL оператора с большим количеством заказов от частных клиентов и ресурсами, предоставляемыми небольшими транспортными компаниями, имеет место высокая степень неопределённости ситуации. Эта специфика деятельности оператора 5PL не позволяет строить согласованное расписание даже на коротком горизонте планирования. Поэтому процесс распределения заказов более соответствует задаче диспетчеризации, которая

рассматривает не процесс планирования, но процесс управления распределением ресурсов в реальном времени. При определении цели диспетчеризации обычно указывают обеспечение согласованной работы за счёт равномерности, непрерывности, ритмичности и экономичности выполнения всех процессов.

Диспетчеризация призвана обеспечить высокий уровень адаптивности посредством оперативного регулирования процесса производства, нарушенного каким-либо внешними событиями:

- изменения набора задач;
- изменения методов и технологий;
- изменением доступного набора производственных ресурсов;
- нарушения графика поставки материалов
- и т.п.

Схожие задачи решает планирование, в частности оперативное. Оперативное планирование призвано уточнять, детализировать, дополнять и корректировать ранее построенные планы, либо строить новые на краткосрочную перспективу. В любом случае процесс планирования связан с планом, то есть последовательностью действий, мероприятий, направленных на достижение цели с предполагаемыми сроками выполнения.

Задача диспетчеризации отличается от задачи планирования в первую очередь отсутствием горизонта планирования. Другими словами, в задачу диспетчеризации не входит обеспечение целостности плана. Диспетчеризация подразумевает условно моментальное распределение имеющегося множества задач по множеству ресурсов.

С другой стороны задача диспетчеризации может являться подчинённой задаче планирования, если рассматривать план, как последовательность моментальных срезов-состояний системы. В этом случае на каждом этапе построения плана необходимо распределить актуальные для этого этапа ресурсы по актуальным задачам. Результатом такого распределения станет плани-

руемое на заданный момент состояние системы. По определению этот процесс является диспетчеризацией.

Таким образом, управление 5PL оператора при работе с потоком заказов и ресурсов высокой ликвидности подразумевает переход от задач VRP к задаче, сходной задаче о назначениях в случае полной загрузки ресурсов (FTL) и транспортной задаче в случае возможности дозагрузки и консолидации ресурсов (LTL).

1.3 Анализ сходных задач и методов их решения

Проблеме автоматизации управления транспортными ресурсами уделяется достаточно много внимания среди разработчиков новых информационных технологий.

Собственно задача построения Интернет портала для транспортно-экспедиционных компаний обычно рассматривается в контексте применения WEB технологий и компьютерных сетей. В качестве примера одного из наиболее известных порталов можно привести систему «АвтоТрансИнфо» [29]. Также весьма распространены автоматизированные системы планирования транспорта, в которых ограничивается фиксированный пул (перечень) ресурсов и интервал времени (горизонт) планирования. Основное внимание разработчиков информационных технологий в этой области сводится, таким образом, к решению задачи оптимизации загрузки транспортных ресурсов, для чего используются традиционные подходы [26], основанные на точном планировании или (в случае большого объема данных или необходимости функционирования в реальном времени) интеллектуальных эвристических алгоритмов: достаточно подробный обзор приведен в работе [30].

При решении данной задачи строится централизованный план, оптимизированный по группе критериев. При отклонении от данного плана диспетчеры пытаются либо наверстать сроки, либо перестроить расписание. Поскольку делать это в режиме реального времени сложно, актуальной считается задача сопоставления и совместного использования режимов планирова-

ния: batch (пакетный режим) и incremental (с приращениями). Эти режимы характеризуют разные подходы к обработке событий, требующих пересмотра планов, например, появление нового заказа, который должен быть выполнен в течение времени, на которое ресурсы уже запланированы, или существенное отклонение от выполнения запланированного заказа, связанное с поломкой или опозданием транспорта. В первом случае происходит накопление этих событий, и пересмотр всего плана целиком, а во втором – локальные изменения части плана, обеспечивающие сохранение его в целом.

Поскольку деятельность оператора 5PL требует постоянной обработки множества событий, поступающих в режиме реального времени, достаточно интересен опыт разработки систем планирования в режиме incremental. Здесь наиболее популярны и перспективны мультиагентные технологии [31, 32, 33], которые позволяют реализовать локальные переговоры агентов ресурсов и заказов и, таким образом, обеспечить пересмотр части расписания без полного перепланирования. Это в большинстве случаев позволяет сохранить значения интегральных показателей качества расписания, используемых в качестве оптимизационных критериев.

Специфика мультиагентных подходов к решению обуславливает некоторые трудности их применения на практике для решения поставленной задачи. Так, виртуальный мир, содержащий программные агенты, описывающие заказы и ресурсы, может быть организован по-разному.

Во-первых, можно построить адекватную реальной ситуации мультиагентную имитационную модель, в которой каждый программный агент будет соответствовать отдельному ресурсу или заказу. Взаимодействие этих агентов реализуется путем переговоров, суть которых состоит в обмене информацией о предложениях и назначениях. В процессе этих переговоров может быть найдено компромиссное решение, которое и станет результатом процесса планирования. Однако постоянные изменения состояний и возможностей ресурсов в реальности потребуют множественных согласований целей и

ограничений всех агентов, что ожидаемо займет время, превышающее допустимые пределы.

Во-вторых, можно предложить принцип, основанный на реализации мультиагентной архитектуры системы управления, в которой каждый агент представляет собой не полноценное описание реального объекта, а лишь средство его коммуникации с другими участниками процесса согласования решений. Такой подход позволяет избежать сложности централизованного планирования ресурсов, но требует качественно нового метода управления в условиях неопределенности.

В условиях деятельности посреднического оператора задача распределения транспортных ресурсов сводится к задаче обеспечения эффективного обмена информацией между многими участниками процесса планирования – лицами, принимающими решения, в ходе которого за определенное время обеспечивается выработка общего согласованного расписания. В этих условиях могут показать хорошие результаты принципы управления, основанные на организации P2P взаимодействия [34] и проведения серий аукционов [25].

С помощью аукционов в рамках P2P взаимодействия участников логистической системы могут решаться такие вопросы, как согласование назначения исполнителей на заказы и/или формирование цены выполнения назначенных заказов [24, 35].

Для реализации информационного управления в мультиагентной среде хорошие результаты показывает метод кондиционального управления (управления обстоятельствами) [37, 38], реализующий стратегии управления содержимым и временем получения информации. Данный метод использует подходы, широко применяющиеся в социальных сообществах сети Интернет и ориентированные на сохранение определенного уровня внимания (интереса) пользователей к общей тематике или процессу общения, что соответствует специфике поставленной задачи.

С помощью методов кондиционального управления, в рамках описываемой задачи управления деятельностью 5PL оператора, можно влиять на информированность участников логистической системы о состоянии системы с тем, чтобы повлиять на их решение, не прибегая к директивному управлению. Невозможность директивного влияния на процесс обуславливается высокой степенью свободы участников логистической системы 5PL оператора, использующего парк ресурсов многочисленных сторонних перевозчиков и обрабатывающего большое количество заказов от частных клиентов.

Таким образом, для решения задачи распределения информационных потоков предлагается разработать модель, метод и алгоритмы интерактивной [39] диспетчеризации, основанной на P2P-взаимодействии участников логистической системы и кондициональном управлении.

1.4 Расширение задачи о назначениях транспортных ресурсов

Поставленную задачу назначения свободных исполнителей на заказы можно расширить по аналогии с расширениями задачи маршрутизации транспорта (Vehicle Routing Problem, VRP) [40, 41].

- назначение с учётом грузоподъемности – при назначении транспортного ресурса на исполнение заказа необходимо учитывать его грузоподъемность. Данное расширение зачастую сопровождается расширением с возможностью дозагрузки, что позволяет выполнять несколько заявок одним ресурсом. При этом необходимо учитывать не только вместимость по объёму и массе трейлера, но и мощности тягача;
- назначение с несколькими точками отправления – при изначальном назначении ресурсов на исполнение заказов, ресурсы находятся в различных точках. С учётом этого расширения необходимо учитывать длительность и ориентировочные затраты на достижение ресурсом назначенного заказа, особенно если задача одновременно расширяется наличием различных типов ресурсов, обладающих различными удельными затратами на передвижение;

- назначение с возможностью разбиения заказов на выполнение несколькими ресурсами – если объём заказа слишком велик для одного ресурса, для его выполнения необходимо задействовать несколько ресурсов. Альтернативным способом решения данной проблемы является разбиение «большого» заказа на несколько более мелких, которые могут быть исполнены отдельными ресурсами;
- назначение с учётом различных типов транспорта [43] – при назначении ресурсов на исполнение заказов необходимо учитывать не только их вместимость, но и их совместимость между собой и с перевозимыми грузами. При этом различные типы ресурсов могут иметь различные множества видов ресурсов. Так тягач может быть двух типов: седельный, совместимый только с полуприцепами, или грузовик, оснащённый неотделяемым трейлером. В свою очередь трейлер может различаться по способу сцепки: полуприцеп, обладающий одной колёсной базой, совместимый с седельным тягачом; полный прицеп, обладающий двумя колёсными базами, совместимый с грузовиками и другими прицепами; грузовик – трейлер, неотделимый от тягача. Кроме способа сцепки с другими ресурсами трейлеры могут различаться по условиям перевозки, предоставляемым для перевозимых грузов:
 - тент – для перевозки обычных грузов;
 - бокс – жёсткий кузов, чаще всего применяется для перевозки не скоропортящихся продуктов;
 - рефрижератор – для перевозки грузов требующих низкой температуры хранения (например, скоропортящиеся продукты);
 - открытый – обычно применяется для перевозки «грубых» грузов (древесины, машин, скота и т.п.);
 - автоприцеп – открытый прицеп, предназначенный для перевозки автомобилей;

- цистерна – для перевозки жидкостей, чаще всего предназначена для какого-либо конкретного типа груза (молоко, топливо, рыба);
- сухогруз – для перевозки сыпучих грузов, чаще всего предназначен для какого-либо конкретного типа груза (зерно, уголь, строительные смеси).

Кроме прицепа и тягача в процессе транспортировки грузов может быть задействовано дополнительное оборудование, которое так же накладывает некоторые ограничения на перевозку. Так, для сцепки полуприцепов с другими прицепами может быть использовано специальное приспособление – «кукла». Кроме этого при составлении особо длинных автопоездов иногда используется дополнительный двигатель, позволяющий дополнить мощность основного тягача. Для обеспечения возможности перевозки скоропортящихся товаров в боксе может использоваться отдельный рефрижератор. В зависимости от оборудования точек отправки и назначения грузов трейлеры могут быть оснащены подъёмниками.

- назначение с возможностью привлечения ресурсов с фиксированным расписанием (мультимодальные перевозки) – сложные маршруты доставки могут включать в себя перевозку грузов посредством дополнительных ресурсов, таких как паромы, поезда, самолёты, лёгкий транспорт и т.д. При этом некоторые из этих дополнительных ресурсов могут перевозить не только сам груз, но и другие ресурсы (например, трейлер на пароме). Дополнительные ресурсы так же могут обладать различными условиями перевозки. Кроме этого, зачастую, дополнительные ресурсы являются сторонними и движутся по расписанию, что должно учитываться как при решении задачи маршрутизации, так и при решении задачи о назначениях;
- назначение с неограниченным размером и составом парка транспортных ресурсов – привлекаемый парк транспортных ресурсов может быть не полностью определён на момент принятия решения;

- динамическое назначение – решение о назначении ресурса на исполнение какого-либо заказа может быть изменено впоследствии, в том числе и после начала исполнения заказа;
- назначение с возможностью дозагрузки – подразумевает возможность исполнения нескольких заявок одним ресурсом. Чаще всего при этом необходимо учитывать вместимость ресурсов;
- назначение на доставку из одного места в другое – исполнение заказов начинается в одной точке, а заканчивается в другой. Зачастую такая задача дополняется расширением назначения с несколькими точками отправления;
- назначение на обслуживание клиентов в пути – подразумевает отсутствие необходимости доставки каких-либо грузов, а исполнение заказов в точке их расположения. Зачастую такие задачи сочетаются с расширением назначения с несколькими точками отправления.

1.5 Современные примеры информационных систем посреднических транспортных операторов

В связи с некоторыми историческими аспектами, концепция 5PL для организации перевозки частных заказов ресурсами большого числа небольших частных транспортных компаний особенно развита на постсоветском пространстве. Это можно объяснить относительной молодостью рыночных отношений, в связи с чем, сфера транспортной логистики в России и ближайших странах до сих пор в значительной степени занята малым и частным бизнесом. Другим условием развития 5PL концепции в российской логистике является традиционно ограниченное использование аутсорсинга: сегодня в России в основном внешним операторам передаются транспорт, складирование и комплектация отгрузок, а более сложные логистические операции реализуются самостоятельно [44]. В то время как в странах старого капитализма в сфере транспортной логистики малый бизнес играет незначительную роль.

При этом, следует отметить, что предложение на российском рынке логистического аутсорсинга сформировано тремя основными категориями услуг (см. Рисунок 7). Было установлено, что число компаний, занятых в сфере логистики в России, составляет 4000-6000, но лишь около 100 из них предлагают какие-либо услуги, кроме транспортировки или складирования [45].



Рисунок 7 – Доля секторов рынка логистических услуг в России, 2006 г.

Рассмотрим несколько современных примеров операторов 5PL [Таблица 3].

Самым популярным в России порталом, объединяющим заказчиков и различные транспортные компании, является АвтоТрансИнфо [29]. Этот портал обеспечивает своим клиентам следующие основные возможности:

- регистрация заявок на перевозку;
- поиск актуальных заявок на перевозку с учётом основных критериев;
- регистрация перевозчиков и их транспортных средств;
- поиск транспортных средств, подходящих для перевозки с учётом основных критериев;
- расчёт расстояний;
- список актуальных транспортных тендеров;
- рейтинг надёжности транспортных компаний;
- тематические форумы.

Стоимость перевозки определяется путём согласования между заказчиком и потенциальными исполнителями. Следует отметить, что функционал

портала ограничен для незарегистрированных пользователей в некоторые часы рабочего дня.

Таблица 3. Сравнение существующих операторов 5PL

#	Название	Страна	Ввод заказов	Ввод ресурсов	Поиск	Управление
1.	АвтоТрансИнфо	Россия, Украина, Белоруссия, Казахстан	+	+	+	-
2.	Vird	Россия	+	+	+	-
3.	Перевези.рф	Россия	+	+	+	-
4.	Портал автотранспортных услуг	Россия	+	+	+	-
5.	Cargo.LT	Литва, Латвия, Эстония, Польша, Белоруссия	+	+	+	-
6.	Страна грузов	Россия	-	-	+	-
7.	Freight Center	США	+	-	+	-
8.	TAILgate	Великобритания	+	+	+	+

Одним из основных конкурентов АвтоТрансИнфо является портал Vird [46]. В связи с тем, что этот портал появился позже, его создателям пришлось несколько изменить сферу применения и перечень предоставляемых услуг.

Основные отличия Vird от АвтоТрансИнфо:

- АвтоТрансИнфо в основном охватывает предложения по грузам и машинам на международных и междугородних перевозках, в то время как Vird ориентирован в большей степени на локальные перевозки;
- В АвтоТрансИнфо предложения машин могут размещать как непосредственно перевозчики (владельцы) автопарка, так и экспедиторы-

* Портал TAILgate находит на этапе проектирования и разработки, планируется реализация управления предложением заказов и ресурсов.

посредники, которые выступают в качестве перевозчиков и предлагают чужие машины как свои. На Vird предложения машин от посредников сведены к минимуму.

- На Vird обеспечена возможность более детального описания машин, чем на АвтоТрансИнфо.
- На Vird реализована поддержка удобных средств актуализации состояния транспортных ресурсов.

Кроме описанных систем в сети Интернет существует множество других похожих предложений:

- Перевези.рф [47] – менее популярный аналог АвтоТрансИнфо;
- Портал автотранспортных услуг [48] – менее популярный аналог АвтоТрансИнфо;
- Cargo.LT [49] – портал предоставляющий услуги 5PL, ориентированный на страны Прибалтики, Польшу и Белоруссию;
- Страна грузов [50] – сервис поиска грузов и транспортных средств, зарегистрированных на других порталах;

В качестве примера 5PL оператора частных заказов на западном рынке может служить портал Freight Center [51]. Его основное отличие от отечественных аналогов заключается в более высоком пороге вхождения для транспортных компаний. Регистрация транспортных компаний на Freight Center возможна только на долгосрочной контрактной основе. В системе зарегистрировано около 100 крупных и средних перевозчиков, средствами которых осуществляется доставка заказов от частных клиентов.

Наиболее развитым примером оператора 5PL, возможно, станет британский портал TAILgate, находящийся в данный момент в разработке. В рамках этого портала планируется реализовать управление предложением исполнителей и отправителей друг другу. При этом портал ориентирован на дозагрузку ресурсов и мелкие грузовые перевозки.

Следует отметить, что ни одна из описанных систем не оказывает влияния на процесс назначения перевозчиков на исполнение заказов, ограничиваясь лишь предоставлением и агрегацией имеющейся информации. Таким образом задача управления ресурсами интегрируемых транспортных компаний не решена ни в одном из указанных примеров.

Примером 5PL оператора по определению Моргана-Стенли [18], то есть оператора, управляющего полным циклом цепочек поставок крупных компаний, может служить новозеландская компания Contract Warehousing New Zealand Limited [19, 52]. Для информационной поддержки своей деятельности эта компания использует программное обеспечение Integrated Sapphire Transport & Logistics Management Suite компании TransLogix [53].

2 Модель интерактивной диспетчеризации посреднического транспортного логистического оператора

Современная интегрированная информационная среда дает своим пользователям практически неограниченные (точнее, ограниченные лишь правами доступа) возможности по поиску, обработке и дополнению информации. В этом смысле единое информационное пространство фактически становится своеобразной «площадкой», а точнее, набором «площадок» для обмена информацией между лицами, принимающими решения. Такой подход исключает необходимость детального описания бизнес-процессов по поиску и обработке информации и позволяет перейти от декларативного управления обработкой данных к компетентностному, интригующему или кондициональному.

Под информационным управлением принято понимать [54] воздействие на структуру информированности агентов, осуществляемое с целью изменения информационного равновесия. Задача информационного управления в рамках интегрированной информационной среды может быть на качественном уровне сформулирована следующим образом: найти такую структуру информированности акторов, чтобы информационное равновесие было наиболее предпочтительно с точки зрения центра – субъекта, осуществляющего управление.

Под информационным управлением иногда понимают информационное воздействие – сообщение определенной информации. В данном контексте «информация» рассматривается как объект управления, а не как средство управления. Иными словами центр может формировать у акторов ту или иную структуру информированности (из некоторого множества структур) [55].

Компетентностное управление подразумевает, что пользователь, представленный в качестве актора, обладающего правами и обязанностями, самостоятельно отслеживает появляющиеся новые сведения в едином информа-

ционном пространстве предприятия. В случае, если эти сведения описывают важные события, на которые требуется реакция этого пользователя, он начинает их обработку, обсуждая и уточняя данные во взаимодействии с другими пользователями.

Для реализации интригующего и кондиционального управления в систему вводится понятие центра – сущности, влияющей на процесс принятия решения непрямыми действиями. Центр имеет свою цель и выбирает средства из доступного ему инструментария для направления действий остальных акторов в русло, ведущее к этой цели.

Интригующее управление определяет возможность центра видоизменять информацию, предоставляемую акторам путём её искажения или ограничения (цензуры). Управляющее воздействие (искажение информированности) в рамках интригующего управления определяется совокупностью целей центра и актора-адресата сообщения. Это обуславливается тем, что для эффективного управления актором центр должен учитывать его предпочтения этого, так как тот обладает свободой действий.

Из этого следует, что, чем выше автономность агента, тем ниже будет эффективность управленческого усилия. Более того, чрезмерное и неаккуратное искажение информации может привести к снижению или полной потере доверия пользователя-актора к центру [55, 56].

Кондициональное управление подразумевает, что способ взаимодействия акторов определяется не свободной волей представляемых ими пользователей, а центром. Другими словами, внешне свободное общение пользователей ограничивается протоколом, определённым центром. Для достижения своих целей центр вырабатывает стратегию по планомерному изменению протокола общения акторов. Другими словами, центр изменяет обстоятельства, условия взаимодействия акторов. Из этого следует, что обстоятельства взаимодействия могут рассматриваться как аспект информационного управления.

Методы кондиционального и интригующего управления могут совмещаться в одной системе. Тогда центр будет обладать довольно широким инструментарием не прямых действий на процессы, происходящие в интегрированной информационной среде.

Эта идея близка современным тенденциям управления виртуальными сообществами сети Интернет и базируется на подходах, изложенных в работе [57]. Данное исследование посвящено решению вопросов управления знаниями, созданию и сохранению интеллектуального и социального капитала и, несмотря на основной уклон в область управления человеческими ресурсами, обосновывает важную возможность применения идей управления социальными сетями при решении вполне технических вопросов управления знаниями в едином информационном пространстве предприятия.

Таким образом, при разработке механизмов управления интегрированной информационной среды посреднического транспортного оператора с учетом современных возможностей по обеспечению свободной обработки информации, построению единого информационного пространства как открытой сложной системы, необходимо рассмотреть задачу моделирования и управления виртуальным взаимодействием ее участников.

Так как конечное решение о назначении заказа на исполнителя принимается при их непосредственном участии, то процесс такого назначения может быть назван интерактивным [58]. При этом интерактивность выступает, как способ решения задачи многокритериальной оптимизации с участием человека (эксперта), который выбирает и принимает решения на основе информации, представленной системой поддержки принятия решений.

Опишем модель интерактивной диспетчеризации посреднического транспортного логистического оператора, основанную на реализации многоакторной модели взаимодействия персонала в едином информационном пространстве [59].

Основными объектами модели являются заказы на транспортировку грузов w_i , $i = 1..N_w$, где N_w – количество заказов, и компании, участвующие в жизненном цикле заказов (грузоотправители, грузополучатели, экспедиционные и транспортные компании, а также водители). Каждая такая компания представлена в системе актором u_j , $j = 1..N_u$, где N_u – количество акторов – субъектом, представляющим интересы соответствующей компании и выступающим в качестве лица, принимающего решения по обработке заказов.

Опишем следующие события жизненного цикла заказа w_i на интервале времени $(T_{\text{нач}}, T_{\text{зав}})$:

$e^*(w_i, t^*_i) \in \{0,1\}$ – появление заказа w_i ;

$e(w_i, u_j, t_{i,j}) \in \{0,1\}$ – предложение заказа w_i актору u_j ;

$e'(w_i, u_j, t'_{i,j}) \in \{0,1\}$ – выбор (назначение) w_i актору u_j ;

$e''(w_i, t''_i) \in \{0,1\}$ – уход w_i из системы в случае отсутствия обработки (отказ).

Эти булевы переменные принимают значение 0 в случае отсутствия соответствующего события (время наступления такого события будет равно $T_{\text{зав}}$).

Цена выполнения $c_{i,j}$ заказа w_i актором u_j определяется самим актором и предлагается на согласование центру. $\Delta t_{i,j}$ – продолжительность выполнения заказа w_i актором u_j при полной загрузке ресурсов (один актор не может выполнять одновременно несколько заказов, один заказ не может выполняться несколькими акторами).

Рассмотрим задачу распределения ресурсов, которую решает оператор SPL. Его базовой целью будет повышение количества запланированных заказов и их стоимости в условиях непостоянного количества исполнителей. Поскольку добиться этих целей можно, лишь обеспечив высокое количество заказчиков и исполнителей, следует учитывать и косвенные цели, обеспечивающие требуемый уровень сервиса. Так, привлечь заказчиков и исполните-

лей, можно путем обеспечения низкого суммарного холостого пробега и проста (что реализуется часто путем повышения вероятности обратной загрузки).

Наиболее близкой к решаемой задаче является задача о назначениях в открытой форме. Задача о назначениях – одна из фундаментальных задач комбинаторной оптимизации в области математической оптимизации или исследовании операций. Задача состоит в поиске минимальной суммы дуг во взвешенном двудольном графе.

В наиболее общей форме задача формулируется следующим образом: имеется некоторое число работ и некоторое число исполнителей. Любой исполнитель может быть назначен на выполнение любой (но только одной) работы, но с неодинаковыми затратами. Нужно распределить работы так, чтобы выполнить работы с минимальными затратами.

Если число работ и исполнителей совпадает, то задача называется линейной задачей о назначениях. Обычно, если говорят о задаче о назначениях без дополнительных условий, имеют ввиду линейную задачу о назначениях.

Пусть множества, W и U , одного размера и задана функция стоимости $C : W \times U \rightarrow R$. Необходимо найти биекцию $f : W \rightarrow U$, такую, что целевая функция:

$$\sum_{i=1}^{N_w} C(w_i, f(w_i))$$

минимальна.

Обычно функция стоимости задается как квадратная матрица C , состоящая из вещественных чисел, так что целевую функцию можно записать в виде:

$$\sum_{i=1}^{N_w} C_{w_i, f(w_i)}.$$

Задача называется "линейной", поскольку и целевая функция, и ограничения содержат только линейные выражения.

Задачу можно представить как задачу линейного программирования с целевой функцией:

$$\sum_{i=1}^{N_w} \sum_{j=1}^{N_u} C(i, j) x_{i,j}$$

и ограничениями:

$$\sum_{i=1}^{N_w} x_{i,j} = 1, j \in U,$$

$$\sum_{i=1}^{N_u} x_{i,j} = 1, i \in W,$$

$$x_{i,j} \geq 0, j \in U, i \in W.$$

Переменная $x_{i,j}$ представляет назначение исполнителя j на работу i , принимая значение 1, если исполнитель назначен на эту работу и 0 в противном случае. В этой формулировке решение может и не быть целым, но всегда существует оптимальное решение с целыми значениями. Этот факт следует из абсолютной унимодулярности матрицы. Первое ограничение требует, чтобы каждому исполнителю была назначена в точности одна задача, второе требует, чтобы для каждой задачи был назначен один исполнитель.

Модифицировав задачу о назначениях при условии распределения событий по времени, получим:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{N_w} \sum_{j=1}^{N_u} e'(w_i, u_j, t'_{i,j}) \cdot c_{i,j} &\rightarrow \min, \\ \sum_{j=1}^{N_u} e'(w_i, u_j, t'_{i,j}) &= 1, \quad i = 1..N_w, \end{aligned} \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^{N_w} \sum_{j=1}^{N_u} e^*(w_i, t^*_i) \cdot e'(w_i, u_j, t'_{i,j}) \cdot (t'_{i,j} - t^*_i) \rightarrow \min \quad (2)$$

Задача (1, 2) описывает поиск наиболее эффективного распределения ресурсов. При этом для транспортных компаний-исполнителей (акторов) наилучшим распределением станет максимизация дохода:

$$\forall u_j : \sum_{i=1}^{N_w} \sum_{k=1}^{N_u} e(w_i, u_j, t_{i,j}) \cdot e'(w_i, u_j, t'_{i,j}) \cdot (1 - e'(w_i, u_k, t'_{i,k}) \cdot (1 - \delta_{j,k})) \cdot c_{i,j} \rightarrow \max, \quad (3)$$

где $\delta_{j,k}$ – дельта Кронекера: $\delta_{j,k} = \begin{cases} 1, j = k \\ 0, j \neq k \end{cases}$.

Каждому актору относительно потока заказов $e(w_i, u_j, t_{i,j})$ нужно выбрать такую стратегию $e'(w_i, u_j, t_{i,j})$, при которой выполняется (3). Соответственно, центру относительно потока заказов $e^*(w_i, t_i^*)$ нужно выбрать такую стратегию (план предложения) $e(w_i, u_j, t_{i,j})$ для нескольких u_j с учетом (2), при которой выполнится (1) [60].

План предложения и назначения можно представить в виде двудольного графа, вершинами одной доли которого будут заказы, а другой – акторы. Рёбрами графа, соединяющими вершины разных долей будет события предложения $e(w_i, u_j, t_{i,j})$ для плана предложения и события назначения $e'(w_i, u_j, t_{i,j})$ для плана назначения (см. Рисунок 8).

Назовем задачу (1, 2, 3) задачей интерактивной диспетчеризации. Ее отличие от задачи о назначениях состоит в следующем:

- Учитывается фактор времени, выражающийся в том, что решения о выборе заказов $e'(w_i, u_j, t'_{i,j})$ распределены на горизонте планирования и зависят от событий появления заказов $e(w_i, u_j, t_{i,j})$.
- Целевые функции сформулированы для участников процесса взаимодействия, а решаемая задача является не задачей оптимизации, а задачей управления взаимодействием акторов во времени.

Такой подход позволяет декомпозировать задачу интерактивной диспетчеризации на две:

- решить задачу оптимизации относительно каждого актора, которая с учетом неопределенности будет выражаться в стратегии взаимодействия (в частности, может быть применена игровая стратегия [61]);
- построить систему управления взаимодействием акторов с учетом свободы их действий и фактора времени, которая бы позволила обеспечи-

вать выполнение целевых функций (1, 2 и 3) в условиях конкуренции и применения игровых стратегий [62] акторами.

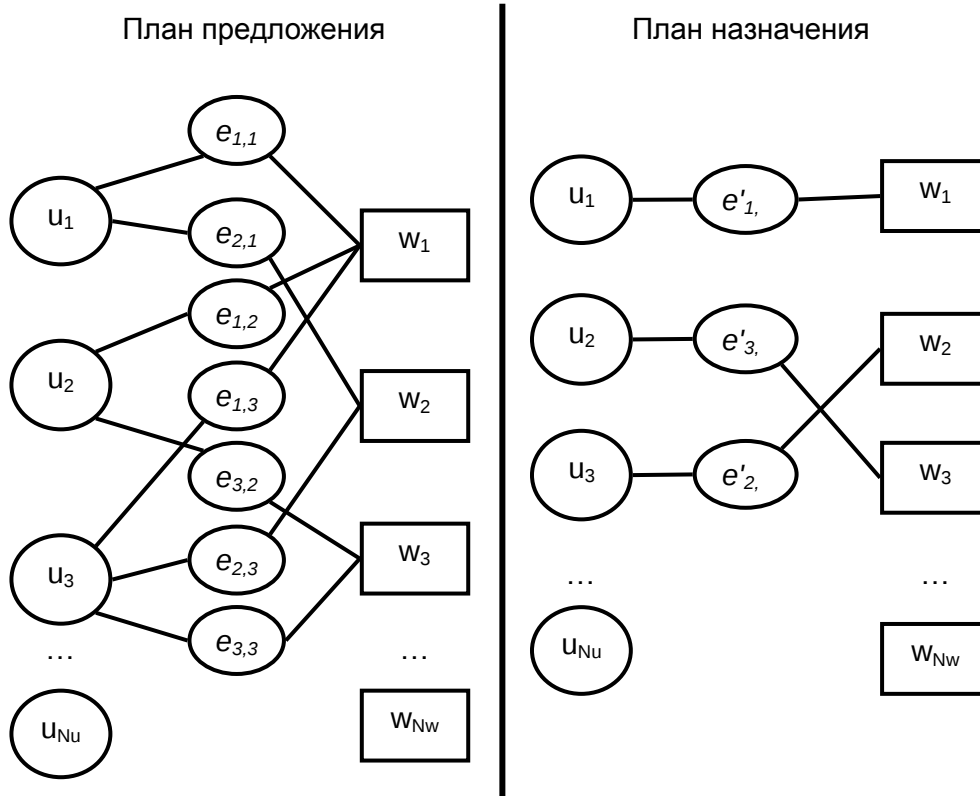


Рисунок 8 – Планы предложения и назначения

Опишем основные свойства интерактивной диспетчеризации.

Пусть поступающие заказы сразу предлагаются всем акторам. Рассмотрим задачу (3) в условиях убывающей стоимости заказов (каждый следующий заказ дешевле предыдущего):

$$w_i, \forall u_j; t_{i+1,j} > t_{i,j} : c_{i+1,j} < c_{i,j}.$$

Учитывая составляющие суммы (3) наилучшей стратегии каждого актора будет при соблюдении (3):

$$\forall u_j, e(w_i, u_j, t_{i,j}), e'(w_i, u_j, t'_{i,j}) : (t'_{i,j} - t_{i,j}) \rightarrow \min \quad (4)$$

При этом соблюдается минимум суммарного времени жизни заказов:

$$\sum_{i=1}^{N_w} \sum_{j=1}^{N_u} e(w_i, u_j, t_{i,j}) \cdot e'(w_i, u_j, t'_{i,j}) \cdot (t'_{i,j} - t_{i,j}) \rightarrow \min \quad (5)$$

Следовательно, соблюдается (2), а для соблюдения (1) достаточно выбирать наиболее дешевый ресурс среди свободных на момент появления заказов и формировать для этого актора $e(w_i, u_j, t_{i,j})$.

Эта стратегия соответствует «жадному» потреблению заказов и часто оправдывает себя, поскольку относительный рост стоимости обычно всегда сопровождается появлением новых возможных исполнителей и ростом конкуренции. Актор с такой стратегией не будет выжидать более выгодного заказа, если он свободен и у него есть доступный заказ.

Учитывая (3) для этого случая критерий (показатель) эффективной работы актора будет выглядеть как минимум времени простоя акторов. Для упорядоченных последовательно событий (для каждой пары $e_{i,j}, e_{i+1,j} : t'_{i+1,j} > t'_{i,j}$):

$$\sum_{i=1}^{N_w-1} e'(w_i, u_j, t'_{i,j}) \cdot e'(w_{i+1}, u_j, t'_{i+1,j}) \cdot (t'_{i+1,j} - \Delta t_{i,j} - t'_{i,j}) \rightarrow \min \quad (6)$$

Рассмотрим задачу (3) в условиях нарастающей стоимости заказов:

$$w_i, \forall u_j; t_{i+1,j} > t_{i,j} : c_{i+1,j} > c_{i,j}.$$

В этом случае увеличение времени ожидания каждого заказа приведет к повышению суммарной стоимости, однако, общий доход может быть снижен из-за роста суммарного времени простоя. В задачах планирования (когда известны все заказы) можно построить план обратным распределением задач от времени окончания работы (по принципу Just-in-time). В задаче диспетчеризации однозначно решить проблему нельзя.

Акторы вырабатывают эвристики, которые позволяют им решать задачу оптимизации собственной загрузки. При этом они принимают решения в условиях неполной определенности: с одной стороны, во время выполнения заказа могут поступить $e(w_i, u_j, t_{i,j})$ с более высокой стоимостью, с другой – долгое ожидание снижает суммарную экономическую эффективность работы. В реальной среде 5PL каждый актор может иметь собственную модель поведения, в зависимости от выбранной стратегии выстраивания последова-

тельности действий во времени. Модель поведения определяется также спецификой предметной области, так, для небольших внутригородских перевозчиков наблюдается предпочтение дальних поездок, несмотря на то, что в случае удачи может быть выгоднее выполнение нескольких коротких поездок.

Например, водители такси, несмотря на весьма жесткую конкуренцию, придерживаются стратегии выжидания выгодных заказов по высокой цене (в зоне вокзалов или других мест крупного скопления ожидаемых клиентов), что существенно снижает общий уровень сервиса. При этом конкуренция приводит к возникновению очереди исполнителей, что вовсе не означает недостатка актуальных заказов. Логика центра в этом случае должна быть направлена на ситуационное разрушение таких тенденций путем формирования обстоятельств передачи заказов водителям.

Это означает, что в ответ на поток заказов $e^*(w_i, t_i^*)$ путем введения задержек будет формироваться $e(w_i, u_j, t_{i,j}), t_{i,j} > t_i^*$ такой, чтобы с учетом стратегии акторов выполнялось (1).

2.1 Оценка деятельности посреднического оператора

При организации интерактивной диспетчеризации прямое управление распределением ресурсов невозможно, поскольку перечень ресурсов и заказов меняется со временем. Поэтому перед центром – оператором 5PL необходимо ставить следующие задачи:

- привлечение заказчиков и исполнителей с целью максимизации их количества для обеспечения возможности выбора наилучшего исполнения каждого заказа;
- формирование обстоятельств взаимодействия с целью поддержки кооперации и конкуренции, полезной для его участников и/или центра;
- оценка и анализ ключевых показателей эффективности бизнеса с целью поиска путей повышения уровня сервиса.

Для возможности оценки эффективности управления необходимо определить критерии оценки посреднического транспортного оператора. Воспользуемся подходом теории ограничений для оценки деятельности 5PL оператора, как сложного организационного процесса. По [63] и [64] для оценки любых управленческих усилий следует применить 3 основополагающих критерия (см. Рисунок 9):

- Т – производительность (объем) по денежному потоку – скорость, с которой система в целом генерирует денежные средства в результате продаж (продукции и услуг);
- ОЕ – операционные расходы – все деньги, необходимые системе для того, чтобы преобразовать вложения в денежный поток;
- I – вложения – все деньги, инвестированные системой в то, что предназначено для дальнейшей переработки и продажи.

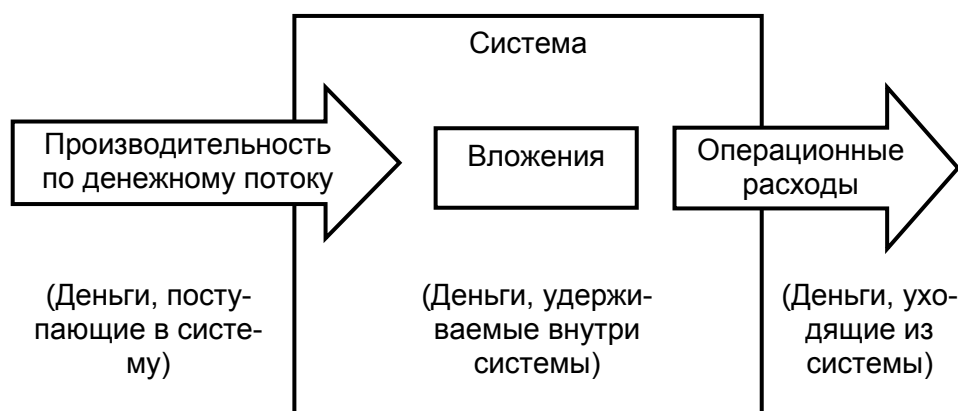


Рисунок 9 – Определения производительности, вложений и операционных расходов

Производительность по денежному потоку — это скорость, с которой система в целом генерирует доход в результате выполнения поступающих заказов. Другими словами производительность по денежному потоку это «разность между деньгами, поступающими в организацию в результате продаж, и себестоимостью реализации в части переменных затрат за определенный период времени». В случаях, когда производительность организации

трудно выразить в денежном эквиваленте, можно определить ее через денежный поток услуг или продукции.

Для оценки эффективности решения задачи интерактивной диспетчеризации определим критерии деятельности посреднического транспортного оператора на интервале времени $(T_{\text{нач}}, T_{\text{зав}}]$, $f_{\theta}(t) = \theta(t - T_{\text{нач}}) \cdot \theta(T_{\text{зав}} - t)$,

$$\text{где } f_{\theta}(x) = \begin{cases} 1, & t \in (T_{\text{нач}}, T_{\text{зав}}] \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}.$$

Для модели интерактивной диспетчеризации производительность по денежному потоку логично выразить суммарной стоимостью заказов, обработанных за период:

$$C = \sum_{i=1}^{N_w} \sum_{j=1}^{N_u} e'(w_i, u_j, t'_{i,j}) \cdot c_{i,j} \cdot f_{\theta}(t'_{i,j}). \quad (7)$$

Операционные расходы — это все деньги, которые система должна тратить, чтобы превратить вложения в производительность по денежному потоку (денежный поток). Другими словами, это деньги, уходящие из системы. Примерами служат рабочая сила, коммунальные расходы, расходные материалы и т. п. Амортизация активов тоже учитывается в операционных расходах, поскольку это стоимость материальных активов, которые система тратит для поддержания определенного уровня производительности.

Для модели посреднического транспортного оператора операционные расходы определяются парком сторонних ресурсов, привлекаемых для исполнения заказов. Так как, в условиях деятельности 5PL оператор, размер и качественный состав парка ресурсов не постоянен, то наиболее адекватным способом представления операционных расходов будет оценка средней загрузки ресурсов:

$$L = \frac{1}{N_u} \sum_{i=1}^{N_w} \sum_{j=1}^{N_u} e'(w_i, u_j, t'_{i,j}) \cdot f_{\theta}(t'_{i,j}) \cdot \Delta t_{i,j}. \quad (8)$$

Данный показатель отражает привлекательность сервиса для исполнителей. Отметим, что его значение может быть больше 1, так как интервал времени ограничивает лишь события назначения, но не выполнения заказов.

Вложения — это деньги, которые система инвестирует в объекты, предназначенные для переработки и продажи, или все деньги, удерживаемые в данный момент в системе. При этом за термином «вложения» скрываются как четко определенные в бухгалтерии понятия товарно-материальных запасов и инвестиций, так и скорее интуитивные понятия, как, например, связанный капитал (деньги, временно «связанные» внутри системы, которые можно и нужно перевести в доход). Это, в первую очередь товарно-материальные запасы (ТМЗ), сырье, незавершенное производство, закупленные комплектующие и другие материальные объекты, которые предполагается в конечном итоге продать. Однако к вложениям также относятся инвестиции в оборудование, помещения. В конце концов, устаревающее оборудование и площади тоже будут проданы, пусть даже и по цене лома. С уценкой этих активов их стоимость за вычетом амортизации остается в разделе «вложения», при этом сами амортизационные отчисления добавляются в операционные расходы.

Так как оператор 5PL по определению не обладает собственными ресурсами, но манипулирует информацией о заказах и исполнителях, то вложения можно определить, как связанный объем заказов, то есть среднее время ожидания поступивших заказов, назначение или отказ для которых произошел на данном интервале:

$$\begin{aligned}
\Theta &= \frac{A+B}{C+D}, \text{ где} \\
A &= \sum_{i=1}^{N_w} \sum_{j=1}^{N_u} e^*(w_i, t^*_i) \cdot e'(w_i, u_j, t'_{i,j}) \cdot (t'_{i,j} - t^*_i) \cdot f_{\theta}(t'_{i,j}); \\
B &= \sum_{i=1}^{N_w} e^*(w_i, t^*_i) \cdot e''(w_i, t''_i) \cdot (t''_i - t^*_i) \cdot f_{\theta}(t''_i); \\
C &= \sum_{i=1}^{N_w} \sum_{j=1}^{N_u} e^*(w_i, t^*_i) \cdot e'(w_i, u_j, t'_{i,j}) \cdot f_{\theta}(t'_{i,j}); \\
D &= \sum_{i=1}^{N_w} e^*(w_i, t^*_i) \cdot e''(w_i, t''_i) \cdot f_{\theta}(t''_i);
\end{aligned} \tag{9}$$

Основным методом использования описанных показателей является введение таких управленческих решений, которые позволят улучшить один из показателей, не уменьшая других [65] вплоть до достижения состояния экономики благосостояния, оптимальной по Парето [66]. При этом показатели отражают не только эффективность управления системой, но и определяют уровень сервиса системы с точки зрения её участников [67].

2.2 Модель интерактивной диспетчеризации, как система массового обслуживания

Описанная модель представляет собой систему массового обслуживания [68].

Поток событий в такой системе в общем случае является Пуассоновским, так как он одновременно:

- однороден – все заявки равноправны и не детализированы (в общем случае);
- стационарен – вероятность появления заказов на произвольном интервале времени зависит только от длительности этого интервала;
- без последствий – число заявок в рамках одного произвольного интервала не зависит от других непересекающихся интервалов времени.

Так как поток событий является простейшим, число n заказов, выпадающих на интервал времени x , распределено по закону Пуассона:

$$P(n, x) = \frac{(\lambda x)^n \cdot e^{-\lambda x}}{n!},$$

где $\lambda > 0$ - фиксированная интенсивность входного потока заказов.

Таким образом, среднее число заказов в системе Q_w определяется формулой Литтла, как произведение интенсивности входного потока на среднее время пребывания заявки в системе:

$$Q_w = \lambda \frac{\sum_{i=1}^{N^w} \sum_{j=1}^{N^u} (e^*(w_i, t_i^*) \cdot (e'(w_i, u_j, t'_{i,j}) + e''(w_i, t_i'')) \cdot (e'(w_i, u_j, t'_{i,j}) \cdot t'_{i,j} + e''(w_i, t_i'') \cdot t'' - t_i^*))}{\sum_{i=1}^{N^w} \sum_{j=1}^{N^u} e^*(w_i, t_i^*) \cdot (e'(w_i, u_j, t'_{i,j}) + e''(w_i, t_i''))}.$$

Следует отметить, что описанные характеристики потока заявок справедливы лишь для абстрактной модели интерактивной диспетчеризации. Характеристики потока заявок реальных логистических систем посреднических транспортных операторов могут иметь характеристики, отличные от описанных.

Так поток заявок в некоторых реальных системах может быть неоднороден. Заявки могут отличаться по своему объёму, типу и т.п., например, задача CVRP [40]. Поток заявок других систем может обладать свойствами сезонности или изменять свою плотность в зависимости от времени суток, вследствие чего, такой поток не может считаться стационарным. В случае обслуживания заказчиков на условиях контрактов поток заявок начинает обладать последствиями.

2.3 Метод интерактивной диспетчеризации

Опишем метод интерактивной диспетчеризации ресурсов посреднического транспортного оператора в едином информационном пространстве [68].

Данный метод предназначен для решения задачи интерактивной диспетчеризации и обеспечения баланса критериев (7, 8 и 9) путем реализации информационного управления действиями акторов со стороны оператора 5PL и основаны на реализации оверлейной транспортной сети.

Основная идея балансировки критериев (7, 8 и 9) состоит в том, что в случае увеличения стоимости запланированных заказов нельзя допускать высокого роста привлекаемых ресурсов, так как для поддержания их интереса нужно будет еще больше увеличивать количество новых заказов [70, 71]. Третий критерий определяет возможности интерактивной диспетчеризации. Для обеспечения возможности по распределению ресурсов, новые заказы должны передаваться исполнителю не сразу. Ожидание в течение определенного периода времени позволит лучше подобрать ресурсы среди освобождающихся в это время акторов. С другой стороны, существующие ресурсы в это время могут забирать другие заказы согласно жадной стратегии, описанной выше. В связи с этим, целесообразно поддерживать данный показатель на определенном уровне, небольшие колебания в зависимости от пропорции количества заказов и количества ресурсов в данный период времени обеспечат адаптивность 5PL оператора к изменениям внешней среды [35, 72].

2.4 Расширение модели интерактивной диспетчеризации с учётом географической информации

Транспортную сеть оператора 5PL обычно представляют в виде графа, узлами / вершинами которого являются пункты погрузки и разгрузки, а ребрами / дугами – пути, соединяющие эти пункты. Современные геоинформационные сервисы позволяют определить маршруты перемещения между двумя узлами с достаточно высокой точностью, причем учитывают разную проходимость дорог, скоростные режимы, наличие пробок и возможных ограничений передвижения.

Такая сеть представляет собой основу для любой системы управления ресурсами в транспортной логистике, объективно описывает исходную ситуацию и позволяет оптимизировать выполнение заказов с учетом информации о необходимых географических пунктах загрузки и выгрузки.

Рассмотрим транспортную сеть оператора 5PL. Определим сеть дорог, как граф $G = (V, R)$, где V – множество вершин графа $v_l, l = 1..N_v$, а R – множество рёбер графа $r_q, q = 1..N_r$, соединяющих эти вершины.

Заказы появляются в системе в одной из вершин графа. Опишем событие появления заказа w_i в вершине v_l :

$$\varepsilon(w_i, v_l, t^*_i) \in \{0,1\}.$$

Акторы могут перемещаться между этими вершинами по рёбрам r_q , соединяющим их. Опишем следующие события передвижения актора u_j по вершинам на интервале времени $(T_{\text{нач}}, T_{\text{зав}})$:

$$\varepsilon'(u_j, v_l, t'_{j,l}) \in \{0,1\} \text{ – прибытие актора } u_j \text{ в вершину } v_l;$$

$$\varepsilon''(u_j, v_l, t''_{j,l}) \in \{0,1\} \text{ – отбытие актора } u_j \text{ из вершины } v_l.$$

2.5 Оверлейная сеть

Для решения задачи интерактивной диспетчеризации предлагается построить на основе графа G , так называемую оверлейную сеть (см. Рисунок 10), которая представляет собой граф $G' = (V', R'); V' \in V, R' \in R$. Данный подход широко применяется при организации обмена информацией в пиринговых сетях связи и в мультиагентных системах маршрутизации [32] и позволяет строить имитационные модели по аналогии с природными механизмами самоорганизации, что полезно в условиях решаемой задачи. Оверлей – операция наложения друг на друга двух или более слоев, в результате которой образуется один производный слой, содержащий композицию пространственных объектов исходных слоев, топологию этой композиции и атрибуты, арифметически или логически производные от значений атрибутов исходных объектов [73]. Таким образом, оверлейная сеть, это виртуальная сеть, структура которой отличается от реальной коммуникационной сети, на базе которой эта оверлейная сеть функционирует.

Оверлейная сеть (от англ. Overlay Network) — общий случай логической сети, создаваемой поверх другой сети [74]. Узлы оверлейной сети могут быть связаны либо физическим соединением, либо логическим, для которого в основной сети существуют один или несколько соответствующих маршрутов из физических соединений. Примерами оверлеев являются сети VPN и одноранговые сети, которые работают на основе интернета и представляют из себя «надстройки» над классическими сетевыми протоколами, предоставляя широкие возможности, изначально не предусмотренные разработчиками основных протоколов. Коммутируемый доступ в интернет фактически осуществляется через оверлей (например, по протоколу PPP), который работает «поверх» обычной телефонной сети.

Основное преимущество оверлейных сетей заключается в том, что они позволяют разрабатывать и эксплуатировать новые крупномасштабные распределённые сервисы без внесения каких-либо изменений в основные сети.

Не смотря на то, что термин «оверлейная сеть» происходит из области систем связи, эта концепция очень удобно подходит для реализации интерактивной диспетчеризации 5PL оператора.

В рамках модели интерактивной диспетчеризации оверлейная сеть представляет собой совокупность узлов, соответствующих как реальным географическим точкам, так и виртуальным площадкам, в которых могут находиться акторы, ожидающие новых заказов. Узлы оверлейной сети связаны между собой логическими ребрами, «сложность» прохождения которых может быть отлична от реального времени или стоимости, требуемых для перемещения по пути между реальными географическими пунктами.

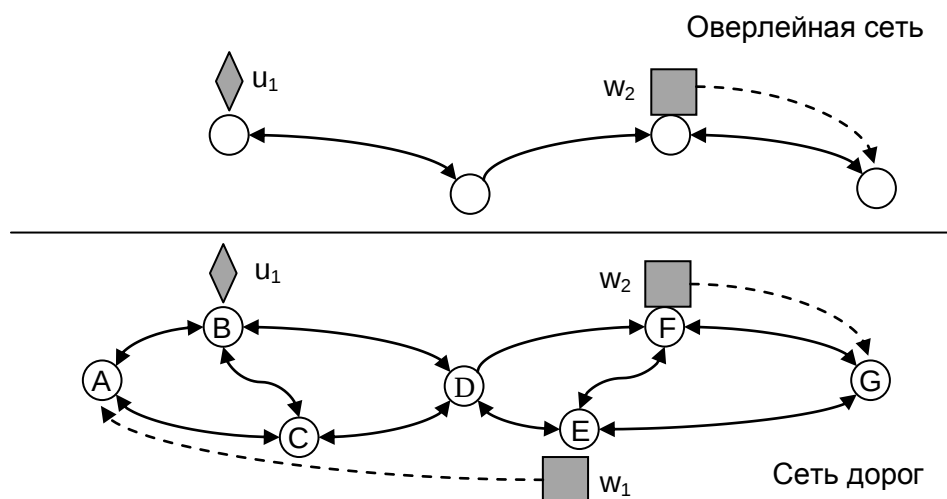


Рисунок 10 – Построение оверлейной сети на основе сети дорог

Информация об оверлейной сети становится доступна акторам, участвующим во взаимодействии (см. Рисунок 12). Отметим, что для разных групп акторов могут быть построены отличающиеся оверлейные сети. Таким образом, обеспечивается информационное управление их взаимодействием, целью которого является сохранение требуемой ритмичности потребления заказов.

2.6 Модель SaaS

Для технической реализации метода интерактивной диспетчеризации, основанного на формировании оверлейной сети, наиболее подходящей представляется модель SaaS (см. Рисунок 11).

SaaS (англ. software as a service — программное обеспечение как услуга) — бизнес-модель продажи и использования программного обеспечения, при которой поставщик разрабатывает веб-приложение и самостоятельно управляет им, предоставляя заказчику доступ к программному обеспечению через Интернет [75]. С точки зрения потребителя главным преимуществом этой модели является отсутствие затрат на установку, обновление и поддержку оборудования и ПО.

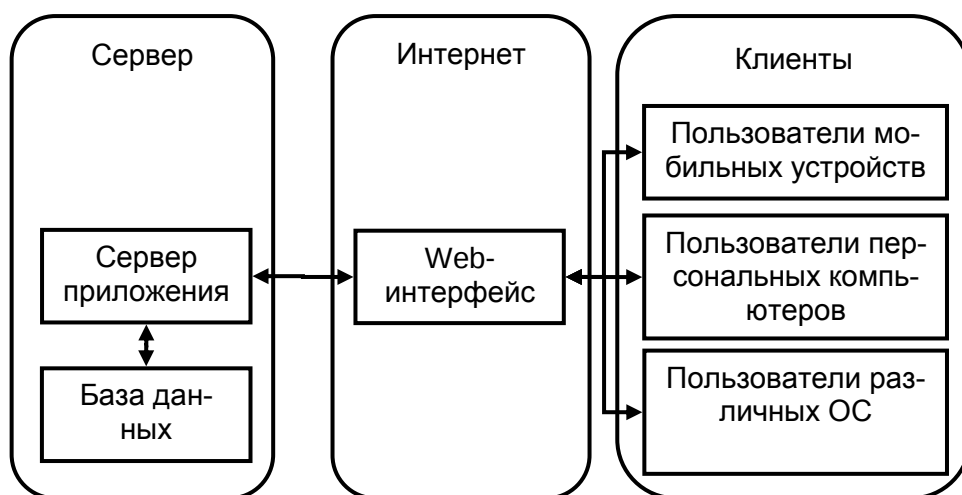


Рисунок 11 – Схема модели SaaS

Отличительными особенностями предоставления ПО как услуги являются:

- ориентация приложения для удалённого использования;
- коммунальность приложения (несколько клиентов могут пользоваться одним приложением);
- гибкий способ оплаты за пользование услугами (ежемесячная абонентская плата, либо на основе объёма операций);
- техническая поддержка, чаще всего, включена в оплату;
- оперативная и прозрачная для клиентов модернизация и обновление ПО.

В рамках модели предоставления ПО как услуги заказчики платят за аренду приложения (то есть за его использование через веб-интерфейс), вместо того, чтобы платить за владение этим программным обеспечением как таковым. Таким образом, в отличие от классической схемы лицензирования ПО, заказчик несет сравнительно небольшие периодические затраты, и ему не требуется инвестировать значительные средства в приобретение ПО и аппаратной платформы для его развертывания, а затем поддерживать его работоспособность. Схема периодической оплаты предполагает, что если необходимость в программном обеспечении временно отсутствует, то заказчик мо-

жет приостановить его использование и заморозить выплаты разработчику [76].

Со стороны разработчика концепция предоставления ПО как услуги позволяет сократить затраты на развёртывание и внедрение систем консультационной и тех. поддержки, разумеется, не исключая их полностью.

Модель SaaS является наиболее предпочтительной для организации взаимодействия участников процесса интерактивной диспетчеризацией в силу нескольких причин. Так как оператор 5PL ориентируется в первую очередь на частные заказы и небольшие транспортные компании, то ключевым фактором экономической целесообразности SaaS для посреднического транспортного оператора является доступность такого решения для клиентов.

Кроме описанных преимуществ, использование концепции SaaS делает возможным планирование вычислительных мощностей и позволяет редуцировать проблему пиковых нагрузок для отдельных пользователей. Благодаря этим аспектам SaaS позволяет существенно снизить стоимость обслуживания ПО. В некоторых случаях, абонентская плата для конечного заказчика может стать ниже издержек классической модели лицензирования.

В [77] описаны несколько факторов, стимулирующих использование программного обеспечения по требованию заказчиками и развитие данных продуктов разработчиками.

Положительные факторы SaaS для заказчиков:

- нет необходимости установки программного обеспечения на рабочих местах пользователей;
- значительное снижение затрат на развёртывание системы.
- снижение затрат на тех. поддержку и обновление систем;
- оперативность внедрения (отсутствие временных затрат на развертывание);
- в большинстве случаев, более понятный интерфейс;
- прозрачность и прогнозируемость платежей, снижение риска инвестиций;

- мультиплатформенность;
- более высокий уровень обслуживания ПО.

Положительные факторы SaaS для разработчиков:

- рост популярности веб-сервисов для конечных пользователей;
- широкие функциональные возможности и простота реализации веб-приложений;
- упрощённое внедрение и снижение ресурсных затрат на обслуживание конкретного клиента;
- упрощённая глобализация приложения;
- защита от риска нелегального распространения ПО;
- стабильность оплаты, и, следовательно, защита инвестиций разработчика в процессе продаж;
- перспектива более высокого уровня долгосрочных доходов.

С помощью SaaS портала посреднического транспортного оператора (см. Рисунок 12) представляется возможной организация эффективного взаимодействия заказчиков и исполнителей. Такой портал представляет собой площадку взаимодействия, посредством которой заказчики (в особенности частные) с одной стороны и транспортные компании с другой смогут не только быстро найти подходящие для себя варианты выполнения заказов, но так же и согласовать цену и прочие условия.

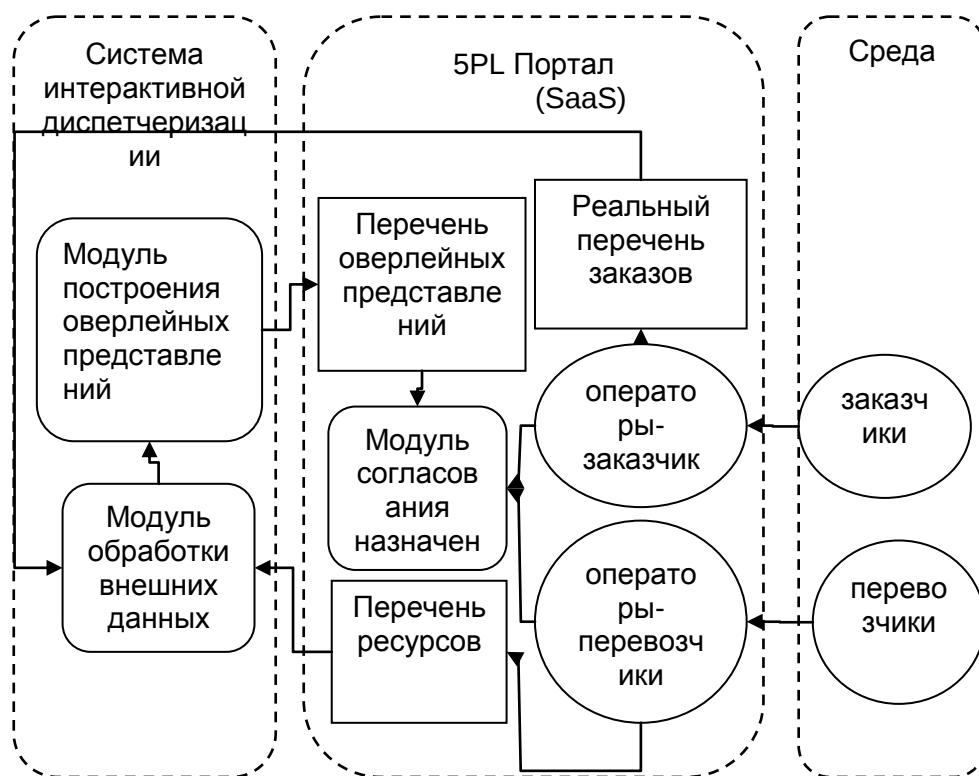


Рисунок 12 – Схема SaaS-решения для интерактивной диспетчеризации

С другой стороны центр (5PL оператор) получает возможность реализовать механизмы интерактивной диспетчеризации прозрачным и удобным для пользователей образом.

Учитывая особенности решаемой задачи, можно сформулировать несколько алгоритмов формирования оверлейных представлений в условиях интерактивной диспетчеризации.

2.7 Анализ вариантов приложения метода интерактивной диспетчеризации

В различных случаях транспортной логистики топология графа, представляющего сеть дорог в системе управления, а так же другие условия транспортировки грузов могут значительно меняться [78, 79]. Рассмотрим несколько потенциальных сфер применения описанного метода интерактивной диспетчеризации (см. Таблица 4).

Таблица 4. Перечень задач транспортной логистики

Название	Особенности
1. Поставка товаров	– доставка до нескольких получателей; – горизонт планирования от одного дня; – относительно низкая вероятность внешних событий; – относительно длительные окна доставки; – разнородные товары; – различные виды транспортных ресурсов; – учёт вместимости ресурсов;
1.1.Поставка обычных товаров	– основная цель – минимизация расходов транспортировки;
1.2.Поставка скоропортящихся товаров	– основная цель – минимизация длительности транспортировки; – использование специализированных ресурсов (рефрижераторы);
2. Доставка «до двери»	– высокая плотность заказов в единицу времени; – высокая плотность заказов в расчёте на ресурс; – горизонт планирования в пределах одного дня; – высокая вероятность внешних событий; – относительно короткие и неравномерные окна доставки; – один тип товаров (вода, посылки); – разнородные ресурсы; – учёт вместимости ресурсов;
3. Технические службы	– предоставление услуг в различных точках; – высокая плотность заказов в расчёте на ресурс; – горизонт планирования в пределах суток; – высокая вероятность внешних событий;

	– отсутствие перевозимых товаров; – слабо предсказуемые длительности обработки заказов; – различные виды заказов; – разнородные ресурсы;
3.1.Скорая помощь	– вероятность обратной доставки; – ASAP;
3.2.Инкассация	– относительно короткие окна обработки заказов; – особые требования к маршрутам;
4. Такси	– без учёта горизонта планирования; – планирование размера используемого парка ресурсов; – инкрементальное назначение заказов на ресурсы; – высокая вероятность внешних событий; – ASAP; – без учёта вместимости ресурсов;
5. Грузоперевозки (Pickup&Delivery)	– множество точек отправки и назначения; – горизонт планирования от одного дня; – различные виды транспортных ресурсов; – различные виды товаров;
5.1.Грузоперевозки с использованием кросс-докинга	– консолидация и декомпозиция нескольких мелких заявок в узловых точках сети; – использование различных типов ресурсов на разных этапах транспортировки;
5.2.Совместные гру- зоперевозки (LTL)	– непарные операции погрузки/разгрузки; – учёт совместимости перевозимых товаров;

5.3.Грузоперевозки с полной загрузкой трейлера (FTL)	– парные операции погрузки/разгрузки; – многодневные транспортировки; – учёт правил расчета рабочего времени;
5.4.Грузоперевозки с использованием ресурсов с фиксированным расписанием (РФР)	– учёт расписания движения РФР; – учёт вариантов размещения на РФР (прицеп и/или тягач и/или водитель); – поддержка механизма бронирования мест на РФР.

Следует отметить, что не для всех из перечисленных задач транспортной логистики может быть применён метод интерактивной диспетчеризации. Так задача логистическая задача технических служб связана с использованием исключительно своего парка ресурсов, вследствие чего такая задача не подлежит рассмотрению как деятельность посреднического транспортного оператора.

2.7.1 Такси без автопарка

Одной из родственных по структуре 5PL предметных областей является служба такси, не имеющая собственного автопарка и привлекающая для исполнения заказов работников-водителей на договорной основе. В последнее время становятся популярными программные комплексы диспетчерских служб, работающих через приложения для мобильных устройств. Программный комплекс предназначен для автоматизации работы службы такси. Система значительно повышает эффективность работы операторов, водителей, а также руководителей. Возможности автоматизированной диспетчерской службы такси позволяют организовать роботизированное общение с клиентом, как с участием, так и без участия оператора, формировать и управлять очередью звонков на линии и распределять их среди операторов, удерживать клиентов (за счет проигрывания музыки/новостей/информации, использования голосового меню), собирать статистические данные о работе службы. Рабочее место оператора дает возможность отказаться от необходимости сле-

дить за перемещением машин, распределением заказов между водителями и контролем их исполнения, так же ликвидирует проблемы с поиском и формированием карточки заказа. Автоматизация рабочего места водителя позволяет ему производить расчет стоимости поездки, связываться напрямую с клиентом через систему (минуя оператора и не выдавая телефон клиента), также не требуется дорогостоящее радиооборудование. Таким образом, в результате использования комплекса эффективность работы повышается до 80% [80]. При внедрении система может быть адаптирована под любые запросы заказчика, в том числе реализация дополнительного функционала.

Топология графа системы интерактивной диспетчеризации такси (см. Рисунок 13) представляет собой связный граф, вершины которого представляют точки, в которых могут останавливаться акторы, представляющие такси и появляться заказы на перевозку.

Так как водители, исполняющие заказы, не находятся в штате организации, то по определению система не обладает возможностью директивного назначения акторов на заказы и распределения их по вершинам. Для управления этим распределением центр может использовать описанный метод построения оверлейных сетей. Таким образом, если центру необходимо снизить или повысить привлекательность определённой вершины, он может скрыть/исказить информацию о заказах в данной вершине.

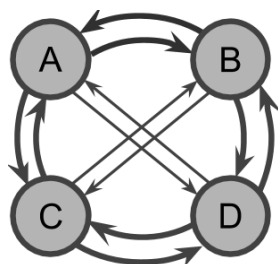


Рисунок 13 – Граф системы интерактивной диспетчеризации такси

В результате в каждый момент времени каждый актор будет иметь некоторую картину мира – подмножество заказов, известных ему в данный момент.

Таким образом, рёбрами оверлейной сети будут представлять информационные каналы. То есть если ребро из вершины А в вершину Б перекрыто, это означает, что агенты такси, находящиеся в вершине А не будут иметь информации о заказах в вершине Б, но не наоборот.

2.7.2 Интеллектуальные транспортные системы

Метод интерактивной диспетчеризации может быть успешно применены при организации интеллектуальных транспортных систем [81]. Интеллектуальные транспортные системы представляют собой комплекс интегрированных средств управления транспортной инфраструктурой (улично-дорожной сетью, техническими средствами организации дорожного движения, транспортными потоками), предназначенный для решения задач организации дорожного движения на основе современных информационных технологий, обеспечивающих обработку различных видов информации о функционировании транспортной инфраструктуры в реальном масштабе времени. Многоуровневая, сложноорганизованная интеллектуальная транспортная система представляет собой гибридную систему, состоящую из множества разнородных систем, сложным образом взаимодействующих друг с другом – управляющих, классифицирующих, прогнозирующих, экспертных, принимающих решения или поддерживающих эти процессы, объединенных для достижения единой цели. Часть таких подсистем, входящих в состав интеллектуальной транспортной системы, может управляться с помощью метода интерактивной диспетчеризации. Так, описанная выше задача управления такси без собственного парка машин может рассматриваться как подсистема общегородской интеллектуальной транспортной системы. Кроме такси, метод интерактивной диспетчеризации могут быть применены для любых транспортных систем, входящих в состав интеллектуальной транспортной системы и работающие по требованию, исполнители которых обладают свободой выбора при назначении на исполнении задач.

2.7.3 Доставка грузов

Одной из наиболее распространённых задач для транспортных компаний является организация процесса доставки грузов из случайных точек отправки в случайные точки доставки. В рамках классификации задач маршрутизации такую задачу принято называть Pickup&Delivery Problem (PDP) [39].

В рамках деятельности посреднического транспортного оператора задача определения маршрутов делегируется акторам-исполнителям. Но задача распределения заказов по ресурсам в рамках PDP так же актуальна для 5PL оператора и является не менее значимой. Метод интерактивной диспетчеризации наиболее подходит для решения этой задачи в условиях высокой ликвидности потока заказов.

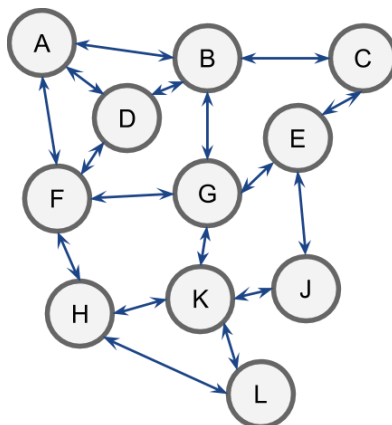


Рисунок 14 – Граф задачи PDP

назначаемый на исполнение заказа отправляющегося или назначющегося в удалённую вершину не может быть задействован для обработки других заказов на относительно продолжительное время.

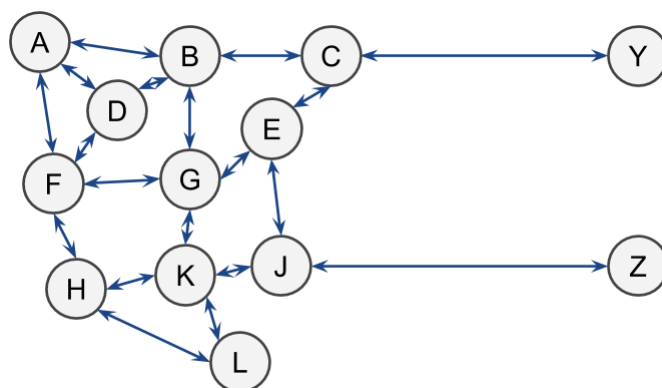


Рисунок 15 – Граф задачи PDP с выделенными вершинами

С другой стороны следует отметить, что проблема занятости ресурсов, исполняющих заказы удалённых вершин не так актуальна для посреднического транспортного оператора, так как он по определению не может рассчитывать на ресурсы сторонних транспортных компаний даже в краткосрочной перспективе.

2.7.4 Транспортировка со складами консолидации (кросс-докинг)

Кросс-докинг – это логистическая операция внутри цепочки поставок, при которой отгрузка товара на склад и его последующая доставка получателю согласованы по времени таким образом, чтобы исключить хранение товара на складе. В результате партия продукции доставляется от поставщика (производителя) продавцу за максимально короткий срок.

В России кросс-докинг начал применяться около десяти лет назад. С тех пор количество предприятий, применяющих этот метод на практике, постоянно растёт [82].

Кросс-докинг проходит в один или два этапа. При использовании одноэтапного кросс-докинга получатель адресует товар определенной торговой точке, и груз проходит через склад как отдельный заказ без изменений. Двухэтапный кросс-докинг предполагает, что партия товара, отгруженная поставщиком на склад в качестве логистической единицы, будет переформиро-

вана. При этом товар на складе можно делить на группы (каждая из которых доставляется в торговую точку) или собирать в единый блок (логистическую единицу) вместе с другими частями этого же заказа. Хранение товара на складе при использовании двухэтапного кросс-докинга также исключается.

Преимуществами сквозного складирования являются более быстрая доставка продукции к пунктам назначения и сокращение складских площадей и снижение затрат на оплату аренды складов и труд персонала [83, 84].

Оптимальными для сквозного складирования считаются товары с высоким спросом и значительным объемом транспортировки: товары массового потребления, пользующиеся постоянным спросом; скоропортящиеся продукты; товары высокого качества; продукция для рекламных мероприятий [85].

Как правило, широко используется в распределительных центрах розничных сетей.

Граф транспортной системы, использующей кросс-докинг, представляет собой два или более сгруппированных подграфа, соединённых между собой посредством выделенных вершин – складов временного хранения (см. Рисунок 16). Вершины А и В на Рисунок 16 представляют точки консолидации заявок – кросс-доки. В этих вершинах производится консолидация нескольких заявок в одну большую, формируются загрузки, которые впоследствии отправляются на другой кросс-док или конечному заказчику. С другой стороны кросс-док может использоваться для разделения большого заказа на несколько более мелких с последующей отправкой нескольким потребителям.

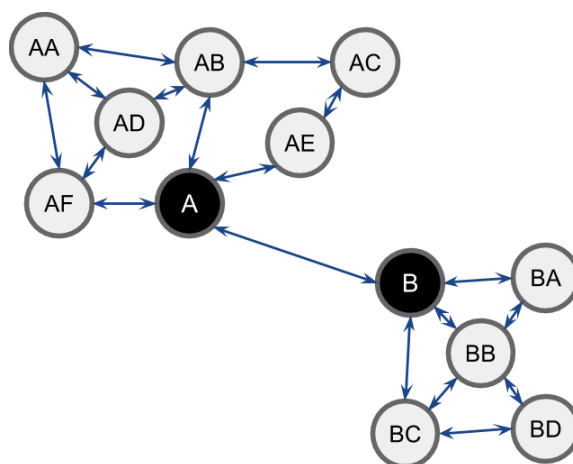


Рисунок 16 – Граф транспортной системы с кросс-докингом

Так как граф транспортной системы с использованием кросс-докинга по определению разбит на локализованные участки, то можно сделать вывод, что при организации интерактивной диспетчеризации описанный ниже разделительный алгоритм не даст значительного преимущества по сравнению с лимитирующим. За исключением ситуации задач большого масштаба, когда локализованные участки сами по себе могут быть эффективно разбиты на более мелкие сферы ответственности групп акторов.

Транспортировка между точками кросс-доков зачастую обеспечивается ресурсами большой вместимости (железнодорожный транспорт, автопоезда). В то время как доставка и сбор заказов с точек отправления и назначения осуществляется ресурсами относительно меньшей вместимости. В силу этих обстоятельств имеет смысл изначальное разбиение графа транспортной системы на два или более подграфа (см. Рисунок 17). В таком случае интерактивная диспетчеризация может быть применена для подграфов отдельно.

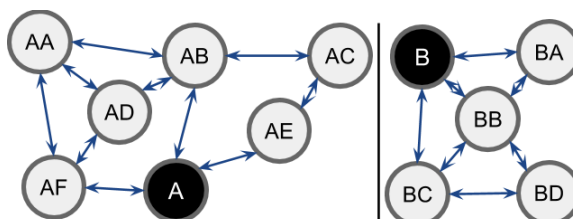


Рисунок 17 – Разбиение графа транспортной системы с кросс-докингом

2.7.5 Транспортировка с использованием транспорта с фиксированным расписанием

Схожей организационной структурой обладает система перевозки грузов с использованием стороннего транспорта с фиксированным расписанием (железнодорожный транспорт, паромы, грузовые авиаперевозки). В таком случае транспортный оператор должен обеспечить доставку груза от точки отправления до порта отправки с одной стороны и подбор исполнителя с последующей доставкой до точки назначения с другой. Примером транспортного оператора с такой схемой доставки является финская компания T.Lehtinen, базирующаяся в г. Коувола [86], занимающаяся перевозкой грузов из Финляндии в континентальную Европу и обратно через Балтийское море.

Дополнительную сложность такой транспортной системы представляет необходимость учёта расписания движения регулярных ресурсов и бронирования мест на них. При использовании интерактивной диспетчеризации проблема бронирования билетов на ресурсы с фиксированным расписанием может быть решена посредством прогнозирования уровня использования рейсов и обезличенного бронирования мест на эти рейсы.

Кроме этого дополнительные варианты назначения обуславливаются несколькими точками отправления и прибытия паромов. Эта проблема особенно актуальна для систем планирования с горизонтом, так как обуславливает необходимость рассмотрения вариантов отправки из нескольких портов, которые могут предоставлять различную стоимость и время обслуживания.

Так же следует отметить, что при использовании таких видов ресурсов с фиксированным расписанием, как паромы, имеется возможность перевозки на них не только грузов, но и самих ресурсов, включая тягачи и прицепы.

Граф транспортной системы в таком случае аналогичен графу системы с кросс-докингом (см. Рисунок 16), с тем исключением, что вершины А и В будут представлять не точки консолидации заказов, а порты отправления сторонних ресурсов с фиксированным расписанием.

3 Алгоритм формирования частных представлений

Опишем алгоритм решения задачи интерактивной диспетчеризации посредством формирования частных оверлейных представлений, реализующий описанный метод интерактивной диспетчеризации [87].

3.1 Базовый алгоритм формирования начальных оверлейных представлений

Вначале рассмотрим ситуацию распределения N_w новых заказов на N_u свободных акторов. Будем считать, что все заказы поступили одновременно, акторы не заняты исполнением других заказов и распределены по сети дорог. Данные упрощения позволяют говорить о пакетном распределении заказов. Обычно, для решения данной задачи используется Венгерский алгоритм, немного модифицировав который, предложим следующее решение.

Составим матрицу значений функции (1) для всех акторов и всех заказов. Строки этой матрицы будут соответствовать акторам, а колонки – заказам. Проходим последовательно по всем строкам и вычитаем минимальное значение в строке из всех её элементов. В результате в каждой строке появится хотя бы один «0». Проходим в цикле по всем столбцам и, если в столбце только одно нулевое значение, назначаем соответствующий заказ соответствующему актору. Если в строке более одного нулевого значения, назначаем соответствующий заказ актору, значение функции (3) для которого будет минимально для рассматриваемого заказа. Повторяем процедуру, исключая из рассмотрения колонки с распределёнными заказами до тех пор, пока все заказы не будут распределены. Таким образом, если выполнение одного из заказов оптимально по (1) для нескольких акторов, то выбирается тот из них, значение (3) для которого меньше.

Блок-схема базового алгоритма формирования начальных оверлейных представлений приведена на Рисунок 18 – Рисунок 19. Описание этого алгоритма с помощью псевдокода дано в приложении А.

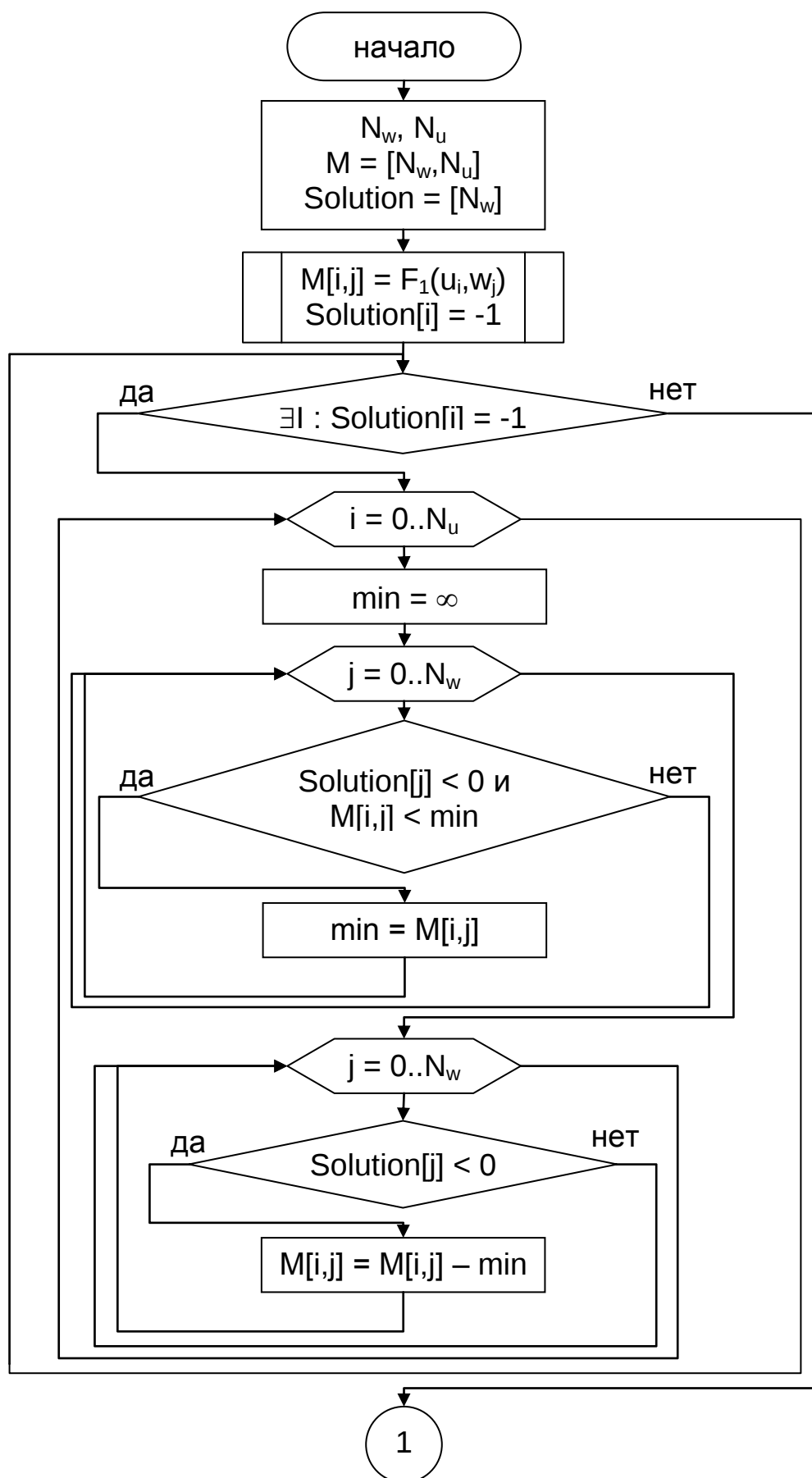


Рисунок 18 – Схема базового алгоритма (начало)

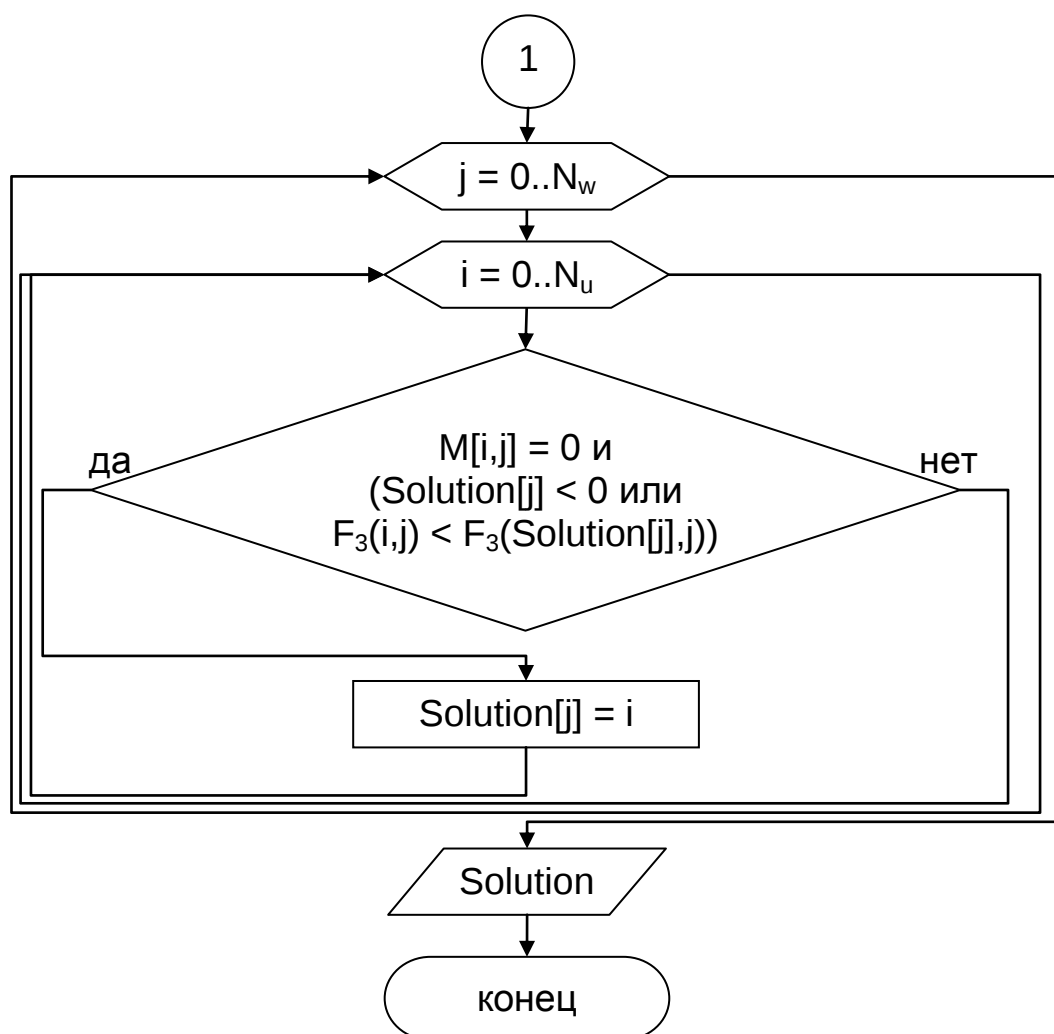


Рисунок 19 – Схема базового алгоритма (окончание)

Пример решения базовым алгоритмом показан на Рисунок 20.

3.2 Расширенный алгоритм формирования начальных оверлейных представлений

Решение, полученное базовым алгоритмом, исключает возможность конкуренции между исполнителями, так как множества заказов, входящих в оверлейные сети не пересекаются. С другой стороны, жёсткое ограничение вариантов выбора снижает привлекательность сервиса для исполнителя. Для устранения этого недостатка необходимо увеличить перечень предлагаемых на исполнение заказов, для чего введем возможность предложения одного и того же заказа нескольким исполнителям.

Начальная матрица												
	o1	o2	o3	o4	o5	o6	o7	o8	o9	o10	o11	назначение
a0	88	80	11	46	44	71	69	13	67	3	52	
a1	96	76	65	66	51	41	75	77	90	53	79	
a2	30	42	73	42	63	13	64	71	61	99	77	
a3	86	59	80	7	32	98	36	5	58	81	25	
a4	91	7	18	5	82	30	27	84	61	41	1	
шаг 1												
	o1	o2	o3	o4	o5	o6	o7	o8	o9	o10	o11	назначение
a0	85	77	8	43	41	68	66	10	64	0	49	o10,
a1	55	35	24	25	10	0	34	36	49	12	38	
a2	17	29	60	29	50	0	51	58	48	86	64	o6,
a3	81	54	75	2	27	93	31	0	53	76	20	o8,
a4	90	6	17	4	81	29	26	83	60	40	0	o11,
шаг 2												
	o1	o2	o3	o4	o5	o6	o7	o8	o9	o10	o11	назначение
a0	77	69	0	35	33	68	58	10	56	0	49	o3, o10,
a1	45	25	14	15	0	0	24	36	39	12	38	o5,
a2	0	12	43	12	33	0	34	58	31	86	64	o1, o6,
a3	79	52	73	0	25	93	29	0	51	76	20	o8,
a4	86	2	13	0	77	29	22	83	56	40	0	o4, o11,
шаг 3												
	o1	o2	o3	o4	o5	o6	o7	o8	o9	o10	o11	назначение
a0	77	13	0	35	33	68	2	10	0	0	49	o3, o9, o10,
a1	45	1	14	15	0	0	0	36	15	12	38	o5, o6,
a2	0	0	43	12	33	0	22	58	19	86	64	o1, o2,
a3	79	23	73	0	25	93	0	0	22	76	20	o7, o8,
a4	86	0	13	0	77	29	20	83	54	40	0	o4, o11,

Рисунок 20 – Пример решения задачи распределения базовым алгоритмом

Будем добавлять в представление каждого актора те заказы, которые могут быть исполнены актором с минимальным временем ожидания (2). Для получения такого распределения необходимо произвести действия, описанные в предлагаемом алгоритме, над двумя матрицами. Первая будет содержать значения функции (1), а вторая – значения функции (2) для всех акторов и заказов. Результат дизъюнктивного объединения решений для разных матриц будет искомым распределением.

Блок-схема расширенного алгоритма формирования начальных оверлейных представлений приведена на Рисунок 21 – Рисунок 23. Описание этого алгоритма с помощью псевдокода дано в приложении Б.

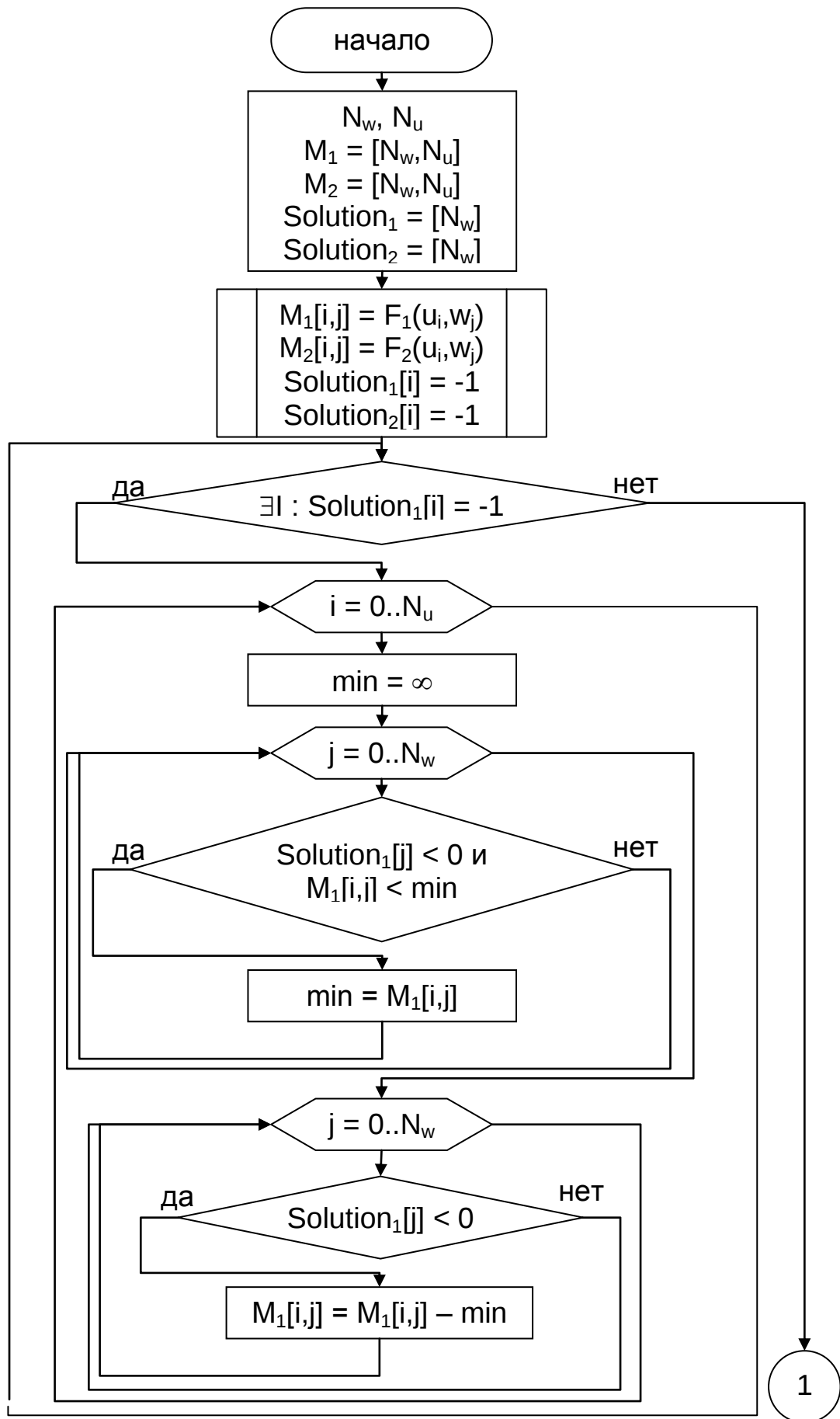


Рисунок 21 – Схема расширенного алгоритма (начало)

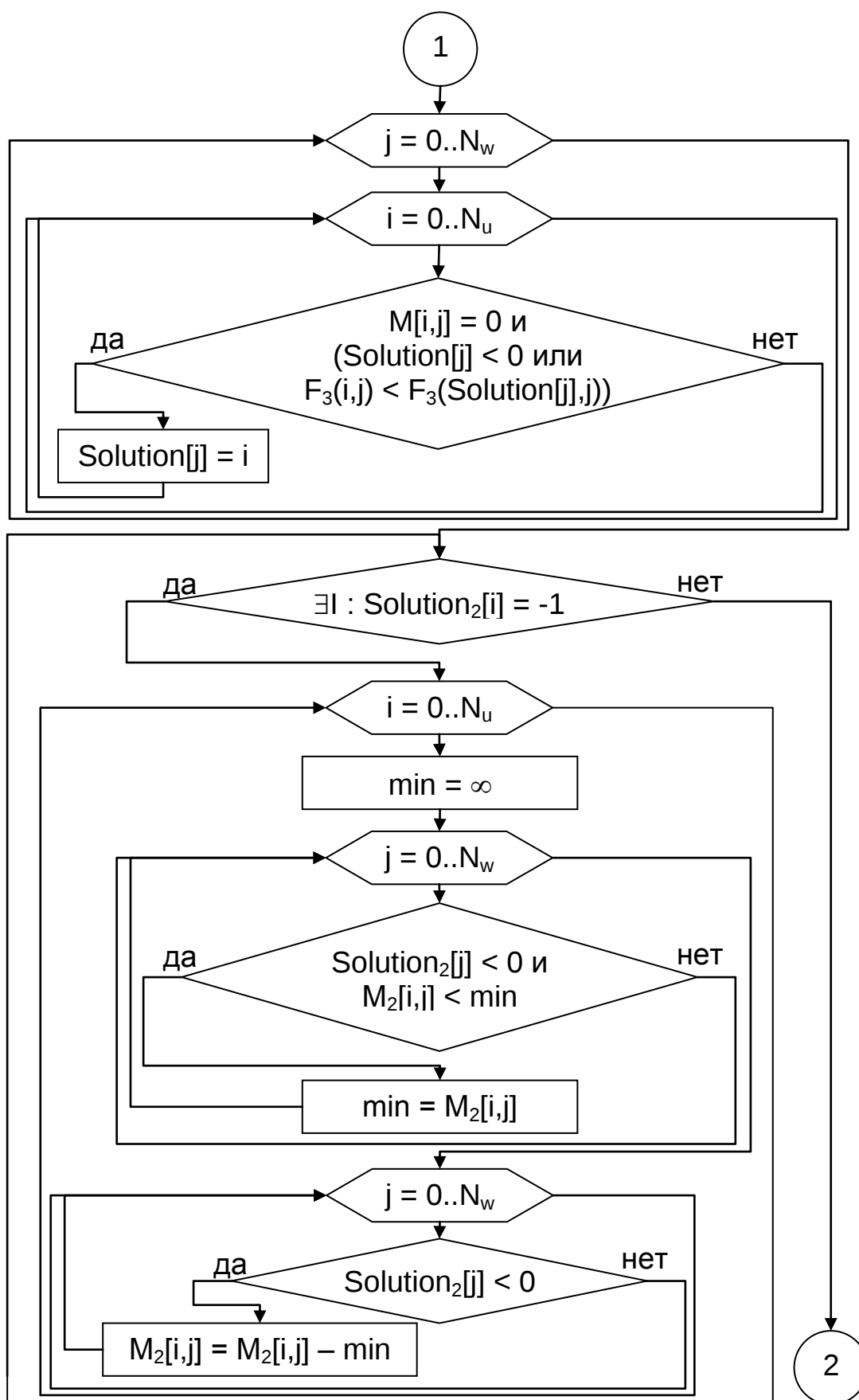


Рисунок 22 – Схема расширенного алгоритма (продолжение)

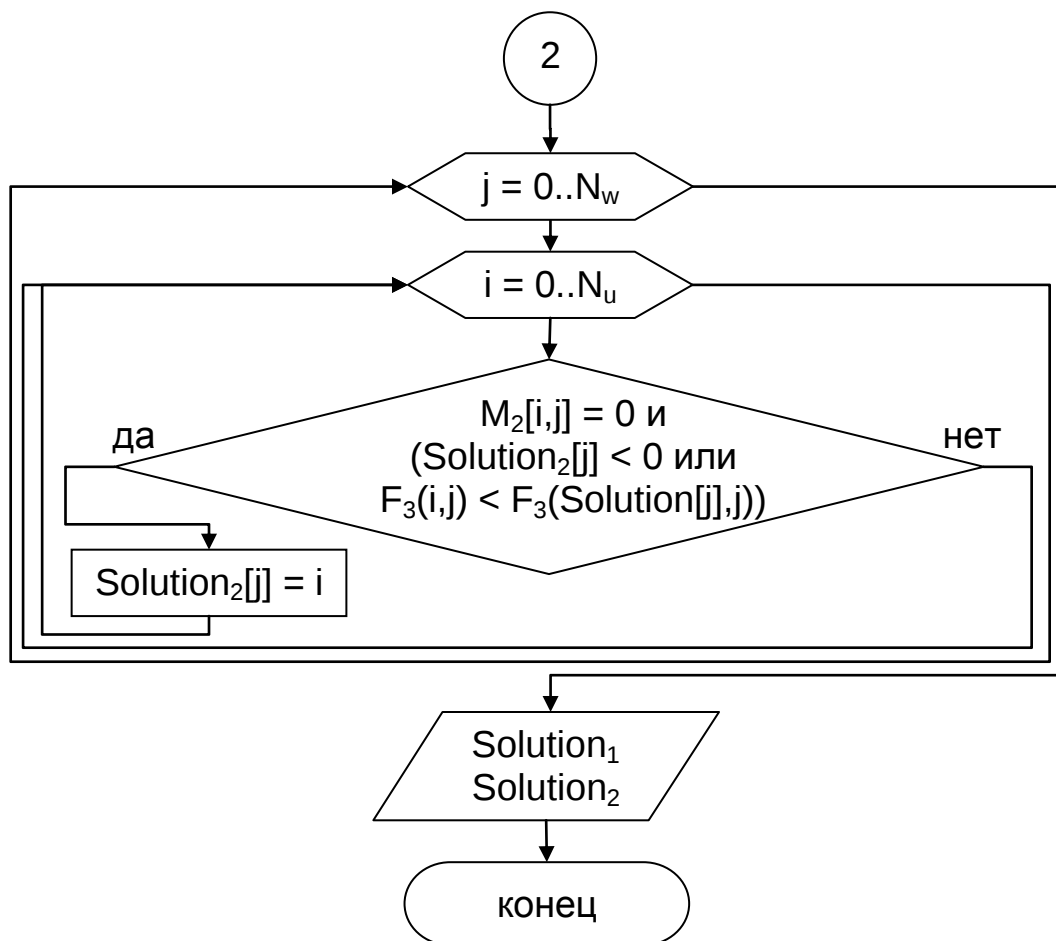


Рисунок 23 – Схема расширенного алгоритма (окончание)

Пример решения приведённым расширенным алгоритмом показан на Рисунок 24.

В результате выполнения описанных действий будет получено распределение заказов по акторам. Для формирования оверлейного графа на основании этих данных необходимо решить задачу коммивояжёра относительно вершин заказов, входящих в полученное распределение. Поскольку актер представляет собой конкретное лицо, принимающее решение (человека), можно ограничить количество заказов, входящих в оверлейную сеть отдельного актора, до 7. В этом случае решение задачи коммивояжёра возможно методом полного перебора. В случае применения выборок с большим количеством заказов в оверлейной сети (системы с высокой степенью стабильности и длительными выполнениями заказов) следует использовать для формирования оверлейной сети метаэвристические алгоритмы.

```

Назначение заказов на акторов
Начальная матрица
  o1 o2 o3 o4 o5 o6 o7 o8 o9 o10o11 | назначение
a0 62 78 12 68 88 21 19 19 30 48 62 |
a1 45 87 88 35 49 4 42 55 86 13 7 |
a2 12 80 34 67 1 54 40 34 91 62 16 |
a3 96 45 11 32 5 71 14 68 66 32 16 |
a4 11 99 12 86 91 33 77 53 36 53 85 |

шаг 1
  o1 o2 o3 o4 o5 o6 o7 o8 o9 o10o11 | назначение
a0 50 66 0 56 76 9 7 7 18 36 50 | o3,
a1 41 83 84 31 45 0 38 51 82 9 3 | o6,
a2 11 79 33 66 0 53 39 33 90 61 15 | o5,
a3 91 40 6 27 0 66 9 63 61 27 11 |
a4 0 88 1 75 80 22 66 42 25 42 74 | o1,

шаг 2
  o1 o2 o3 o4 o5 o6 o7 o8 o9 o10o11 | назначение
a0 50 59 0 49 76 9 0 0 11 29 43 | o3, o8,
a1 41 80 84 28 45 0 35 48 79 6 0 | o6, o11,
a2 11 64 33 51 0 53 24 18 75 46 0 | o5,
a3 91 31 6 18 0 66 0 54 52 18 2 | o7,
a4 0 63 1 50 80 22 41 17 0 17 49 | o1, o9,

шаг 3
  o1 o2 o3 o4 o5 o6 o7 o8 o9 o10o11 | назначение
a0 50 30 0 20 76 9 0 0 11 0 43 | o3, o8,
a1 41 74 84 22 45 0 35 48 79 0 0 | o6,
a2 11 18 33 5 0 53 24 18 75 0 0 | o5, o11,
a3 91 13 6 0 0 66 0 54 52 0 2 | o4, o7, o10,
a4 0 46 1 33 80 22 41 17 0 0 49 | o1, o9,

шаг 4
  o1 o2 o3 o4 o5 o6 o7 o8 o9 o10o11 | назначение
a0 50 0 0 20 76 9 0 0 11 0 43 | o3, o8,
a1 41 0 84 22 45 0 35 48 79 0 0 | o6,
a2 11 0 33 5 0 53 24 18 75 0 0 | o2, o11,
a3 91 0 6 0 0 66 0 54 52 0 2 | o4, o5, o7,
a4 0 0 1 33 80 22 41 17 0 0 49 | o1, o9, o10,

Назначение акторов на заказы
Начальная матрица
  o1 o2 o3 o4 o5 o6 o7 o8 o9 o10o11
a0 55 65 31 33 20 20 64 79 96 57 0
a1 29 90 43 23 16 99 71 41 18 46 74
a2 95 69 35 55 14 62 7 56 38 25 63
a3 10 89 46 0 71 50 94 3 87 35 59
a4 11 70 22 43 68 16 78 82 94 35 38

шаг 1
  o1 o2 o3 o4 o5 o6 o7 o8 o9 o10o11
a0 45 0 9 33 6 4 57 76 78 32 0
a1 19 25 21 23 2 83 64 38 0 21 74
a2 85 4 13 55 0 46 0 53 20 0 63
a3 0 24 24 0 57 34 87 0 69 10 59
a4 1 5 0 43 54 0 71 79 76 10 38
a4 a1 a5 a4 a3 a3 a4 a2 a3 a1

шаг 2
  o1 o2 o3 o4 o5 o6 o7 o8 o9 o10o11
a0 45 0 9 33 6 4 57 76 78 32 0
a1 19 25 21 23 2 83 64 38 0 21 74
a2 85 4 13 55 0 46 0 53 20 0 63
a3 0 24 24 0 57 34 87 0 69 10 59
a4 1 5 0 43 54 0 71 79 76 10 38
a4 a1 a5 a4 a3 a5 a3 a4 a2 a3 a1

Окончательное решение:
a1 o3, o8,
a2 o6,
a3 o2, o11,
a4 o4, o5, o7,
a5 o1, o9, o10,
Нажмите Enter, чтобы выйти из программы

```

Рисунок 24 – Пример решения задачи расширенным алгоритмом

3.3 Алгоритмы реагирования на поступающие события

С помощью расширенного алгоритма, определяется перечень оверлейных сетей для распределения N_w новых заказов на N_u свободных акторов. Далее функционирование посреднического транспортного оператора будем рассматривать как процесс реакции на поступающие события жизненного цикла заказов [88]. При этом необходимо учитывать противоречие между функциями (1) и (3). Целевая функция актора (3) предполагает ориентацию исполнителей на выполнение наиболее выгодных заказов, в результате чего менее выгодные заказы могут оказаться невыполненными даже в условиях неполной загрузки ресурсов. Для решения этой проблемы центру необходимо повысить шансы на выполнение заказов с длительным ожиданием. В условиях отсутствия возможности влияния на цену заказа, такая задача может быть решена двумя подходами: предложением старых заказов большему количеству акторов и временным сокрытием новых выгодных заказов, поступивших недавно.

Выделим следующие действия по обработке новых событий (описание алгоритмов обработки событий с помощью псевдокода дано в приложении В):

- для каждого нового заказа $e^*(w_i, t_i^*)$: для всех акторов определяем и запоминаем значение функции (1) для пары w_i и u_j , затем включаем новый заказ w_i в оверлейную сеть актора, предлагающего минимальное значение (см. Рисунок 25);
- при добавлении заказа в оверлейную сеть актора $e(w_i, u_j, t_{i,j})$: если в его оверлейной сети избыток заказов, и оверлейные сети других акторов также заполнены, скрываем этот заказ. Иначе, с учетом (2) переносим заказы из оверлейной сети актора в неполные оверлейные сети других акторов (см. Рисунок 26);

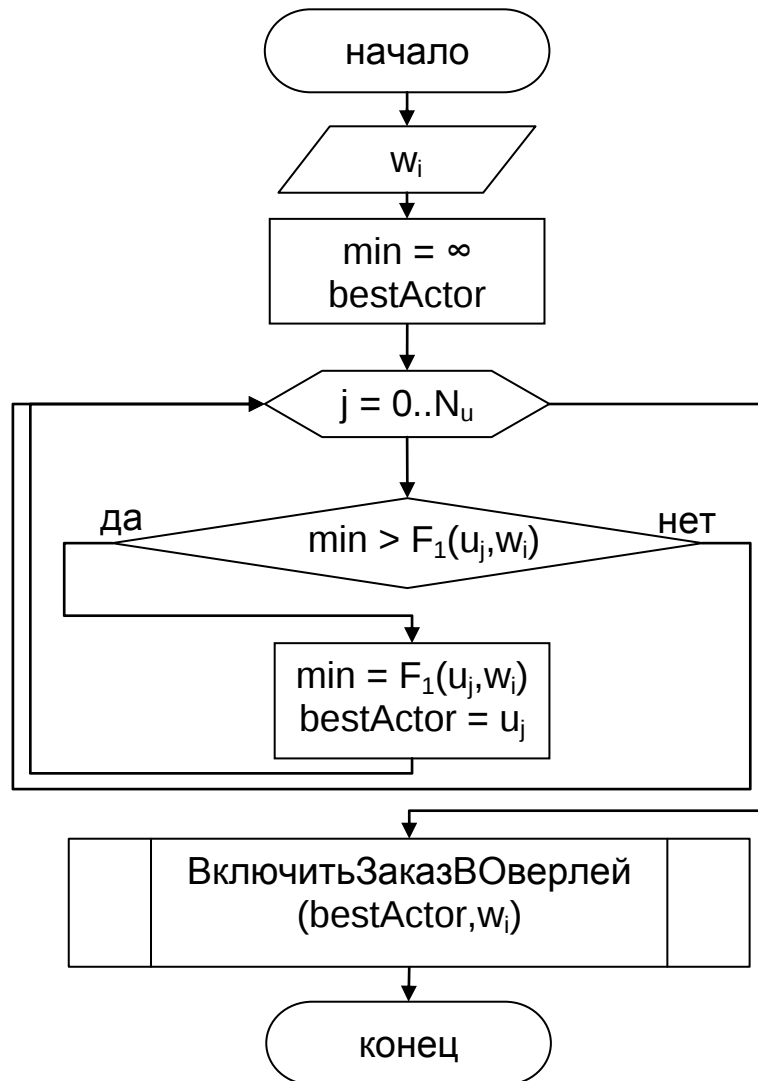


Рисунок 25 – Схема алгоритма обработки события появления нового заказа

- при обработке заказа $e'(w_i, u_j, t_{i,j})$ или при выходе необработанного заказа $e''(w_i, t_i)$: если в оверлейной сети актора u_j недостаточно заказов, открываем скрытые заказы, или осуществляем поиск других заказов по (2) и перевод их в его оверлейную сеть (см. Рисунок 27);
- при достижении порогового значения длительности ожидания заказа вносим заказ в оверлейные сети всех акторов (см. Рисунок 28);

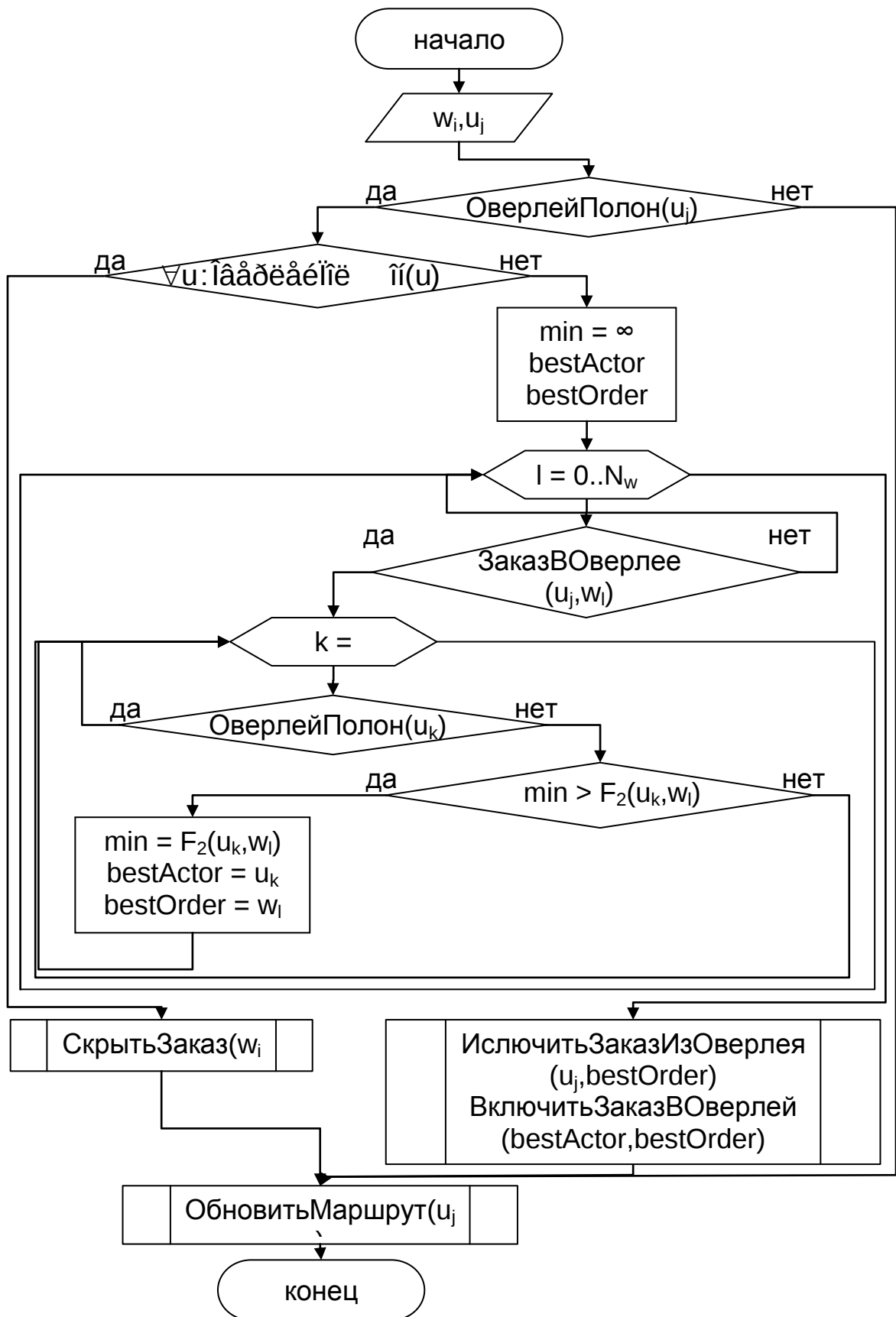


Рисунок 26 – Схема алгоритма обработки события добавления заказа в оверлейную сеть

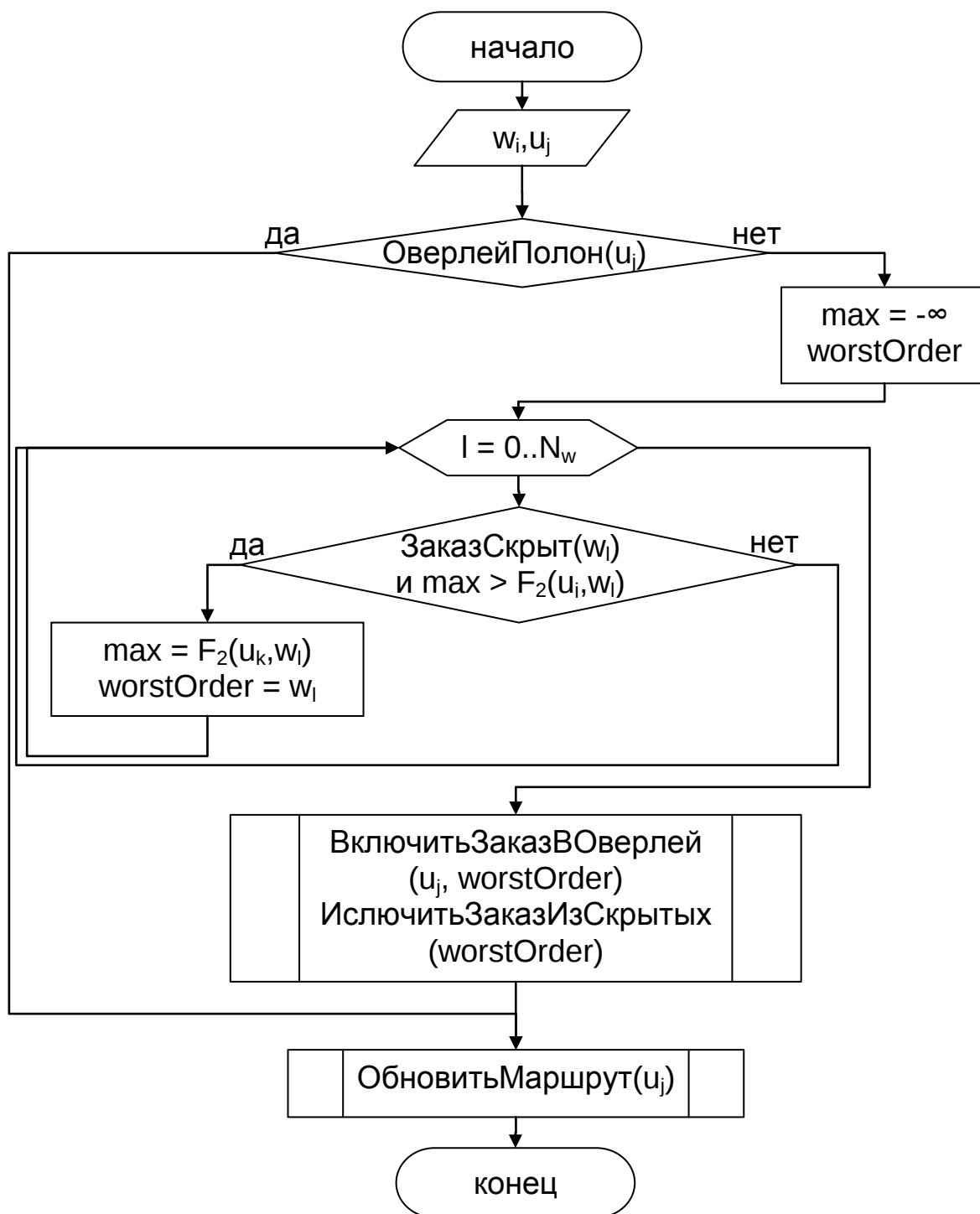


Рисунок 27 – Схема алгоритма обработки события обработки/выхода заказа

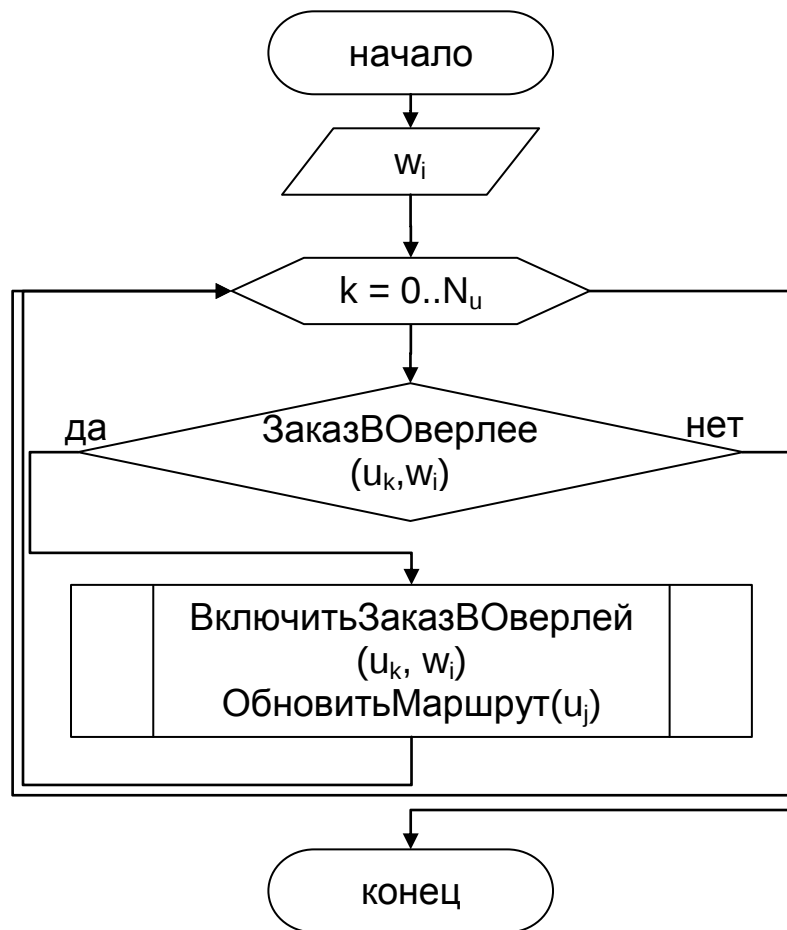


Рисунок 28 – Схема алгоритма обработки события достижения заказом порогового значения длительности ожидания

4 Алгоритмы формирования групповых оверлейных представлений

В некоторых системах построение частных оверлейных сетей может быть невозможным или нецелесообразным. Например, если акторов слишком много или они, по независящим от оператора 5PL причинам должны быть разгруппированы (например, уровни доступа к информации на портале оператора). В таких случаях интерактивная диспетчеризация заключается в построении единой или групповой оверлейной сети для всех акторов или групп акторов. Для формирования таких групповых оверлейных представлений предлагается 2 алгоритма: лимитирующий и разделительный [89].

4.1 Лимитирующий алгоритм

Лимитирующий алгоритм заключается в поиске и отсеке решений, возможно выигрышных с позиций акторов, но не выгодных с позиций баланса показателей (7 – 9). В этом заключается его основное отличие от традиционных методов, основанных на отсеке заведомо невыигрышных для акторов решений.

Такая стратегия основана на свободе акторов, которые сами заинтересованы в поиске наилучшего для себя решения, поэтому из предложенных вариантов выберут наиболее выгодный для себя. Центр же должен проводить корректировки, направленные на сохранение справедливого распределения заказов, что соответствует принципам управления обстоятельствами. Назовём такую стратегию к построению оверлейного графа лимитирующей, так как она основана на анализе критериев различных вариантов распределения заказов по акторам и последующем ограничении доступных вариантов.

Суть алгоритма состоит в ограничении доступных для актора вариантов назначения на обработку заказов, которое производится следующим образом:

- определение функции выигрыша центра, аргументом которой будут варианты назначения акторов на обработку заказов;

- оценка всех вариантов назначения акторов на выполнение заказов – определение значений функции выигрыша центра для этих вариантов;
- определение функции, график которой перпендикулярен к графику функции выигрыша центра, служащей границей, определяющей доступность заказов для акторов;
- ограничение доступа акторов только к тем заказам, значение функции выигрыша центра для которых будет лежать выше пересечения с описанной функцией, график которой перпендикулярен к функции выигрыша центра.

То есть все варианты распределения акторов по заказам оцениваются по некоторому критерию. Оверлейный граф будет состоять из вершин, содержащих те варианты распределения, значение критерия для которых будет превышать некоторое пороговое значение и тех рёбер, которые будут вести акторов к выбранным вариантам распределения.

При составлении матрицы выигрышей, необходимой для решения задачи о назначениях, для определения значений выигрыша используется свёртка двух показателей – стоимость обработки заказа актором и остаточная длительность жизни заказа, которые суммируются с коэффициентом приоритета $k_p \in 0..1$. Так функция выигрыша центра H^n может быть записана следующим образом:

$$H^n(w_i, u_j, t_{i,j}) = k_p \cdot c_{i,j} + (1 - k_p) \cdot s_j \cdot (t_i'' - t_{i,j}), \quad (10)$$

где s_j – коэффициент, выражающий отношение удельных операционных затрат на операционное время.

Особенностью лимитирующего алгоритма является то, что множество доступных актору вариантов назначения может содержать более одного варианта, и один и тот же вариант может быть представлен несколькими акторами. То есть отпадает необходимость решения задачи о назначениях: множество доступных вариантов будет определять единая оверлейная сеть.

Множество доступных вариантов определяется функцией H'^l , график которой перпендикулярен к графику функции выигрыша центра H^l отсекает нецелесообразные варианты и оставляет доступным некоторое множество (см. Рисунок 29).

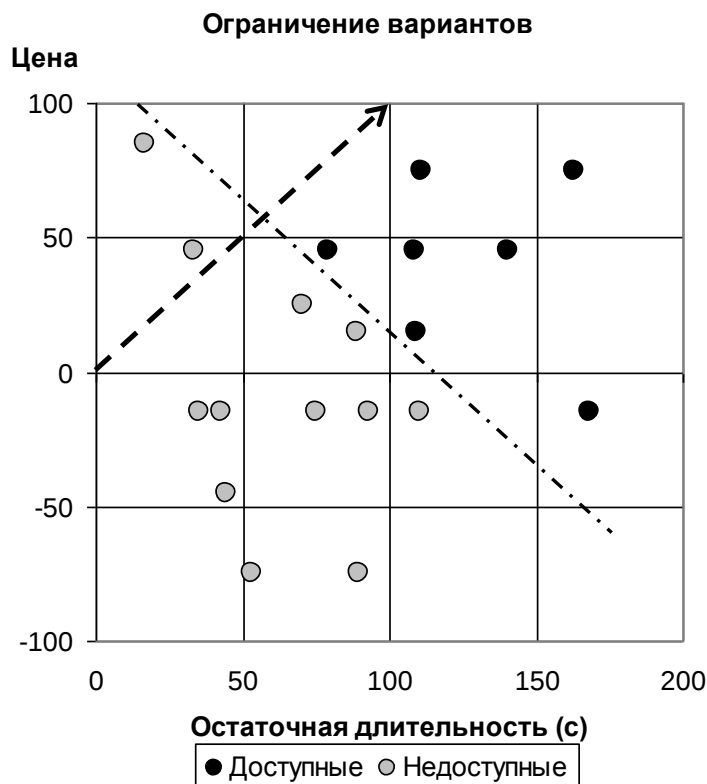


Рисунок 29 – Графическое представление решения задачи лимитирующим алгоритмом с 70% отсеиванием

Определим условия $\varphi^{\max}$ и $\varphi^{\min}$, устанавливающие принадлежность заказа w_i к максимальным и минимальным по значению функции выигрыша H^l заказам для заданного актора u_j соответственно:

$$\varphi^{\max}(u_j, w_i) = \prod_{i_2=1}^{N_w} \theta(H^l(w_i, u_j, t_{i,j}) - H^l(w_{i_2}, u_j, t_{i_2,j}));$$

$$\varphi^{\min}(u_j, w_i) = \prod_{i_2=1}^{N_w} (1 - \theta(H^l(w_i, u_j, t_{i,j}) - H^l(w_{i_2}, u_j, t_{i_2,j}))).$$

Функция H'^l , график которой перпендикулярен к графику функции выигрыша центра, отсекает варианты, не подлежащие предложению. Функция H'^l определяется следующим уравнением:

$$H'^l(w_i, u_j, t_{i,j}) = -k_p \cdot c_{i,j} - (1 - k_p) \cdot s_j \cdot (t_i'' - t_{i,j}) + k^{сдвига}(u_j),$$

где $k^{сдвига}$ – функция коэффициента сдвига прямой H'^l для актора, определяется значениями критериев $\varphi^{l-\max}$ и $\varphi^{l-\min}$:

$$k^{l-сдвига}(u_j) = \frac{\sum_{i=1}^{N_w} (\varphi^{l-\max}(u_j, w_i) \cdot (-k_p \cdot c_{i,j} - (1 - k_p) \cdot s_j \cdot (t_i'' - t_{i,j})))}{\sum_{i=1}^{N_w} \varphi^{l-\max}(u_j, w_i)} \cdot k^{выборки} +$$

$$+ \frac{\sum_{i=1}^{N_w} (\varphi^{l-\min}(u_j, w_i) \cdot (-k_p \cdot c_{i,j} - (1 - k_p) \cdot s_j \cdot (t_i'' - t_{i,j})))}{\sum_{i=1}^{N_w} \varphi^{l-\min}(u_j, w_i)} \cdot (1 - k^{выборки}),$$

где $k^{выборки}$ – коэффициент выборки доступных вариантов назначения актора, определяющий пропорцию отсеивания вариантов в оверлейный граф по их значению функции выигрыша центра. Очевидно, что при $k^{выборки} = 1$, лимитирующий алгоритм вырождается в «псевдодирективный», то есть будет прямо указывать акторам заказ, подлежащий исполнению. В то время как при $k^{выборки} = 0$, все возможные варианты назначения окажутся доступны актору и лимитирующий алгоритм вырождается в свободное распределение акторов. В дальнейших экспериментах коэффициент выборки $k^{выборки}$ принят равным 0,7.

4.2 Разделительный алгоритм

Разделительный алгоритм заключается в разделении графа на участки локализации акторов и предотвращении длительных, заведомо невыгодных для центра, переходов за более выгодными для актора заказами.

Стратегия разделительного алгоритма основана на решении классической задачи о назначениях в условиях, когда рассматриваются не сами заказы и акторы-исполнители, но вершины транспортной сети G . При этом необходимо разбить вершины графа на два множества: вершины, играющие роль

исполнителей, и вершины исполняющие роль задач. Самым очевидным критерием такого разделения является отношение производительных и потребительных мощностей вершин. То есть разделить вершины, количество акторов в которых преобладает, и вершины, в которых преобладает количество заказов.

Результатом решения получившейся задачи станет двудольный граф, в вершинах одной доли которого сконцентрированы заказы, а в вершинах другой – акторы.

Если рассматривать систему интерактивной диспетчеризации как систему массового обслуживания, то разделительный алгоритм, посредством формирования оверлейного графа, позволяет разбить реальный граф на отдельные изолированные подсистемы массового обслуживания. Каждая из таких подсистем будет обладать своей интенсивностью входного потока заказов, определяющегося количеством вершин, оставшихся в подсистеме.

Как уже говорилось, разделительный алгоритм, в отличие от лимитирующей, не оперирует показателями прибыльности обработки заказов акторами или длительности ожидания заказами обработки, а состоит в выделении «зон ответственности» для групп акторов (см. Рисунок 30). Центр также решает задачу о назначениях, но при этом оперирует не заказами и акторами, а вершинами, содержащими акторов с одной стороны и вершинами, содержащими заказы с другой. Вершины, в которых нет ни акторов, ни заказов не участвуют в процессе принятия решения. Вершины, в которых одновременно присутствуют как акторы, так и заказы так же исключаются из процесса принятия решения, так как исходя из логики жадного потребления, заказы, располагающиеся в той же вершине, что и актор обладают наивысшим приоритетом для акторов, так как не требуют расходов на перемещение актора между вершинами.

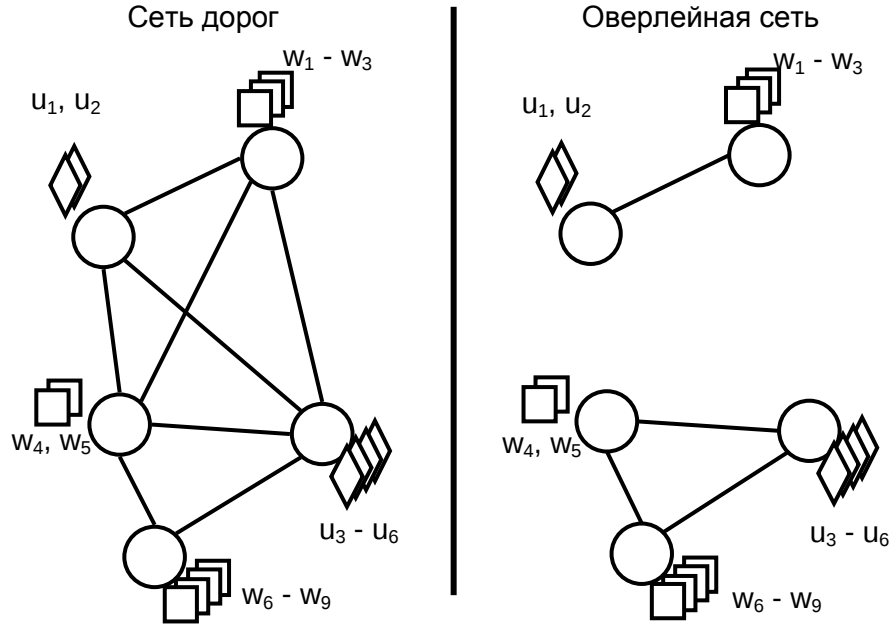


Рисунок 30 – Схема составления оверлейной сети разделительным алгоритмом

Для решения задачи разделительным алгоритм необходимо решить задачу о назначениях одних вершин другим. Для составления матрицы вариантов стоимостей назначения одних вершин другим необходимо определить функцию выигрыша $H^{разд}$ для всех возможных вершин, располагающих акторами с одной стороны и товарами с другой.

Определим условие φ^w отсутствия заказов в вершине v_l в момент времени τ .

$$\varphi^w(v_l, \tau) = \prod_{j=1}^{N_u} \prod_{i=1}^{N_w} (1 - \varepsilon(w_i, t^*_{i,l}, v_l) \cdot (1 - e'(w_i, u_j, t'_{i,j})) \cdot (1 - e''(w_i, t''_i))) \in \{0, 1\}$$

Очевидно, что если в вершине v_l в момент времени τ есть хотя бы один заказ, то $\varphi^w(v_l, \tau) = 0$, иначе $\varphi^w(v_l, \tau) = 1$.

Определим условие φ^u отсутствия акторов в вершине v_l в момент времени τ .

$$\varphi^u(v_l, \tau) = \prod_{j=1}^{N_u} (1 - \varepsilon'(u_j, v_l, t'_{j,l}) \cdot (1 - \varepsilon''(u_j, v_l, t''_{j,l}))) \in \{0, 1\}$$

Очевидно, что если в вершине v_l в момент времени τ есть хотя бы один актер, то $\varphi^u(v_l, \tau) = 0$, иначе $\varphi^u(v_l, \tau) = 1$

Определим условие φ^v преобладания на графе количества вершин, содержащих только акторов, над количеством вершин, содержащих только товары в момент времени τ ,

$$\varphi^v(\tau) = \theta \left(\sum_{l'=1}^{N_v} (\varphi^w(v_l, \tau)) - \sum_{l'=1}^{N_v} (\varphi^u(v_l, \tau)) \right),$$

где $\theta(x)$ – ступенчатая функция Хэвисайда: $\theta(x) = \begin{cases} 0, x < 0 \\ 1, x \geq 0 \end{cases}$.

Очевидно, что если количество вершин, содержащих акторов и не содержащих заказы, больше чем количество вершин, содержащих заказы, и не содержащих акторов, то $\varphi^v(\tau) = 0$, иначе $\varphi^v(\tau) = 1$.

Для определения функции выигрыша центра от назначения вершины v_l вершине $v_{l'}$ важную роль играет стоимость перехода $s(l, l')$ между этими вершинами, которую придётся затрачивать акторам при перемещении.

Функция выигрыша центра в разделительном алгоритме $H^{разд}$ от назначения вершины v_l вершине $v_{l'}$ в момент времени τ зависит от значения условия $\varphi^v(\tau)$:

$$H^{разд}(v_l, v_{l'}, \tau) = \frac{s(v_l, v_{l'})}{\left(\varphi^v(\tau) \cdot \left(\sum_{j=1}^{N_u} (\varepsilon'(u_j, v_{l'}, t'_{j,l}) \cdot (1 - \varepsilon''(u_j, v_{l'}, t''_{j,l'}))) \right) + \right. \\ \left. (1 - \varphi^v(\tau)) \cdot \left(\sum_{j=1}^{N_u} \sum_{i=1}^{N_w} (\varepsilon(w_i, t^*_i, v_{l'}) \cdot (1 - e'(w_i, u_j, t'_{i,j})) \cdot (1 - e''(w_i, t''_i))) \right) \right)$$

Другими словами, если количество вершин, содержащих акторов и не содержащих заказы, больше чем количество вершин, содержащих заказы и не содержащих акторов, то критерием выигрыша является отношение расстояния между вершинами к количеству заказов в целевой вершине $v_{l'}$.

Если количество вершин, содержащих заказы и не содержащих акторов, больше чем количество вершин, содержащих акторов и не содержащих

заказов, то критерием выигрыша является отношение расстояния между вершинами к количеству акторов в целевой вершине $v_{i'}$.

Получив матрицу выигрышей вариантов назначения одних вершин другим можно решить относительно неё задачу о назначениях. Воспользуемся Венгерским алгоритмом [90].

В случае разделительного алгоритма Венгерский алгоритм работает с матрицей, элементами которой являются значения функции выигрыша центра $H^{разд}(v_i, v_{i'}, \tau)$ от назначения вершин с акторами вершинам с заказами

Опишем Венгерский алгоритм, сформулировав задачу о назначениях одних вершин другим, используя двудольный граф $G_{разд} = (U_{разд}, W_{разд})$, где $U_{разд} \subseteq V : \forall v_i \in U_{разд} \rightarrow \varphi^u(v_i, \tau) = 1$, и $W_{разд} \subseteq V : \forall v_{i'} \in W_{разд} \rightarrow \varphi^w(v_{i'}, \tau) = 1$. Стоимость каждого ребра неотрицательна и определяется функцией выигрыша центра $H^{разд}(v_i, v_{i'}, \tau), v_i \in W_{разд}, v_{i'} \in U_{разд}$. Требуется найти полное или совершенное паросочетание вершин $U_{разд}$ и $W_{разд}$ с наименьшей общей стоимостью рёбер, связывающих их.

Пусть $y_{разд} : (U_{разд} \cup W_{разд})$ - функция потенциала, если $\forall v_i \in W_{разд}, \forall v_j \in U_{разд} : y_{разд}(v_i) + y_{разд}(v_j) \leq H^{разд}(v_i, v_j, \tau)$. Значение этого потенциала $y_{разд}$ равно $\sum_{i=1}^{N^v} y_{разд}(v_i)$. Очевидно, что стоимость любого совершенного паросочетания больше либо равно значения любого потенциала. Оптимальность обеих величин доказывается тем, что Венгерский алгоритм находит полное паросочетание и потенциал с одинаковой стоимостью/значением. Другими словами он находит совершенное паросочетание жёстких рёбер: ребро между вершинами $v_j \in U_{разд}$ с вершиной $v_i \in W_{разд}$ является жёстким для потенциала $y_{разд}$, если $y_{разд}(v_i) + y_{разд}(v_j) = H^{разд}(v_i, v_j, \tau)$. Подграф жёстких рёбер $G'_{разд}$ является оверлейным графом – решением задачи о назначениях

разделительным алгоритмом. Стоимость полного паросочетания в $G'_{разд}$ равна значению $y_{разд}$.

Потенциал $y_{разд}$ и ориентация (задание направления) каждого жёсткого ребра, обладающая тем свойством, что рёбра, направленные от $W_{разд}$ к $U_{разд}$ образуют паросочетание $M_{разд}$, хранятся в памяти алгоритма. Обозначим состоящий из жёстких рёбер с заданной ориентацией ориентированный граф символом $\vec{G}_{разд}$. Так, в любой момент есть три типа рёбер:

- жёсткие и принадлежащие $M_{разд}$;
- жёсткие, но не принадлежащие $M_{разд}$;
- нежёсткие (и не принадлежащие $M_{разд}$);

Изначально $y_{разд}$ для всех рёбер равно 0, и все они направлены от $W_{разд}$ к $U_{разд}$ (следовательно, $M_{разд}$ пусто). При очередной итерации алгоритма либо $y_{разд}$ модифицируется так, что множество вершин $Z_{разд}$ увеличивается (определение $Z_{разд}$ дано ниже), или изменяется ориентация, с тем, чтобы получить такое паросочетание с количеством рёбер которого будет больше прежнего; при этом все рёбра из $M_{разд}$ всегда остаются жёсткими. Процесс заканчивается тогда, когда паросочетание $M_{разд}$ становится совершенным.

Пусть на очередной итерации алгоритма $R_{U_{разд}} \subseteq U_{разд}$ и $R_{W_{разд}} \subseteq W_{разд}$ - множество вершин, каждая из которых не инцидентна рёбрам $M_{разд}$. Пусть $Z_{разд}$ - множество достижимых из $R_{U_{разд}}$ в $\vec{G}_{разд}$ вершин.

Если конъюнктивное объединение $R_{W_{разд}} \cap Z_{разд}$ является не пустым, то можно утверждать, что существует хотя бы один путь из $R_{U_{разд}}$ в $R_{W_{разд}}$ в $\vec{G}_{разд}$. Изменяем ориентацию всех рёбер одного из таких путей на обратную. В результате размер паросочетания будет увеличен на 1.

Положим, что если $R_{W_{разд}} \cap Z_{разд}$ пусто, то

$$\Delta_{разд} := \min \{ H^{разд}(v_i, v_j, \tau) - y_{\partial}(v_j) - y_{\partial}(v_i) : v_j \in Z_{разд} \cap U_{разд}, w_i \in W_{разд} \setminus Z_{разд} \}.$$

$\Delta_{разд}$ положительна, так как между $Z_{разд} \cap U_{разд}$ и $W_{разд} \setminus Z_{разд}$ нет жёстких рёбер.

На вершинах из $Z_{разд} \cap U_{разд}$ увеличим $y_{разд}$ на $\Delta_{разд}$, а на вершинах, входящих в $Z_{разд} \cap W_{разд}$ уменьшим $y_{разд}$ на $\Delta_{разд}$. При этом, новый $y_{разд}$ остаётся потенциалом.

Несмотря на то, что граф $\bar{G}_{разд}$ меняется, он содержит $M_{разд}$.

Проведём ориентацию новых рёбер от $U_{разд}$ к $W_{разд}$. Множество $Z_{разд}$ вершин, достижимых из $R_{U_{разд}}$, увеличится по определению $\Delta_{разд}$ (при этом количество жёстких рёбер может не увеличиться и остаться прежним).

Итерируем алгоритм до тех пор, пока $M_{разд}$ не будет представлять собой совершенное паросочетание, достижение которого будет означать, что оно даёт распределение с минимальной стоимостью.

Результат решения задачи о назначениях на полученной матрице выигрышей служит матрицей смежности, по которой открываются рёбра на пути между назначенными друг другу вершинами. В результате оверлейный граф делит исходный граф на зоны ответственности групп акторов.

Описанные алгоритмы формирования групповых оверлейных представлений нацелены на удовлетворение целей интерактивной диспетчеризации (1 – 3).

Для минимизации затрат на обработку заказов акторами (1) необходимо минимизировать длительность достижения заказов акторами:

$$\begin{aligned} \forall w_i, \forall u_j; (t'_{i,j} - t^*_i) \rightarrow \min : c_{i,j} \rightarrow \min, \\ \forall w_i, \forall u_j; c_{i,j} \rightarrow \min : \sum_{i=1}^{N_w} \sum_{j=1}^{N_u} e'(w_i, u_j, t'_{i,j}) \cdot c_{i,j} \rightarrow \min. \end{aligned} \quad (11)$$

Так лимитирующий алгоритм использует функцию выигрыша (10), направленную на минимизацию времени ожидания обработки заказов $\Delta t_{i,j}$, раздельный алгоритм прямо ограничивает количество переходов, а частная цель акторов (3) обуславливает заинтересованность акторов в минимизации времени простоя, то можно утверждать, что (11) справедливо для обоих описанных алгоритмов. С другой стороны, выражение (11) обуславливает минимизацию времени ожидания заказов, следовательно, описанные алгоритмы обеспечивают достижение цели (2).

Несмотря на то, что утверждение (11) обуславливает минимизацию затрат на достижение заказов акторами, оно не ограничивает акторов в определении цены выполнения заказов, при этом гарантирует максимизацию количества обработанных заказов, что в свою очередь обеспечивает (3).

5 Исследование метода и алгоритмов

Для исследования предложенного метода и алгоритмов будет использована агентная дискретно-событийная имитационная модель, использующая реальные данные.

Имитационное моделирование – метод, позволяющий строить модели, описывающие процессы так, как они проходили бы в действительности [91]. Такую модель можно «проиграть» во времени как для одного испытания, так и заданного их множества. При этом результаты будут определяться случайным характером процессов. По этим данным можно получить достаточно устойчивую статистику. В случае использования имитационного моделирования изучаемая система заменяется моделью, с достаточной точностью описывающей реальную систему, с которой проводятся эксперименты с целью получения информации об этой системе. При этом имитационная модель позволяет избежать проведения экспериментов с реальной системой.

Необходимость использования имитационного моделирования обуславливается несколькими причинами:

- отсутствие возможности проведения экспериментов на реальной системе посреднического транспортного оператора;
- невозможность построения аналитической модели, так как в системе посреднического транспортного оператора присутствуют, сложные причинные связи и стохастические переменные;
- в рамках проводимых экспериментов необходимо симитировать поведение системы во времени.

Для проведения имитационного моделирования был разработан специализированный программный комплекс (см. Рисунок 31).

Разработанная имитационная модель сочетает в себе черты агентной и дискретно-событийной модели. Агентное моделирование используется для исследования децентрализованных систем, динамика функционирования которых определяется не глобальными правилами и законами (как в других па-

радиках моделирования), а наоборот, когда эти глобальные правила и законы являются результатом индивидуальной активности членов группы. Цель агентных моделей — получить представление об этих глобальных правилах, общем поведении системы, исходя из предположений об индивидуальном, частном поведении её отдельных активных объектов и взаимодействии этих объектов в системе. Агент — некая сущность, обладающая активностью, автономным поведением, может принимать решения в соответствии с некоторым набором правил, взаимодействовать с окружением, а также самостоятельно изменяться.

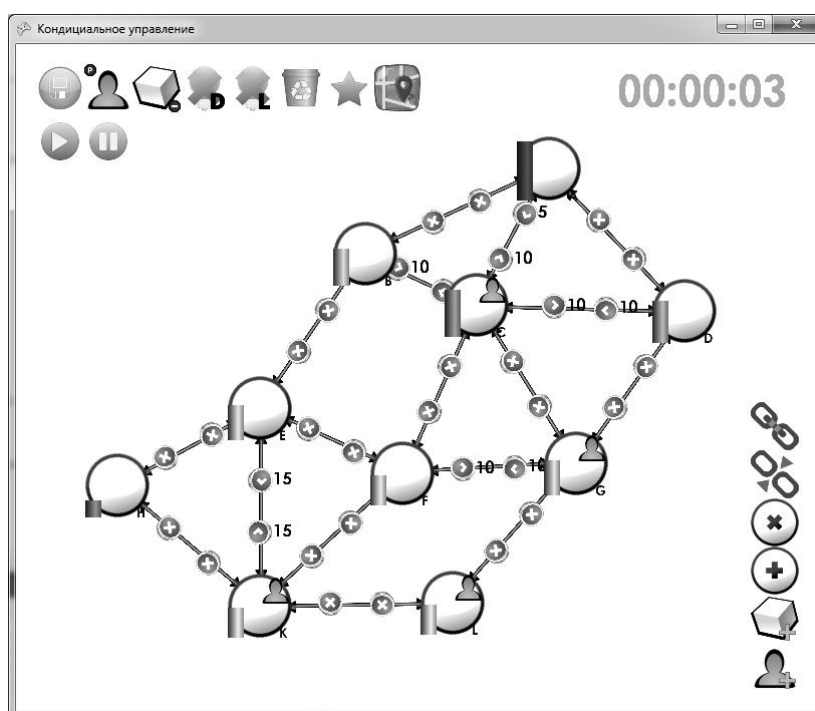


Рисунок 31 – Пример оверлейной сети для оператора 5PL

Дискретно-событийное моделирование - подход к моделированию, предлагающий абстрагироваться от непрерывной природы событий и рассматривать только основные события моделируемой системы, такие, как: «ожидание», «обработка заказа», «движение с грузом», «разгрузка» и другие. Дискретно-событийное моделирование наиболее развито и имеет огромную сферу приложений — от логистики и систем массового обслуживания до транспортных и производственных систем.

Для проверки алгоритма интерактивной диспетчеризации был проведён эксперимент на несбалансированном графе для сравнения с свободным распределением акторов.

Для проверки алгоритмов построения групповых оверлейных представлений на имитационной модели проведено три эксперимента, направленные на исследование зависимости ключевых критериев (7, 8 и 9) системы от внешних событий:

- с переменным количеством вершин графа;
- с переменным количеством акторов на графе;
- с переменной продуктивностью вершин графа.

5.1 Реализация имитационной модели

Программный комплекс дискретно-событийной имитационной модели реализован на языке программирования C# с использованием набора инструментов XNA 4.0 [93] программной платформы .NET [94] от Microsoft Corporation.

Проект программного комплекса состоит из 7 модулей, описанных в Таблица 5.

Таблица 5. Перечень модулей программного комплекса имитационной модели

Название модуля	Тип	Описание
FileSystemHelper	Библиотека классов	Содержит статичный класс, абстрагирующий работу с файловой системой. Служит для экспорта результатов экспериментов в файл.
GameClasses	Библиотека классов	Содержит классы-обёртки классов предметной области, реализующие отображение объектов в пользовательском интерфейсе. Так же содержит дополнительные

		классы объектов пользовательского интерфейса.
MiddleLayer	Библиотека классов	Обеспечивает взаимодействие классов предметной области (модуль PoolClasses) с классами представления (GameClasses). Содержит абстрактную фабрику [95] объектов предметной области.
PoolClasses	Библиотека классов	Содержит реализацию классов предметной области: графа, вершины, актора, товара и т.д. Так же содержит реализацию классов решателей.
PoolModel	Модель	Содержит модель классов UML [96], описывающую классы объектов предметной области (см. Рисунок 32).
Game	Приложение	Обеспечивает запуск, отображение и управление имитационной модели.
GameContent	Библиотека ресурсов	Содержит графические ресурсы, используемые в приложении: изображения и шрифты.

Основными классами программного комплекса являются классы предметной области, являющиеся программными абстракциями сущностей предметной области (графа, вершины, актора, товара и т.д.) (см. Рисунок 32) и решатели, реализующие алгоритмы интерактивной диспетчеризации:

- Graph – класс, реализующий сущность графа, ассоциирован один-ко-многим с классами вершины, ребра, товара и актора. Реализует методы запуска, останова и итерирования процесса эксперимента. Содержит ссылку на абстрактный решатель. Является посредником при передаче сообщений между другими объектами системы.

- Vertex – класс, реализующий сущность вершины графа. Связан с двумя коллекциями рёбер (входящие и исходящие), графом, коллекцией товаров и акторов. Обладает свойствами периода и вероятности генерации товаров, границ колебания вероятности генерации товаров, средней цены товара, принимающей вершины и пр. Объекты класса Vertex отображаются в пользовательском интерфейсе посредством класса VertexView.
- Arc – класс, реализующий сущность ребра графа. Связан с двумя вершинами (начала и конца ребра) и графом, которому принадлежит. Обладает свойствами включенности и веса. Связан с множеством событий типа Switch, переключения состояния ребра.
- Moveable – абстрактный класс, описывающий и частично реализующий движимые объекты (наследуется классами товара и актора). Связан с текущей, следующей и предыдущей вершиной. Описывает и частично реализует методы PrepareTurn() и DoTurn() описывающие алгоритмы поведения объектов классов-наследников.
- Actor – класс, реализующий сущность актора. Наследует абстрактному классу Moveable. Уточняет методы PrepareTurn() и DoTurn() согласно логике «жадного» потребления (см. Рисунок 33). Обладает свойством «толерантности», определяющим порог игнорирования товаров меньшей стоимости. Содержит коллекции событий типа потребления и прихода в вершину.
- Good – класс, реализующий сущность товара. Наследует абстрактному классу Moveable. Уточняет методы PrepareTurn() и DoTurn(). Обладает свойствами текущей и максимальной длительности ожидания обработки, момента создания, цены, признаков обработанности и отказа в обработке. Связан с вершиной назначения посредством ссылки на объект класса Vertex. Связан с событиями в прибытия товара в вершину и обработки товара актором.

- Event – абстрактный класс, описывающий и частично реализующий сущность события. Обладает свойством момента возникновения события. Наследуется классами переключения состояния ребра Switch и абстрактным классом вершинного события VertexEvent.
- VertexEvent – абстрактный класс, описывающий и частично реализующий сущность события, происходящего в вершине. Дополняет реализацию абстрактного класса Event. Содержит ссылку на вершину, в которой происходит. Наследуется классами событий прибытия товара в вершину GoodIncoming, обработки товара актором Consuming, прибытия актора в вершину ActorIncoming.
- SolverBase – абстрактный класс решателя. Служит базовым классом для классов решателей, реализующих конкретные алгоритмы интерактивной диспетчеризации. Определяет метод Solve() вызываемый объектом графа владельца, для принятия решения о диспетчеризации товаров и акторов в текущий момент.
- LimitationSolver – класс решателя, реализующий лимитирующий алгоритм. Наследует классу SolverBase и реализует его метод Solve().
- PseudoDirectiveSolver – класс решателя, реализующий лимитирующий алгоритм в её терминальной «псевдодирективной» форме. Наследует классу SolverBase и реализует его метод Solve().
- AccessibilitySolver – класс решателя, реализующий разделительный алгоритм интерактивной диспетчеризации. Наследует классу SolverBase и реализует его метод Solve().
- ModifiedHungarianSolver – класс решателя, реализующий алгоритм интерактивной диспетчеризации. В отличие от других решателей определяет реакцию, на происходящие в системе события. Наследует классу SolverBase и реализует его метод Solve().
- SolverHelper – вспомогательный класс, предоставляющий решателям методы управления графом.

Код классов, представленных диаграмме UML (см. Рисунок 32) частично создаётся на основе текстового шаблона T4 [97], определённого в модуле PoolModel.

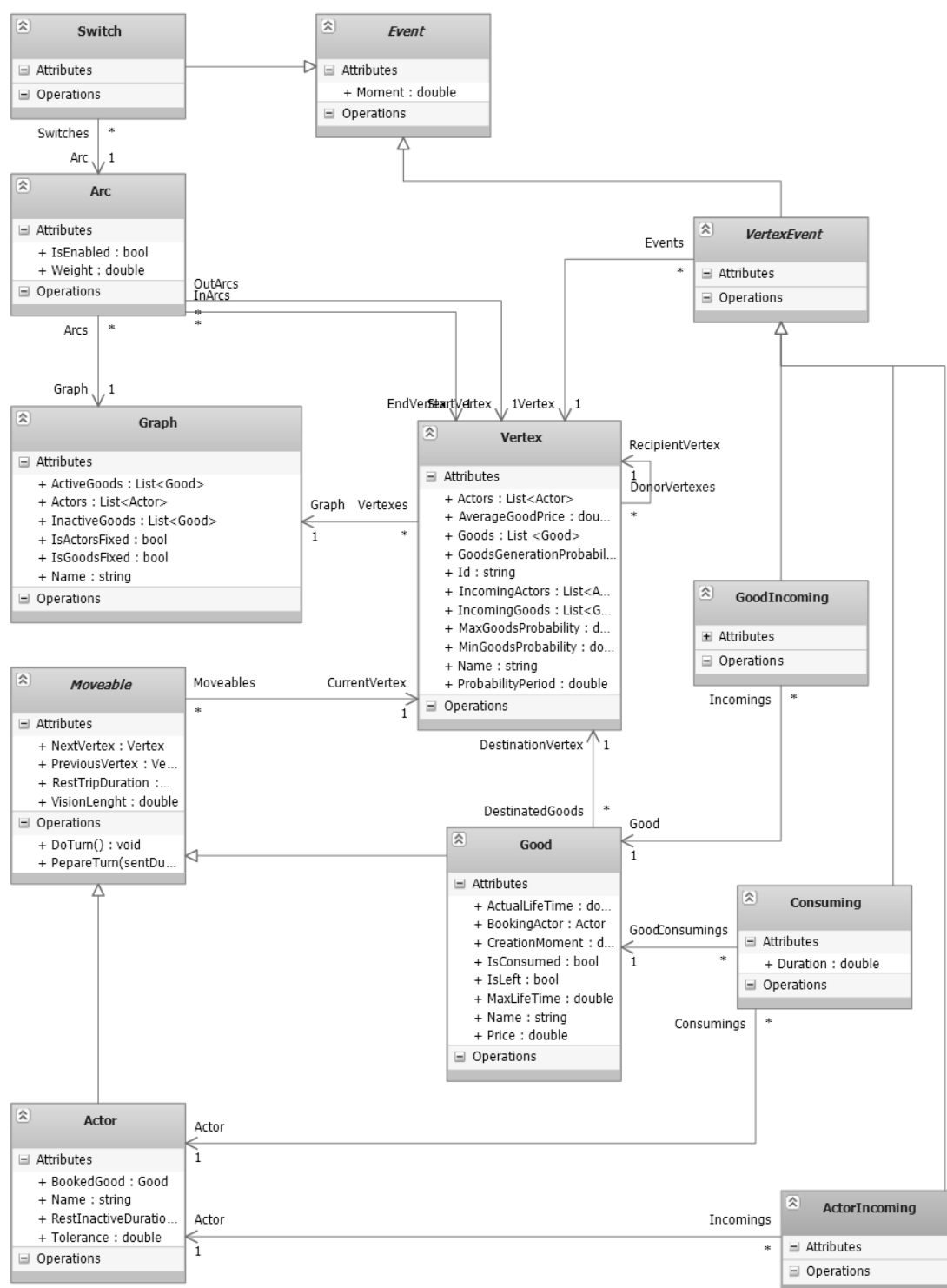


Рисунок 32 – Схема классов имитационной модели

5.2 Общие условия проведения экспериментов

Все изменения на графе происходят с течением времени. Для разных предметных областей в логистике временные требования могут носить разный количественный характер. Например, в бизнес модели частных пассажирских перевозок (такси), время принятия, распределения и выполнения заказов измеряется минутами, в то время как в случае международных грузовых перевозок те же процессы могут занимать дни и даже месяцы. Так как описываемая имитационная модель призвана проиллюстрировать интерактивную диспетчеризацию абстрагировано от конкретной предметной области и для обеспечения уровня абстракции модели от влияния сторонних затрат ресурсов процессора, время в рамках эксперимента измеряется независимо от реального. В связи с этим введём понятие «условной временной единицы» (далее УВЕ) для измерения и описания течения времени в рамках эксперимента.

Сеть состоит из вершин связанных двунаправленными рёбрами. Каждая вершина с некоторой частотой производит заказы. Рёбра графа позволяют перемещаться акторам по графу и обладают двумя основными показателями: проходимость ребра в заданном направлении (изменяется центром) и вес – стоимость (длительность) прохождения по ребру. Вес всех рёбер во всех экспериментах неизменен и равен 15 УВЕ.

Все заказы, сгенерированные в вершинах, имеют несколько характеристик:

- Начальная вершина – вершина, в которой появился заказ;
- Вершина назначения – вершина, в которую попадёт актор после обработки данного заказа;
- Стоимость заказа – определяется удалённостью вершины появления заказа от вершины его назначения, то есть чем дальше необходимо попасть заказу, тем выше будет его стоимость;

- Длительность ожидания обработки – интервал времени в течении которого заказ будет ожидать обработки. Если заказ не был обработан в рамках этого интервала – он уходит из системы и его стоимость записывается в общие потери системы.

Длительность ожидания всех заказов во всех экспериментах задаётся случайно равномерно в пределах от 30 до 70 УВЕ.

Акторы способны перемещаться по рёбрам сети от вершины к вершине в поисках заказов и обрабатывать (поглощать) эти заказы. Стратегия акторов заключается в «жадном» потреблении:

- Если актор активен (не занят обработкой заказа), он отправляется в вершину, обладающую самым высоким коэффициентом привлекательности. Коэффициент привлекательности вершины v_l для актора u_j определяется как разность стоимости самого дорогого в вершине заказа и стоимости пути до этой вершины:

$$f(v_l, u_j) =$$

$$- \sum_{y=1}^{N_u} \sum_{i=1}^{N_w} \left(c_i \cdot \varepsilon_{i,l}(w_i, t^*_{i,l}, v_l) \cdot c_i \cdot \varepsilon_{i,l}(w_i, t^*_{i,l}, v_l) \cdot (1 - e'(w_i, u_y, t'_{i,j})) \cdot (1 - e''(w_i, t''_i)) \cdot \right.$$

$$\left. \cdot \left(1 - \prod_{m=1}^{N_w} \prod_{x=1}^{N_u} \left((1 - \theta(c_i - c_m) \cdot \varepsilon_{i,l}(w_m, t^*_{m,l}, v_l) \cdot (1 - e'(w_m, u_x, t'_{m,j})) \cdot (1 - e''(w_m, t''_m)) \right) \right) \right)$$

$$- \sum_{z=1}^{N_v} \left(s(v_z, v_l) \cdot \varepsilon'_{j,z}(u_j, v_{zl}, t'_{j,z}) \cdot (1 - \varepsilon''_{j,z}(u_j, v_{zl}, t''_{j,z})) \right)$$

- Если актор активен, но на графе нет необработанных заказов, он отправляется в вершину, в которой в последний раз получал заказ;
- Иначе актор остаётся в текущей вершине.

Алгоритм выбора вершины изображён на блок-схеме (см. Рисунок 33).

При расчёте стоимости заказов, а так же при определении вариантов назначения акторов на обработку заказов для определения маршрутов передвижения акторов по вершинам используется алгоритм Дейкстры (см. Рисунок 34).

Результаты эксперимента будут представлены на графиках, отображающих изменение ключевых критериев на протяжении выполнения эксперимента для трёх алгоритмов решения и для свободного распределения акторов. Значения критериев подсчитываются в процессе выполнения эксперимента в рамках интервалов τ с длительностью равной 160 УВЕ.

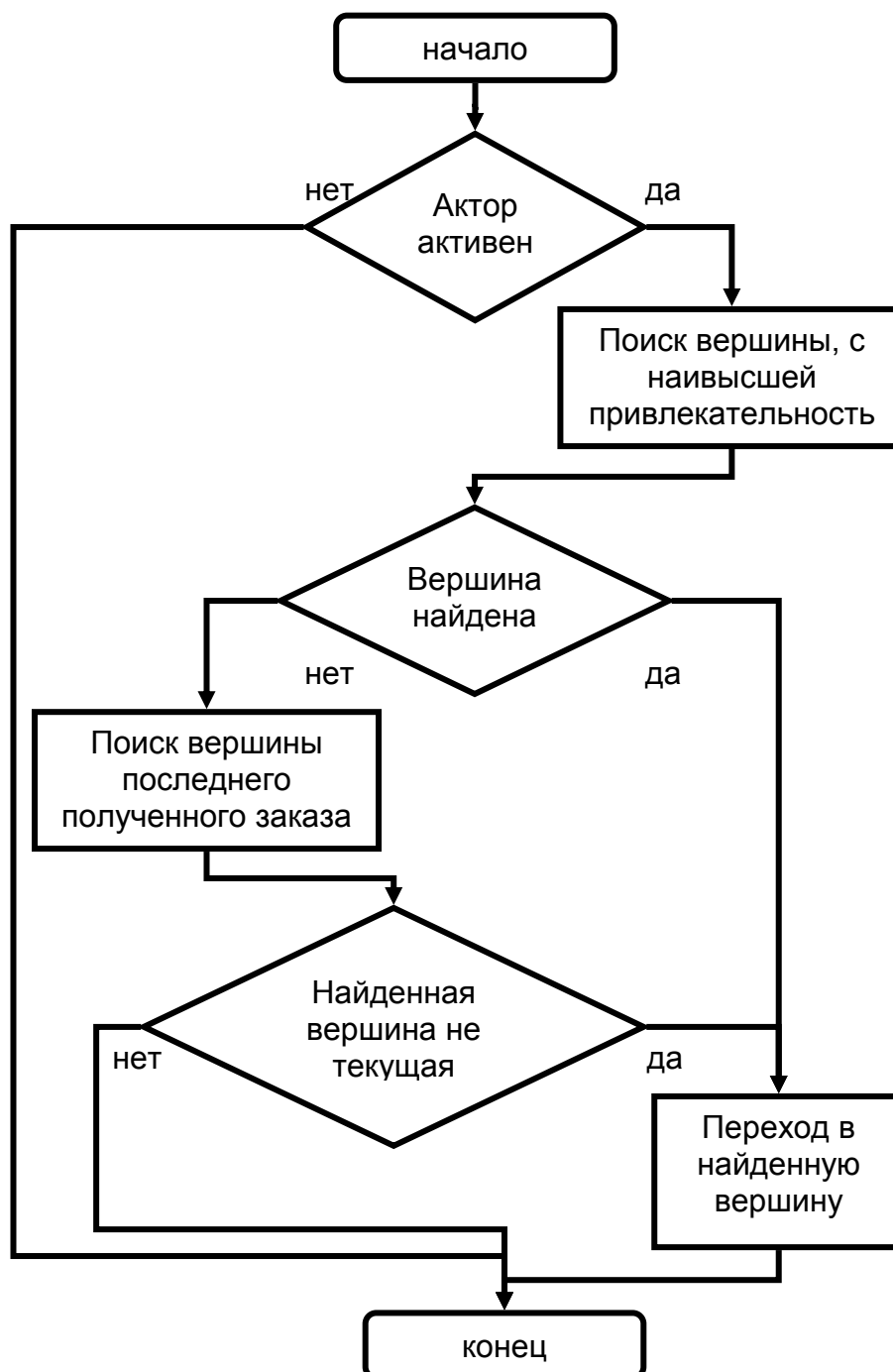


Рисунок 33 – Схема алгоритма поиска вершины

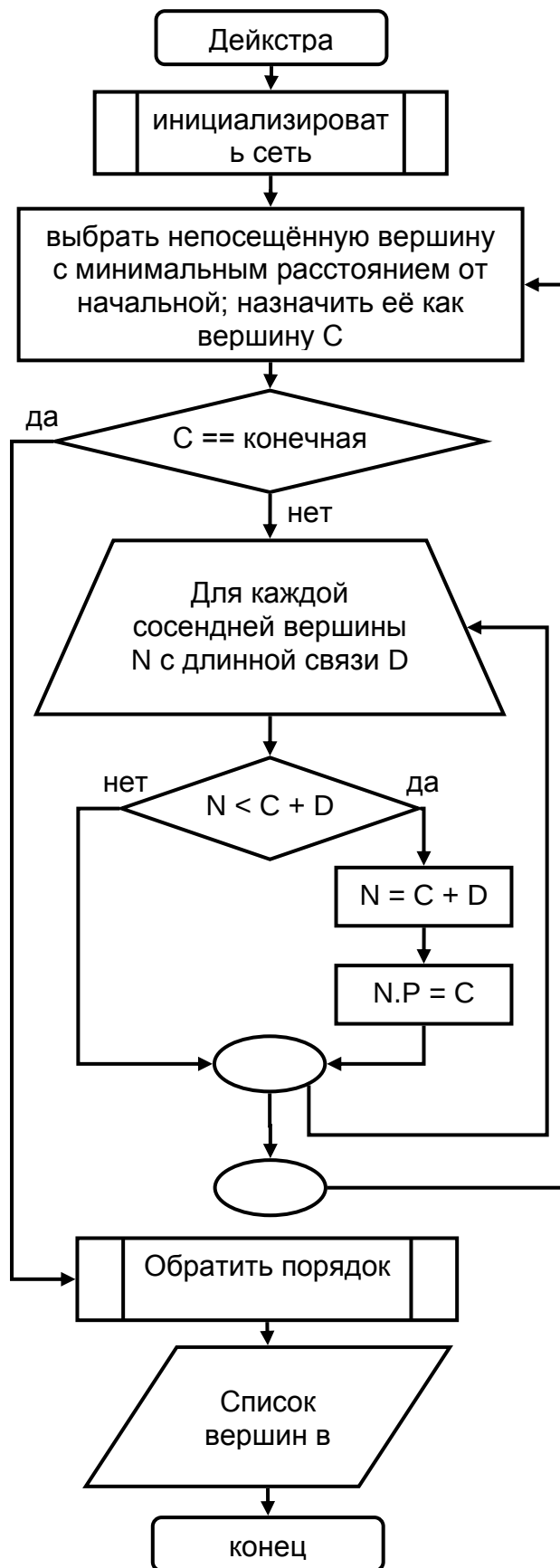


Рисунок 34 – Схема алгоритма Дейкстры

В ходе экспериментов ключевые параметры системы будут менять своё значение по определённой программе с интервалом времени равным четырём интервалам подсчёта критериев, т.е. 640 УВЕ.

Для обеспечения наглядности вместо непосредственных точек значений критериев на графиках будут представлены тренды изменения этих показателей. Для трёх основных показателей (текучесть, эффективность, средняя длительность ожидания) тренды будут построены на основе полиномиального уравнения пятой степени. Для критерия среднего времени принятия решения – на основе экспоненциального уравнения.

Так как по условиям задачи центр не имеет возможности непосредственно, директивно руководить поведением акторов, то для решения задачи будут применяться описанные выше алгоритмы формирования групповых оверлейных представлений, а именно будет регулироваться активность рёбер, по которым акторы могут перемещаться от вершины к вершине. Другими словами задачей центра является создание и изменение оверлейного графа – картины мира акторов о ситуации в системе. Изменяя активность рёбер, центр регулирует доступ акторов к информации об имеющихся заказах, тем самым, ограничивая их свободу действий.

5.3 Вспомогательный псевдодирективный алгоритм

Для возможности сравнения алгоритмов формирования единой оверлейной сети с классическими методами решения поставленной задачи был реализован псевдодирективный алгоритм. Этот алгоритм позволяет средствами оверлейной сети прямо назначать акторов на исполнение заказов.

Псевдодирективный алгоритм во многом аналогична лимитирующему алгоритму и подразумевает отсечение в оверлейном графе всех вариантов кроме лучшего для актора с учётом прибыли и длительности ожидания и реализуется путем решения задачи о назначениях с последующим закрытием всех рёбер, кроме тех, которые ведут от актора к назначенному ему заказу.

Для наглядного представления псевдодирективного алгоритма возьмём конкретную ситуацию на графе (см. Рисунок 35). На графе присутствует 36 вершин, 1 актор и 19 заказов различной стоимости и длительности ожидания.

При составлении матрицы выигрышей, необходимой для решения задачи о назначениях, для определения значений выигрыша используется свёртка двух показателей – прибыль от обработки заказа актором и остаточная длительность жизни заказа, которые суммируются с гибким коэффициентом приоритета k_p . Коэффициент приоритета k_p может принимать значения от 0 до 1 и позволяет определить степень влияния одного показателя по сравнению с другим. Функция выигрыша центра для псевдодирективного алгоритма может быть записана следующим образом:

$$H^o(w_i, u_j, t_{i,j}) = k_p \cdot c_{i,j} + (1 - k_p) \cdot s_j \cdot (t_i'' - t_{i,j}), \quad (12)$$

где s_j – коэффициент, выражающий отношение удельных операционных затрат на операционное время актора u_j .

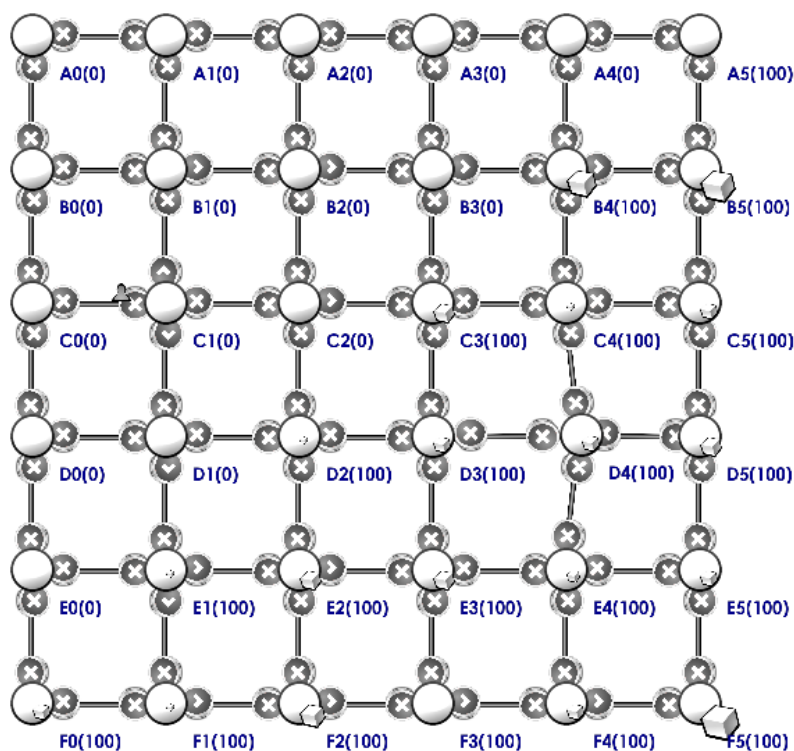


Рисунок 35 – Пример графа с 36 вершинами, 1 актором и 19 заказами

Очевидно, что при $k_p = 0$ стоимость заказа не будет учитываться, в то время как при $k_p = 1$ не будет учитываться остаточная длительность ожидания заказа. В дальнейших экспериментах коэффициент приоритета k_p принят равным 0,5.

Отобразим множество заказов, доступных в данный момент актору, на графике, ось ординат которого отображает выигрыш актора, а ось абсцисс остаточную длительность жизни заказов (см. Рисунок 36). Обозначим пунктирной линией график функции выигрыша центра (12).

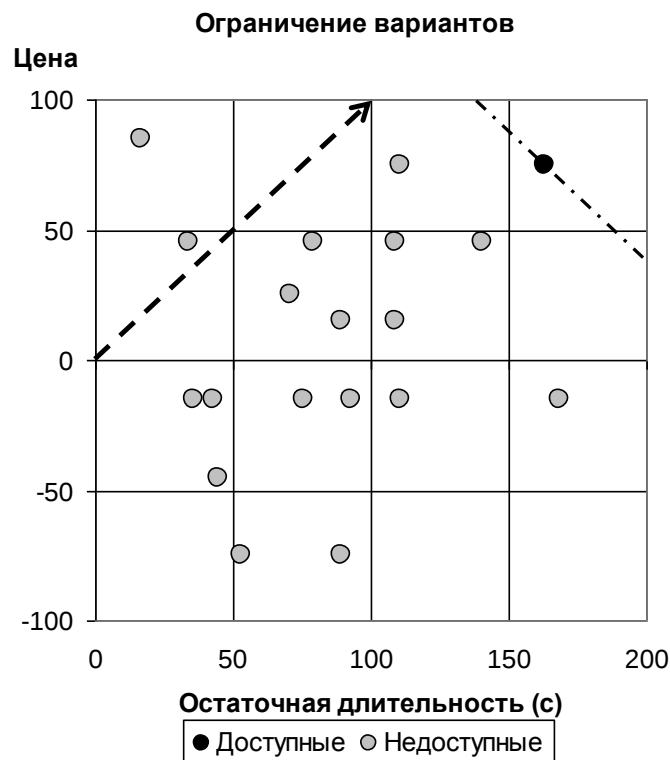


Рисунок 36 – Графическое представление решения задачи псевдодирективным алгоритмом

Множество вариантов назначения актора u_j в рамках псевдодирективного алгоритма ограничивается заказами, значения функции выигрыша центра (12) для которых максимально. Определим условие $\varphi^{w-\max}$ принадлежности заказа w_i к максимальным для заданного актора u_j :

$$\varphi^{\delta-\max}(u_j, w_i) = \prod_{m=1}^{N_w} \theta(H^{\delta}(w_i, u_j, t_{i,j}) - H^{\delta}(w_m, u_j, t_{m,j})), \quad (13)$$

где $\theta(x)$ – ступенчатая функция Хэвисайда: $\theta(x) = \begin{cases} 0, x < 0 \\ 1, x \geq 0 \end{cases}$.

Функция H^{δ} , график которой перпендикулярен к графику функции выигрыша центра, отсекает все варианты, кроме лучших по значению функции выигрыша центра (12). Функция H^{δ} определяется следующим уравнением:

$$H^{\delta}(w_i, u_j, t_{i,j}) = -k_p \cdot c_{i,j} - (1 - k_p) \cdot s_j \cdot (t_i'' - t_{i,j}) + k^{\delta-\text{сдвиг}}(u_j), \quad (14)$$

где $k^{\delta-\text{сдвиг}}$ – функция коэффициента сдвига прямой H^{δ} для j -го актора, определяется значениями критериев для самых выгодных с точки зрения центра заказов этого актора, то есть заказов, удовлетворяющих условию $\varphi^{\delta-\max}$ (13):

$$k^{\delta-\text{сдвиг}}(u_j) = \frac{\sum_{i=1}^{N_w} (\varphi^{\delta-\max}(u_j, w_i) \cdot (-k_p \cdot c_{i,j} - (1 - k_p) \cdot s_j \cdot (t_i'' - t_{i,j})))}{\sum_{i=1}^{N_w} \varphi^{\delta-\max}(u_j, w_i)} \quad (15)$$

Вариант, отмеченный чёрной точкой на Рисунк 36, представляет собой решение поставленной задачи псевдодирективным алгоритмом.

Получив матрицу выигрышей вариантов назначения акторов на исполнение заказов можно решить относительно неё задачу о назначениях. Одним из наиболее популярных алгоритмов решения задачи о назначениях является Венгерский алгоритм [90]. Венгерский алгоритм решает задачу о назначениях за полиномиальное время.

Этот алгоритм работает с матрицей, элементами которой являются стоимости выполнения заказа, обычно определяемого столбцом, исполнителем, обычно определяемым строкой. Алгоритм ищет оптимальное по стоимости выполнения назначение заказов исполнителям.

Венгерский алгоритм основан на двух идеях:

- если из всех элементов некой строки или столбца вычесть одно и то же число u , общая стоимость уменьшится на u , а оптимальное решение не изменится;
- если есть решение нулевой стоимости, оно оптимально.

Венгерский алгоритм можно описать, сформулировав задачу о назначениях, используя двудольный граф $G_\partial = (U_\partial, W_\partial)$ с n вершинами, соответствующими актёрам - исполнителям (U_∂), и n вершинами, соответствующими заказам (W_∂). Стоимость каждого ребра неотрицательна и определяется функцией выигрыша центра $H^\partial(w_i, u_j, t_{i,j})$, $w_i \in W_\partial, u_j \in U_\partial$. Требуется найти совершенное, или полное паросочетание вершин U_∂ и W_∂ с наименьшей суммарной стоимостью рёбер, связывающих их.

Пусть $y_{разд} : (U_{разд} \cup W_{разд})$ - функция потенциала, если $\forall v_i \in W_{разд}, \forall v_j \in U_{разд} : y_{разд}(v_i) + y_\partial(v_j) \leq H^{разд}(v_i, v_j, \tau)$. Значение этого потенциала $y_{разд}$ равно $\sum_{i=1}^{N^v} y_{разд}(v_i)$. Очевидно, что стоимость любого совершенного паросочетания больше либо равно значения любого потенциала. Оптимальность обеих величин доказывается тем, что Венгерский алгоритм находит полное паросочетание и потенциал с одинаковой стоимостью/значением. Другими словами он находит совершенное паросочетание жёстких рёбер: ребро между вершинами $v_j \in U_{разд}$ с вершиной $v_i \in W_{разд}$ является жёстким для потенциала $y_{разд}$, если $y_{разд}(v_i) + y_{разд}(v_j) = H^{разд}(v_i, v_j, \tau)$. Подграф жёстких рёбер $G'_{разд}$ является оверлейным графом – решением задачи о назначениях разделительным алгоритмом. Стоимость полного паросочетания в $G'_{разд}$ равна значению $y_{разд}$.

Потенциал $y_{разд}$ и ориентация (задание направления) каждого жёсткого ребра, обладающая тем свойством, что рёбра, направленные от $W_{разд}$ к $U_{разд}$ образуют паросочетание $M_{разд}$, хранятся в памяти алгоритма. Обозначим со-

стоящий из жёстких рёбер с заданной ориентацией ориентированный граф символом $\vec{G}_{разд}$. Так, в любой момент есть три типа рёбер:

- жёсткие и принадлежащие $M_{разд}$;
- жёсткие, но не принадлежащие $M_{разд}$;
- нежёсткие (и не принадлежащие $M_{разд}$);

Изначально $y_{разд}$ для всех рёбер равно 0, и все они направлены от $W_{разд}$ к $U_{разд}$ (следовательно, $M_{разд}$ пусто). При очередной итерации алгоритма либо $y_{разд}$ модифицируется так, что множество вершин $Z_{разд}$ увеличивается (определение $Z_{разд}$ дано ниже), или изменяется ориентация, с тем, чтобы получить такое паросочетание с количеством рёбер которого будет больше прежнего; при этом все рёбра из $M_{разд}$ всегда остаются жёсткими. Процесс заканчивается тогда, когда паросочетание $M_{разд}$ становится совершенным.

Пусть на очередной итерации алгоритма $R_{U_{разд}} \subseteq U_{разд}$ и $R_{W_{разд}} \subseteq W_{разд}$ - множество вершин, каждая из которых не инцидентна рёбрам $M_{разд}$. Пусть $Z_{разд}$ - множество достижимых из $R_{U_{разд}}$ в $\vec{G}_{разд}$ вершин.

Если конъюнктивной объединение $R_{W_{разд}} \cap Z_{разд}$ является не пустым, то можно утверждать, что существует хотя бы один путь из $R_{U_{разд}}$ в $R_{W_{разд}}$ в $\vec{G}_{разд}$. Изменяем ориентацию всех рёбер одного из таких путей на обратную. В результате размер паросочетания будет увеличен на 1.

Положим, что если $R_{W_{разд}} \cap Z_{разд}$ пусто, то

$$\Delta_{разд} := \min \{ H^{разд}(v_i, v_j, \tau) - y_o(v_j) - y_o(v_i) : v_j \in Z_{разд} \cap U_{разд}, w_i \in W_{разд} \setminus Z_{разд} \}.$$

$\Delta_{разд}$ положительна, так как между $Z_{разд} \cap U_{разд}$ и $W_{разд} \setminus Z_{разд}$ нет жёстких рёбер.

На вершинах из $Z_{разд} \cap U_{разд}$ увеличим $u_{разд}$ на $\Delta_{разд}$, а на вершинах, входящих в $Z_{разд} \cap W_{разд}$ уменьшим $u_{разд}$ на $\Delta_{разд}$. При этом, новый $u_{разд}$ остаётся потенциалом.

Несмотря на то, что граф $\vec{G}_{разд}$ меняется, он содержит $M_{разд}$.

Проведём ориентацию новых рёбер от $U_{разд}$ к $W_{разд}$. Множество $Z_{разд}$ вершин, достижимых из $R_{U_{разд}}$, увеличится по определению $\Delta_{разд}$ (при этом количество жёстких рёбер может не увеличиться и остаться прежним).

Итерируем алгоритм до тех пор, пока $M_{разд}$ не будет представлять собой совершенное паросочетание, достижение которого будет означать, что оно даёт распределение с минимальной стоимостью.

Таким образом, будет получен двудольный граф, вершинами одной доли которого будут акторы, а второй – заказы, назначенные на исполнение акторам. Имея такое решение для составления единой оверлейной сети достаточно закрыть все рёбра кроме тех, которые ведут от вершин назначенных друг другу акторов и заказов.

Псевдодирективный алгоритм служит для возможности сравнения лимитирующего и разделительного алгоритмов с классическими методами решения задач.

5.4 Эксперимент с переменным количеством вершин

В начале на графе присутствует 16 вершины и 16 акторов (см. Рисунок 37).

Частота генерации заказов во всех вершинах неизменна и равна 70 УВЕ. С частотой, равной 640 УВЕ (интервал изменения) к графу добавляется дополнительная вершина (см. Рисунок 38 – Рисунок 40). С каждой добавляемой вершиной к графу добавляется 1 актор для выравнивания баланса производительности и потребления.

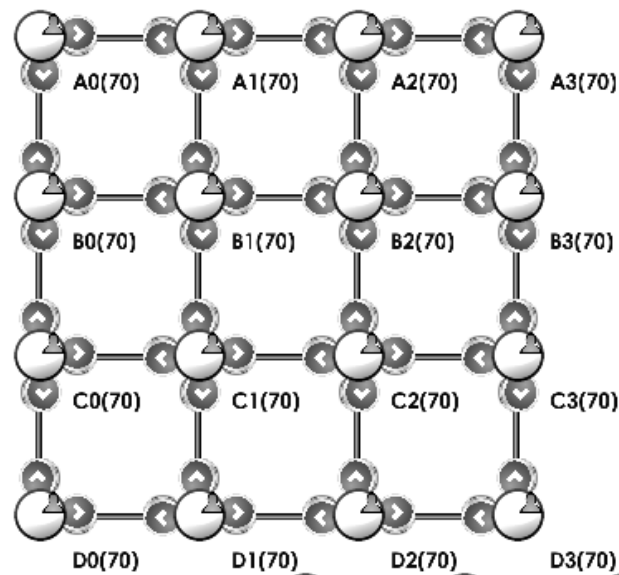


Рисунок 37 – Начальная конфигурация сети эксперимента с переменным количеством вершин

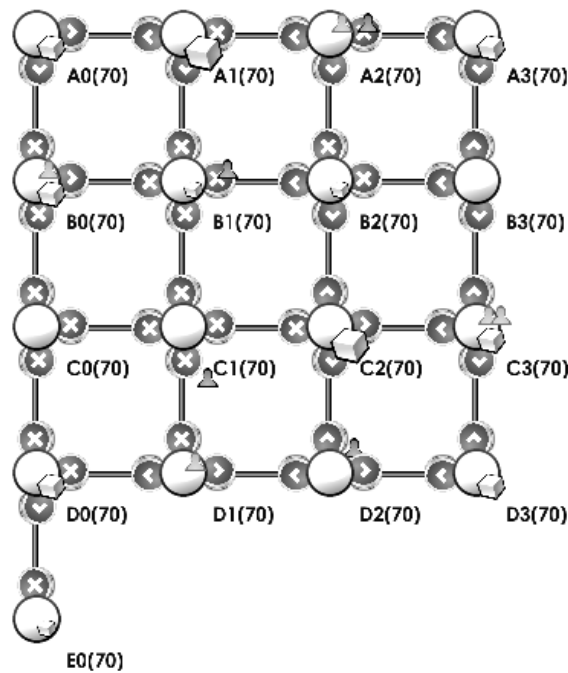


Рисунок 38 – Конфигурация сети после первого интервала изменения

Так как сложность псевдодирективного алгоритма определяется произведением количества акторов и количества заказов, а эти значения будут расти по степенной функции с увеличением количества вершин, ожидается, что временные затраты на принятие решения псевдодирективным алгоритмом будут расти по степенной функции.

Так как сложность лимитирующего алгоритма так же зависит от количества акторов и заказов, ожидается, что время принятия решения этим алгоритмом тоже будет зависеть от количества вершин по степенной функции. Но так как, в лимитирующем алгоритме, в отличие от псевдодирективного, нет необходимости разрешения конфликтов между акторами, то время принятия решения лимитирующего алгоритма должно быть стабильно меньше аналогичного показателя для псевдодирективного.

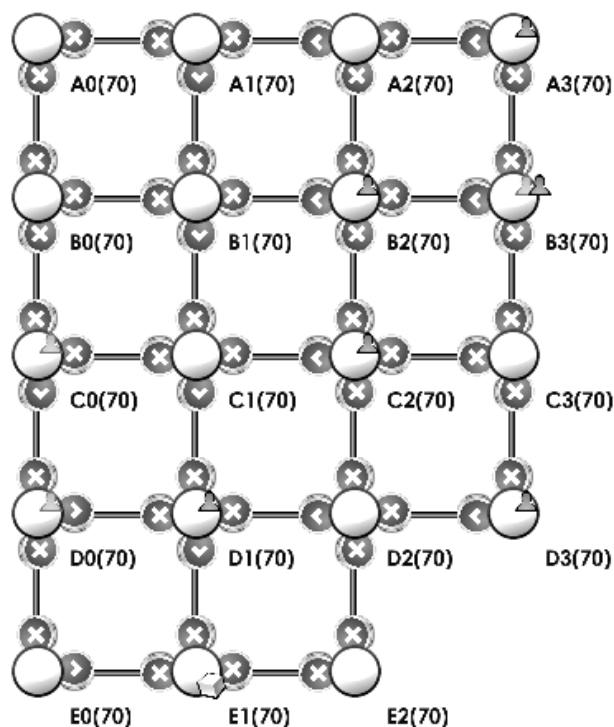


Рисунок 39 – Конфигурация сети после третьего интервала изменения

Относительно меньшего роста времени принятия решения следует ожидать для разделительного алгоритма, так как ей сложность зависит от количества вершин, которое будет изменять линейно.

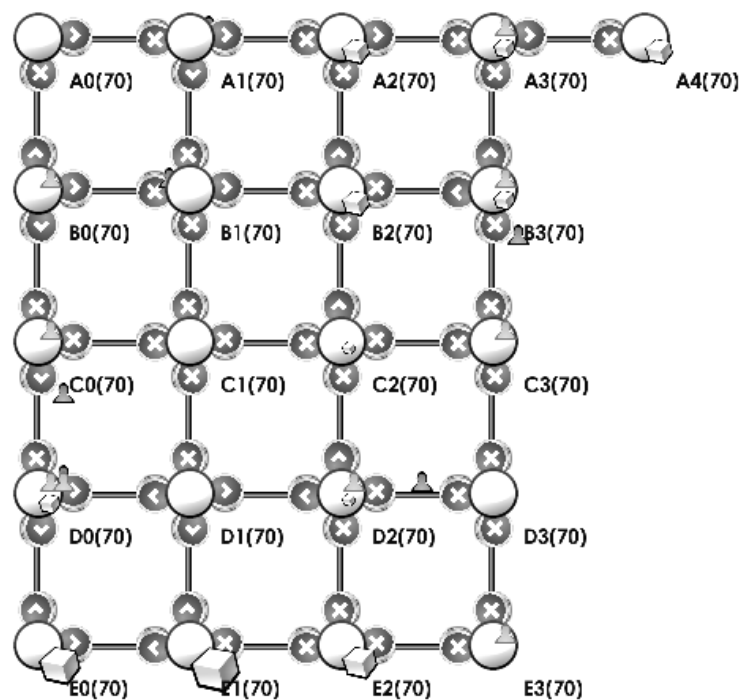


Рисунок 40 – Конфигурация сети после пятого интервала изменения

Рисунок 41 – Рисунок 44, описывают результаты моделирования для эксперимента с добавлением новых вершин.

На графиках видно, что, несмотря на добавление акторов пропорционально количеству вершин, при росте графа наблюдается некоторое увеличение значений критерия текучести. Это объясняется тем, что увеличивается длительность переходов, которые необходимо совершать акторам для достижения искомого заказа на обработку. Следует отметить, что лучшими значениями показателей текучести и эффективности обладают псевдодирективный и разделительный алгоритмы. Благодаря тому, что при добавлении новых вершин добавляются и новые акторы, баланс производства и потребления остаётся на одном уровне без значительных колебаний. При этом наилучшие значения среднего времени жизни заказов в рамках данного эксперимента даёт псевдодирективный алгоритм.

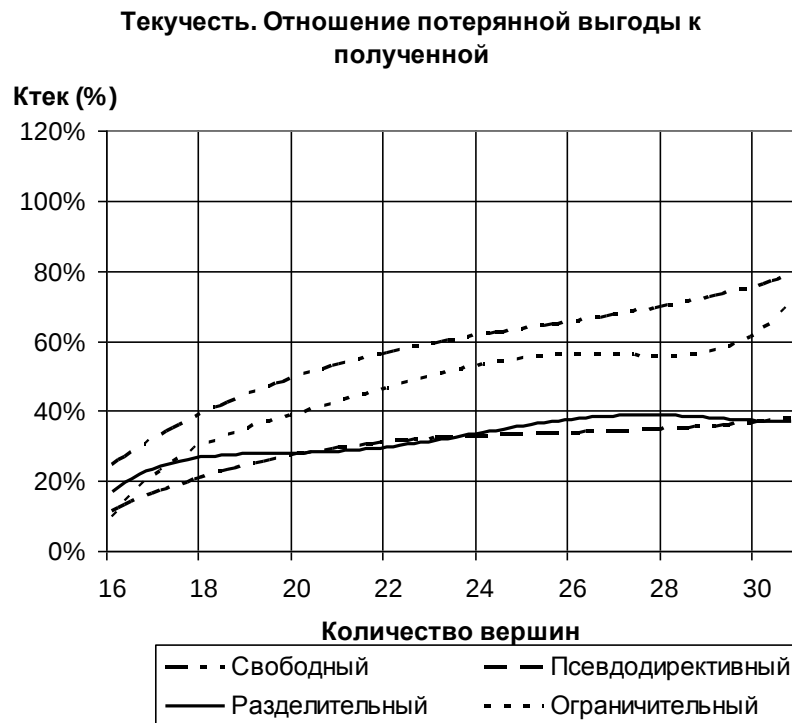


Рисунок 41 – График изменения критерия текущести для эксперимента с переменным количеством вершин

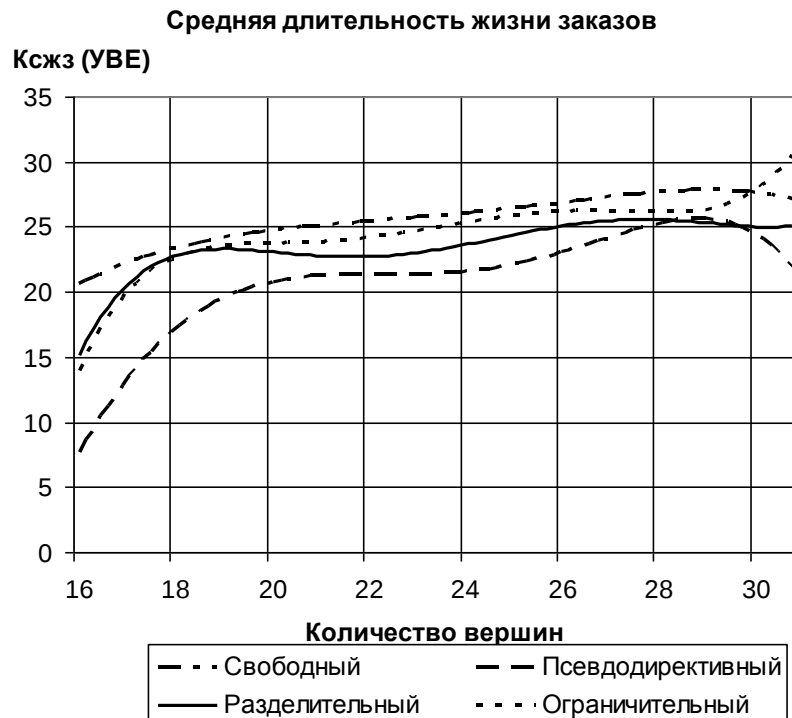


Рисунок 42 – График изменения критерия средней длительности жизни заказов для эксперимента с переменным количеством вершин



Рисунок 43 – График изменения критерия эффективности для эксперимента с переменным количеством вершин

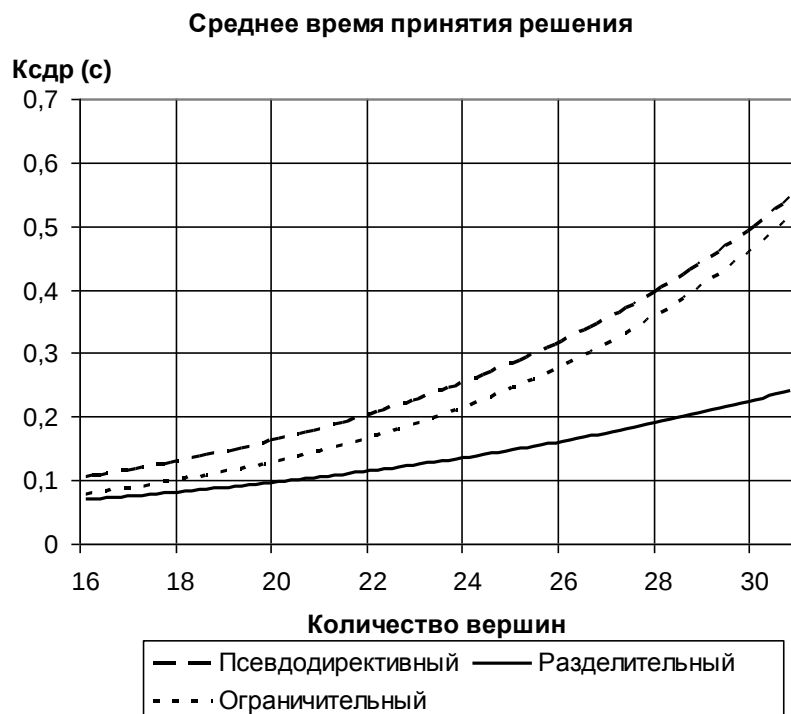


Рисунок 44 – График изменения среднего времени принятия решения для эксперимента с переменным количеством вершин

Затраты времени на принятие решения для всех алгоритмов имеют тенденцию роста с увеличением количества вершин на графе по степенной функции. Отметим, что график изменения среднего времени принятия решения для разделительного алгоритма имеет значительно более пологую форму. При этом на лимитирующее решение тратится меньше времени, чем на псевдодирективное.

Полученные результаты позволили сделать вывод о том, что алгоритмы, основанные на методе интерактивной диспетчеризации (разделительный и лимитирующий алгоритмы) имеют преимущество по времени принятия решения перед псевдодирективным алгоритмом в условиях систем большой сложности (большого количества вершин, акторов-исполнителей или заказов).

5.5 Эксперимент с переменным количеством акторов

Начальная конфигурация сети в эксперименте с переменным количеством акторов аналогична начальной конфигурации сети в эксперименте с переменным количеством вершин (см. Рисунок 37) за исключением начального количества акторов, которое равно 14. Частота генерации заказов во всех вершинах неизменна и равна 70 УВЕ. По истечении интервала равного 640 УВЕ один из акторов удаляется из системы. В результате чего, баланс производства и потребления будет постепенно изменяться от ситуации «голода» акторов до ситуации перепроизводства.

Так как сложность псевдодирективной и лимитирующего алгоритма определяется произведением количества акторов и количества заказов, а количество акторов будет уменьшаться по степенной функции, ожидается, что временные затраты на принятие решения этими алгоритмами будут убывать по степенной функции. Так как сложность разделительного алгоритма зависит от количества вершин, ожидается, что временные затраты на принятие решения этим алгоритмом будут незначительно изменяться в ходе эксперимента по линейной функции.



Рисунок 45 – График изменения критерия текущей для эксперимента с переменным количеством акторов



Рисунок 46 – График изменения критерия средней длительности жизни заказов для эксперимента с переменным количеством акторов



Рисунок 47 – График изменения критерия эффективности для эксперимента с переменным количеством акторов



Рисунок 48 – График изменения среднего времени принятия решения для эксперимента с переменным количеством акторов

Рисунок 45 – Рисунок 48 описывают результаты моделирования для эксперимента с переменным количеством акторов.

По показателю текучести все алгоритмы приблизительно одинаково реагируют на уменьшение количества акторов на графе. На данном графике можно ясно выделить момент окончания периода баланса производственной и потребительской мощности системы в точке, соответствующей удалению 10-го актора.

Изначально, в ситуации «голода» исполнителей наилучшими показателями средней длительности жизни заказов обладает псевдодирективный алгоритм, но это преимущество нивелируется с уменьшением количества акторов. Лимитирующий алгоритм имеет тенденцию показывать результаты аналогичные псевдодирективному алгоритму в середине графика, т.е. условиях баланса производственной и потребительской мощности. В условиях переизводства все алгоритмы закономерно показывают приблизительно схожие результаты.

По показателю эффективности все алгоритмы приблизительно одинаково реагируют на уменьшение количества акторов на графе. При этом псевдодирективный алгоритм стабильно опережает остальные алгоритмы на 5-7%.

Из графика видно, что псевдодирективный и лимитирующий алгоритмы имеют тенденцию экспоненциально уменьшать время принятия решения по мере уменьшения количества акторов в системе. При этом лимитирующий алгоритм тратит стабильно меньше времени, что объясняется экономией времени на разрешении конфликтов при назначении акторов-исполнителей на заказы. Изменение потребления процессорного времени разделительным алгоритмом выражено линейной зависимостью и изменяется меньшей степенью.

При примерно равных показателях уровня сервиса для всех алгоритмов разделительный не имеет выраженной тенденции к снижению времени при-

нятия решения. С одной стороны это говорит о нецелесообразности её использования в системах с малым количеством исполнителей. С другой стороны даёт основание предполагать, что с ростом количества исполнителей этот алгоритм даст гораздо более стабильное потребление процессорного времени в отличие от других.

5.6 Эксперимент с переменной производительностью вершин

Начальная конфигурация сети в эксперименте с переменной производительностью вершин аналогична начальной конфигурации сети в эксперименте с переменным количеством акторов, начальное количество акторов равно 14.

Интервал генерации заказов в начале эксперимента во всех вершинах равен 150 УВЕ. По истечении интервала равного 640 УВЕ интервал генерации заказов всех вершин уменьшается на 10 УВЕ. Таким образом, к окончанию эксперимента период генерации заказов сокращается до 10 УВЕ. Так же как и в предыдущем испытании, баланс производства и потребления с течением времени изменяется от ситуации «голода» акторов до ситуации перепроизводства.

Так как с течением времени производительность вершин будет расти, то количество появляющихся заказов так же будет расти. В связи с этим будет увеличиваться количество конфликтов при распределении заказов по исполнителям, которые необходимо разрешать в рамках псевдодирективного алгоритма. Исходя из этого следует ожидать, что временные затраты на принятие решения этим алгоритмом будут расти.

По мере увеличения производительности вершин баланс системы будет изменяться в сторону ситуации перепроизводства. В ситуации перепроизводства резко повышается вероятность того, что каждому актору найдётся заказ, располагающейся в вершине его местонахождения. Для разделительного алгоритма это означает, что граф будет полностью разделяться. То есть участки ответственности акторов будут сужаться до одной вершины, что ожидаемо

должно снизить временные затраты на поиск решения этим алгоритмом. Для лимитирующего алгоритма, это так же должно обуславливать значительное снижение временных затрат на принятие решения.

Рисунок 49 – Рисунок 52 описывают результаты моделирования для эксперимента с переменной количеством акторов.

Из графика критерия текучести видно, что в условиях низкой производительности системы лучшие результаты по критерию текучести даёт раздельный алгоритм. На этом участке графика, до отметки периода производства вершин в 90 УВЕ, псевдодирективный алгоритм уступает не только лимитирующему, но даже свободному распределению акторов.

Далее, на участке от 90 до 50 УВЕ, то есть в зоне условного баланса производительной и потребительной мощности системы, лучшими показателями обладает псевдодирективный алгоритм, а раздельный и лимитирующий алгоритмы уступают ему и свободному распределению.

В условиях перепроизводства, после отметки периода производства в 50 УВЕ, все алгоритмы закономерно показывают схожие результаты.

Из графика критерия средней длительности жизни заказов видно, что в условиях низкой производительности системы лучшие результаты даёт раздельный алгоритм. На этом участке графика, до отметки периода производства вершин в 90 УВЕ, псевдодирективный и лимитирующий алгоритмы уступают даже свободному распределению акторов.

Далее, на участке от 90 до 40 УВЕ, то есть в зоне условного баланса производительной и потребительной мощности системы, лучшими показателями обладает псевдодирективный алгоритм.

В условиях перепроизводства, после 40 УВЕ, все алгоритмы закономерно показывают схожие результаты.

Из графика критерия эффективности видно, что на участке баланса производительной и потребительной мощности системы, псевдодирективный алгоритм незначительно выигрывает по показателю эффективности перед

другими. На остальных участках эксперимента все алгоритмы показывают схожие результаты.

Из графика среднего времени принятия решения видно что, с ростом производительной мощности системы псевдодирективный алгоритм имеет тенденцию к линейному росту времени принятия решения. В то время как лимитирующий и разделительный алгоритмы показывают ровно противоположную тенденцию к уменьшению времени принятия решения. Наилучшими результатами обладает лимитирующий алгоритм.



Рисунок 49 – График изменения критерия текучести для эксперимента с переменной производительностью вершин

По различным показателям уровня сервиса в различных условиях отношения производительной и потребительной мощности системы разные алгоритмы дают разные результаты. Следовательно, в различных условиях следует отдавать предпочтение соответствующему алгоритму.



Рисунок 50 – График изменения критерия средней длительности жизни заказов для эксперимента с переменной производительностью вершин



Рисунок 51 – График изменения критерия эффективности для эксперимента с переменной производительностью вершин

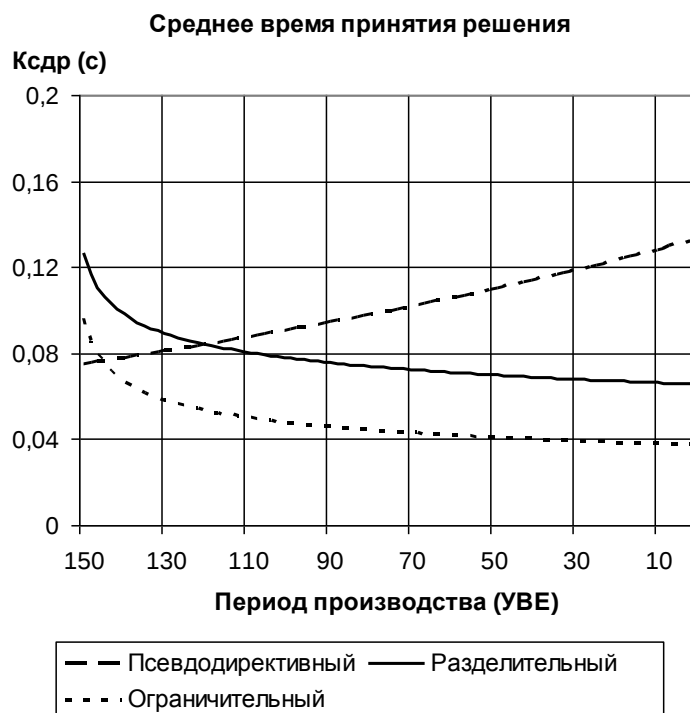


Рисунок 52 – График изменения среднего времени принятия решения для эксперимента с переменной производительностью вершин

При этом следует учитывать, что с увеличением производительной мощности псевдодирективного алгоритма придётся всё больше и больше тратить время на рассмотрение множества вариантов назначения акторов на заказы и разрешение конфликтов между ними. Следовательно, в системах с большим количеством обрабатываемых заказов, следует отдавать предпочтение разделительному и лимитирующему алгоритмам.

На основании результатов, полученных в рамках описанных экспериментов, можно сделать вывод, что разделительный и лимитирующий алгоритмы формирования групповых оверлейных представлений имеют значительное преимущество по времени принятия решения перед псевдодирективным алгоритмом условиях систем большой сложности (большого количества вершин, акторов-исполнителей или заказов).

Алгоритмы формирования групповых оверлейных представлений могут быть эффективно применены в следующих ситуациях:

- для обеспечения решения задачи распределения ресурсов в системах приближённых к реальному времени;
- для решения задачи распределения ресурсов с значительным количеством вариантов, не позволяющем найти решения детерминированными алгоритмами в допустимых временных пределах;
- в любых системах, не имеющих возможности директивного управления ресурсами, но обладающими механизмами опосредованного, кондиционного влияния на ситуацию.

5.7 Эксперимент с отдельными оверлейными сетями

Предыдущие эксперименты проводились в условиях единой оверлейной сети для всех акторов. Для проверки алгоритма формирования частных оверлейных представлений был проведён эксперимент по сравнению его результатов со свободным распределением акторов.

Рисунок 53 – Рисунок 55 описывают результаты моделирования для двух экспериментов: с интерактивной диспетчеризацией и без неё. Результаты представлены в виде графиков изменения основных показателей (4 – 6), тренды которых построены на основе полиномов третьей степени.

В рамках эксперимента на графе присутствует 36 вершин и 8 акторов. Вершины графа условно разделены на три группы. Первая группа производит заказы средней стоимости со средней частотой. Вторая группа состоит из одной вершины, производящей заказы высокой стоимости с удвоенной частотой. Третья группа вершин не производит заказов и разделяет первые две группы вершин. Таким образом, заказы на графе генерируются неравномерно.

На графиках (см. Рисунок 53 – Рисунок 55) видно, что применение метода управления интерактивной диспетчеризацией позволяет существенно снизить время ожидания обработки заказов и обеспечить более высокий уровень средней загрузки ресурсов, не проигрывая при этом по показателю суммарной стоимости обработанных заказов.

Полученные результаты позволили сделать вывод о том, что метод интерактивной диспетчеризации предоставляет возможность повысить эффективность деятельности посреднического оператора.

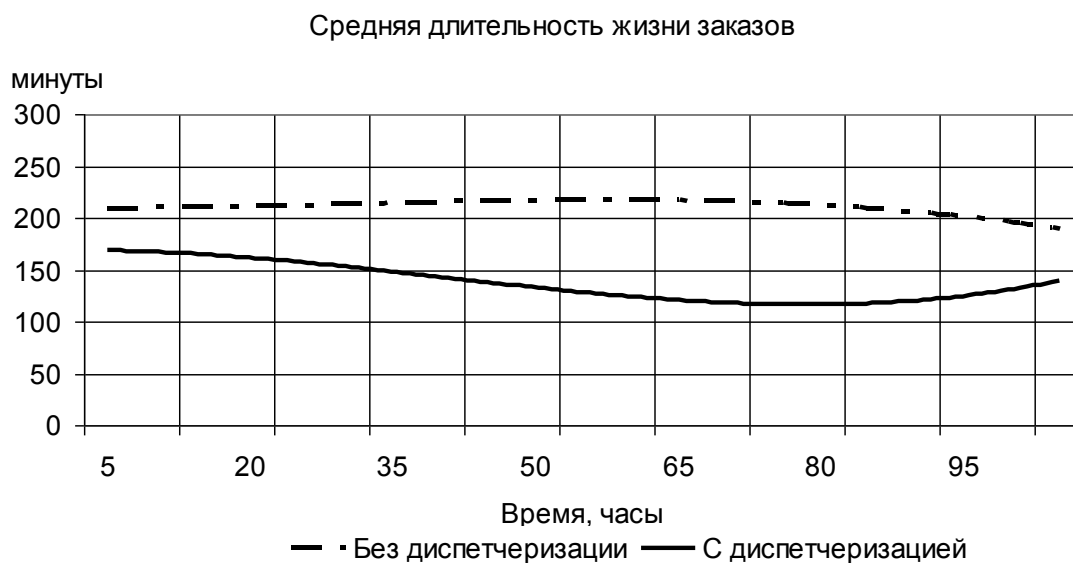


Рисунок 53 – График изменения средней длительности жизни заказов

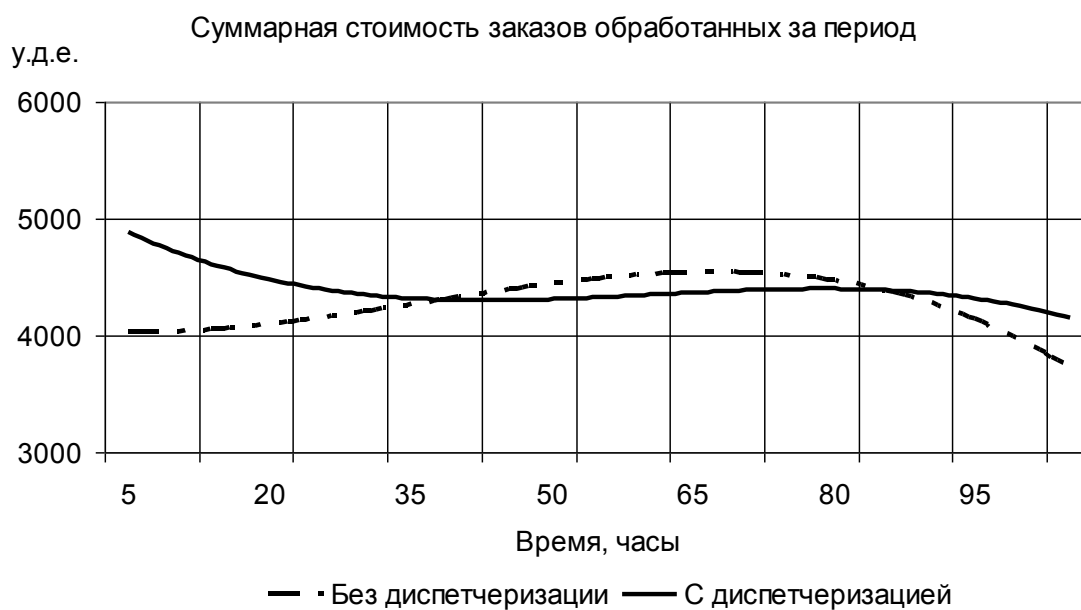


Рисунок 54 – График изменения суммарной стоимости обработанных заказов

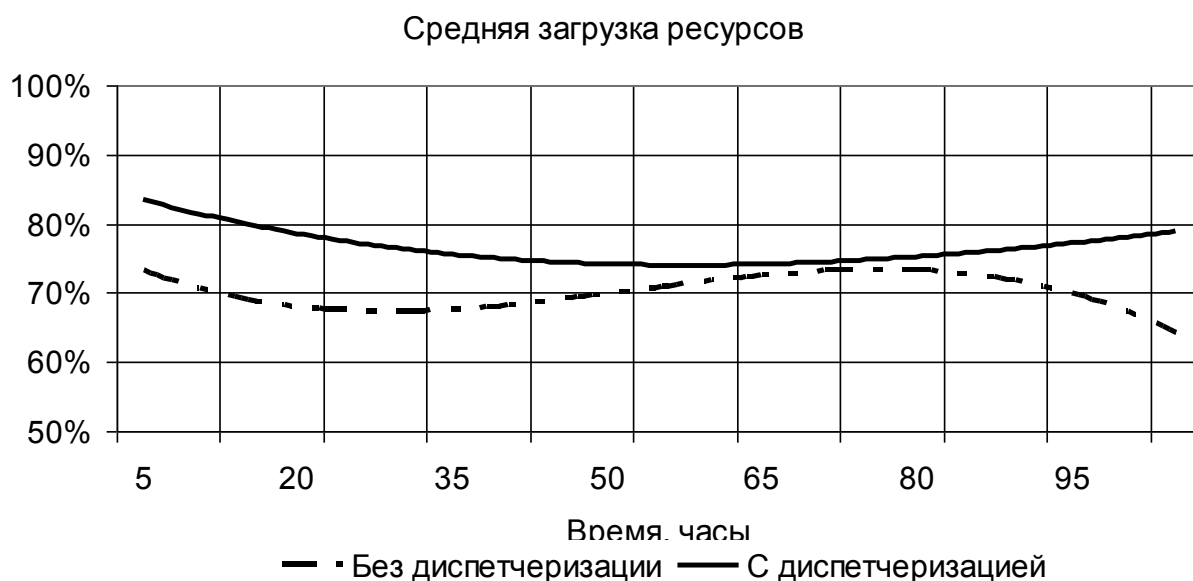


Рисунок 55 – График изменения средней загрузки ресурсов

5.8 Внедрение результатов

Разработанная в данной работе лимитирующий алгоритм, была внедрена в эксплуатацию в мультиагентных системах управления грузоперевозками в реальном времени, разработанных научно-производственными компаниями «Разумные решения» [98, 99, 100] и «Сетецентрические платформы» [101], о чём имеются соответствующие акты внедрения (см. приложения Г и Д).

Так лимитирующий алгоритм используется в разрабатываемой в настоящее время мультиагентной системе управления грузоперевозками в реальном времени SmartLogistics. Так как система SmartLogistics предназначена для управления и автоматизации планирования грузоперевозок операторов уровней 2PL, 3PL, 4PL, то лимитирующий алгоритм используется в ней не в полной мере. Лимитирующий алгоритм в системе SmartLogistics применяется для ограничения списка компаний-аутсорсеров при передаче какой-либо транспортной заявки (см. Рисунок 56) на субподряд. То есть, в случае невозможности выполнения заявки силами своего парка ресурсов, организация, обрабатывающая эту заявку, может перепродать её стороннему перевозчику по схеме 3PL.

Так как в настоящее время на рынке грузоперевозок присутствует значительное количество перевозчиков, потенциально способных принимать сторонние заказы на обработку (см. Рисунок 57), то встаёт актуальная задача по ограничению этого списка в целях экономии времени диспетчера при назначении заявки. Эта задача особенно актуальна в Европе, обладающей высокой плотностью грузовых потоков и относительно короткой длительностью исполнения транспортных заявок.

The screenshot displays the 'Заявка - TY0001026' form in the SmartLogistics system. The interface includes a top navigation bar with tabs like 'Управление', 'Ресурсы', 'Эффективность', 'География', 'GPS', 'Прочее', and 'Безопасность'. Below this is a secondary bar with various tool icons and buttons such as 'Новый', 'Копировать со сдвигом', 'Синхронизировать из Базы данных', 'Проверить', 'Очистить', 'Шаблоны для печати', 'Обновить', 'Sell', and 'Запланировать'. The main form area is titled 'Заявка - TY0001026' and contains several sections:

- Общие** (General): Fields for 'Входящий номер' (blank), 'Заказчик' (dropdown), 'Стоймость Заказчика' (0,00), 'Execution Cost' (125,7993), 'Штраф' (0), 'Контакт' (dropdown), 'Последняя модификация' (Administrator Sm), 'Waybill Received Time' (dropdown), and 'Комментарий' (text area).
- Номер заказчика:** (blank)
- Филиал:** (Н/Д)
- Валюта:** (EUR)
- Прибыль:** (-125,7993)
- Объяснение:** (blank)
- Готовность К Выписке Счёта:** (Неопределённый)
- Диспетчер:** (Н/Д)
- Направление:** (Helsinki - Tampere)
- Отметки** (Markers): A list of checkboxes including 'Шаблон', 'Предполагаемая', 'Утверждена', 'Отменена', 'Накладная Получена', 'Счёт Оплачен', 'Контракт', 'Продано Сторонним Перевозчикам', and 'TR'.
- Стратегии** (Strategies): A dropdown menu set to 'LTL' and checkboxes for 'FSR' and 'Перецепка Разрешена'.
- Настройки повторений** (Repeat Settings): Fields for 'От:' (dropdown), 'К:' (dropdown), and 'Повторение:' (каждый понедельник, вторник, среда, четверг, пятница, и суббота с 0:00 по 0:00).

At the bottom right, there are buttons for 'Сохранить', 'Сохранить и закрыть', 'Сохранить и создать новый', and 'Отмена'.

Рисунок 56 – Форма транспортной заявки в системе SmartLogistics

Для того, чтобы передать заявку на выполнение сторонней организации, диспетчер может воспользоваться специальной формой передачи заявки стороннему перевозчику «ЗРЛ» (см. Рисунок 58). Перечень организаций, на которые может быть назначена выбранная заявка, будет содержать несколько организаций, выбранных системой с помощью ограничительного алгоритма.

Поисковый запрос... Вперед! Быстрое создание Выйти Свойства моей учетной записи

Управление Ресурсы Эффективность География GPS Прочее Безопасность

Организации Водители Тягачи Прицепы Регулярные Транспорты

Новый Удалить Редактировать Обновить Экспортировать в

Активные Только

Организация

Журнал Заявок -> Организация

Перетяните заголовок колонки, чтобы сгруппировать

		Название	Номер	Номер Телефона	Факс	E-mail	Эсчск	Привзк	Готовность К Выписке Счета	Активен	Charge	M-Files
		""DAS TEAM""	717	996 43 463 34144	996 43 463 34144				Неопределенный		H/D	M-Files
		A P EAGLEFOOD OY	1 610						Неопределенный		H/D	M-Files
		A. LUDWIG SPEDITION GMBH	377	0 80 31/40675-0	0 80 31/249988				Неопределенный		H/D	M-Files
		A. THILO INTERNATIONALE SPEDITION GMBH	440		498 452 732 227				Неопределенный		H/D	M-Files
		A.D.S.L. S.A	960	996 352 26 52 941	996 352 26 52 2194				Неопределенный		H/D	M-Files
		A.T.R. LOGISTICS	639	996 31 174 670515	996 31 174 670511				Неопределенный		H/D	M-Files
		A16 Froid	0						Неопределенный		H/D	M-Files
		AA-TRADE OY	454	09-2566950	09-2566950				Неопределенный		H/D	M-Files
		AB BEN-FOX OY	589	040 911 91 94					Неопределенный		H/D	M-Files
		ABB OY MACHINES	417	102211					Неопределенный		H/D	M-Files

Страница 1 из 234 (Всего строк: 2333) < Prev 1 2 3 4 5 6 7 ... 232 233 234 Next >

Элементов на странице: 10

Рисунок 57 – Форма списка организаций в системе SmartLogistics

Управление Ресурсы Эффективность География GPS Прочее Безопасность Быстрое создание Выйти Свойства моей учетной записи

Журнал Заявок Мастер-план Шаблоны Диспетчерская Дисп. Карта Диаграмма Гантта Билеты на FSR Требования Состояния

Новый Копировать со сдвигом 0 Копировать на Повторение Проверить Очистить Шаблоны для печати Обновить Sell Заполнить

Распланировать Сгенерировать Счета

Заявка - TY0001026

Журнал Заявок -> Организация -> Мастер-план -> TY0001026

Сохранить Сохранить и закрыть Сохранить и создать новый Отмена

Предыдущий объект Следующий объект

Общее Грузы План Операции Опции планирования Комментарий Планировщика Путь Условия CMR & Счета Дополнительные платежи

50 km 20 mi

Легенда: Путь по плану

Закрепленный Водитель: Название Сторонней Компании: H/D

Закрепленный Тягач: Филиал Сторонней Компании: H/D

Закрепленный Прицеп: Стоимость Перевозки: Helsingin Kaukokoito Oy

Profit 3 PL: KANKAANPAA

KUUSISTO

Skk - Kouvola

Skk - Lappeenranta

TUHKANEN Отмена

Сохранить Сохранить и закрыть Сохранить и создать новый Отмена

Рисунок 58 – Форма передачи заявки стороннему перевозчику

Заключение

1. Проведен анализ проблем управления ресурсами посреднического транспортного оператора, по результатам которого предложена модель интерактивной диспетчеризации ресурсов посреднического транспортного оператора, позволяющая отразить основные особенности взаимодействия между независимыми участниками в едином информационном пространстве с учетом свободы действий заказчиков и исполнителей.
2. Разработан и обоснован метод интерактивной диспетчеризации, основанный на формировании оверлейных сетей, позволяющий реализовать информационное управление взаимодействием участников единого информационного пространства.
3. Разработаны и обоснованы алгоритмы формирования частных и групповых оверлейных представлений, реализующих метод интерактивной диспетчеризации ресурсов посреднического транспортного оператора, позволяющие решить поставленную задачу интерактивной диспетчеризации.
4. Реализована автоматизированная система управления транспортными ресурсами и имитационная модель единого информационного пространства посреднического транспортного оператора
5. Разработанные модель, метод и алгоритмы интерактивной диспетчеризации позволили реализовать информационное управление распределением транспортных ресурсов в едином информационном пространстве в условиях неполноты и неопределенности информации, сопутствующих деятельности посреднического логистического транспортного оператора 5PL, и повысить эффективность его деятельности. При предоставлении услуг на базе SAAS платформы внедрение данной технологии позволяет обеспечить повышение показателей эффективности

распределения ресурсов: сокращение времени взаимодействия до 10%, времени обработки заказов до 25%.

6. Результаты экспериментального исследования предложенного в диссертации метода решения задачи интерактивной диспетчеризации в имитационной модели единого информационного пространства посреднического транспортного оператора продемонстрировали преимущества этого метода управления ресурсами посреднического оператора в транспортной логистике по сравнению со свободным назначением исполнителей на заказы.

Список использованной литературы

1. Rafele, C., Logistic Service measurement: a reference framework // Journal of Manufacturing Technology Management, 2004 – 15(3) – p. 280–290
2. Логистика и управление цепями поставок. Теория и практика. Основы логистики: учебник / под ред. Б.А. Аникина и Т.А. Родкиной. - Москва : Проспект, 2011. – 344 с. ISBN 978-5-392-02416-2
3. Чернова, Д.В., Комплексная оценка экономической эффективности управления запасами оптово-посреднических организаций // Д.В. Чернова, С.В. Токманев. – Вестник Самарского государственного экономического университета, 2009. – № 10 (60). – с. 107 – 110
4. ЗАО «Тандер» [Электронный ресурс] / URL: <http://www.magnit-info.ru/>
5. Maersk Group [Электронный ресурс] / URL: <http://www.maersk.com/>
6. Air France KLM [Электронный ресурс] / URL: <http://www.airfranceklm.com/>
7. Mediterranean shipping company S.A. [Электронный ресурс] / URL: <http://www.mscgva.ch/>
8. KUEHNE + NAGEL [Электронный ресурс] / URL: <http://www.kn-portal.com/>
9. DHL [Электронный ресурс] / URL: <http://www.dhl.com/>
10. FedEx [Электронный ресурс] / URL: <http://www.fedex.com/>
11. Barloworld Logistics [Электронный ресурс] / URL: <http://www.barloworld-logistics.com>
12. BMT Hi-Q Sigma [Электронный ресурс] / URL: <http://www.bmt-hqs.com>
13. Hamilton, J., E-Logistics Comparative Positioning Model: A Multi-National Enterprise Airline Study // John Hamilton, James Cook University / The

Fourth International Conference on Electronic Business (ICEB2004) / Beijing, 2004. – p. 93 – 100

14. Voss, H. International Logistics Outsourcing // Competitive Advantages for 3PL-Providers through Intercultural Competence, 15th Annual NOFOMA Conference, 2003.

15. Andersson, D., Logistics Competence Provided and Required in Third-Party Logistics Relationships // D. Andersson, O. Jockel / NOFOMA, 2002, p. 569-587

16. Иващенко А.В., Кременецкая М.Е., Филатов А.Н., Пейсахович Д.Г. Современные технологии организации проектирования в едином информационном пространстве научно-производственного предприятия // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета, 2012. – № 5. – Ч. 1. – с. 284 – 292

17. Иванов, Д.А., Логистика. Стратегическая кооперация // М.: Вершина, 2006 г. 176 с.

18. Hai, L., An Approach Towards Overall Supply Chain Efficiency - A Future Oriented Solution And Analysis In Inbound Process // L. Hai, S. Yirong / Göteborg University, Elanders Novum AB Pub, 2002.

19. Зуева, Е.М., Формирование концепции 5PL-Логистики // V Международная студенческая электронная научная конференция «Студенческий научный форум», 2013 [Электронный ресурс] / URL: <http://www.scienceforum.ru/2013/21/6331>

20. Kuehne&Nagle, Building Bridges: Relationship Management is the new core competency [Электронный ресурс] // Kuehne&Nagle White Paper / 2003 / URL: <http://www.kn-portal.com/>

21. State of logistics: The Canadian Report 2008 [Электронный ресурс] / URL: [http://www.ic.gc.ca/eic/site/dsib-logi.nsf/vwapj/pg00026_eng.pdf/\\$file/pg00026_eng.pdf](http://www.ic.gc.ca/eic/site/dsib-logi.nsf/vwapj/pg00026_eng.pdf/$file/pg00026_eng.pdf)

22. Зубаков, Г.В., Концептуальные положения создания операторского центра по оказанию информационно-логистических услуг на рынке ВЭД. // Г.В. Зубаков, И.О. Проценко / Журнал «РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция» №2 / 2010, с. 226-230.
23. Логистика: учебное пособие // под ред. Д-ра экон. Наук, проф. Н.Г. Каменевой. – М.: КУРС: ИНФРА-М, 2012. – 202 с.
24. Ivaschenko, A., Time-based Regulation of Auctions in P2P Outsourcing // A. Ivaschenko, A. Lednev.
25. Ivaschenko, A., Auction model of P2P interaction in multi-agent software // A. Ivaschenko, A. Lednev. – Proceedings of the 5th International Conference on Agents and Artificial Intelligence ICAART 2013, Barcelona, Spain. – Volume 1. – p. 431 – 434
26. Handbook of scheduling: algorithms, models and performance analysis // Edited by J. Y-T. Leung, Chapman & Hall / CRC computer and information science series, 2004.
27. Dmitriev A. Maxoptra dynamic real time scheduling solution // New Magenta Papers: Scientific papers, Volume 2. – Yelm, WA, USA: Science Book Publishing House, 2013. – p. 7 – 12
28. Hickson, A., Supply chain intermediaries study // A. Hickson, B. Wirth, G. Morales, University of Manitoba Transport Institute, 2008. – 56 p.
29. АвтоТрансИнфо [Электронный ресурс] / URL: www.ati.su
30. Эйрих, С.Н., Обзор методов решения задач маршрутизации транспорта // New Magenta Papers. Сборник научных трудов, Выпуск № 1. Труды международного семинара по интеллектуальному планированию. – Самара: Издательство СНЦ РАН, 2012. – с. 22 – 31
31. Шереметов Л.Б. Децентрализованное управление адаптивными сетями поставок на основе теории коллективного интеллекта и агентной технологии. Часть 1: Модель сети поставок // Информационно-управляющие системы, 2009. – № 4. – с. 13 – 20

32. Городецкий, В.И., Самоорганизация и многоагентные системы. II. Приложения и технология разработки. // Известия РАН. Теория и системы управления, 2012. – № 3. – с. 55 – 75
33. Andreev, V., Magenta multi-agent systems for dynamic scheduling // V. Andreev, A. Glaschenko, A. Ivaschenko, S. Inozemtsev, G. Rzevski, P. Skobelev, P. Shveykin. – Proceeding of the first international conference on agents and artificial intelligence (ICAART 2009). Porto, Portugal, 19-21 January, 2009. – p. 489 – 490
34. Badasyan N., Chakrabarti S., Private Peering Among Internet Backbone Providers // Economics Working Paper Archive at WUSTL. 2003
35. Заложнев А.Ю. Модели принятия решений об объемах закупок фирмой – оптовым покупателем в зависимости от изменения отпускных цен производителя и спроса конечных покупателей // Управление большими системами. Выпуск 3. М.: ИПУ РАН, 2003. С.35-42
36. Гришанов, Д.Г., Стимулирование коллективов бригад в условиях поточно-массового производства // Д.Г. Гришанов, О.В. Павлов, В.В. Сидоров / Управление большими системами. Выпуск 3. М.: ИПУ РАН, 2003. С.20-26
37. Иващенко, А.В., Метод кондиционального управления взаимодействием в мультиагентной среде // Системы управления и информационные технологии, 2013. – № 1. – с. 39 – 43
38. Иващенко, А.В., Интервально-корреляционный анализ ритмичности взаимодействия в интегрированной информационной среде предприятия // Системы управления и информационные технологии, 2010. – № 1(39). – с. 32 – 36
39. Branke, J., Multiobjective Optimization: Interactive and Evolutionary Approaches (Lecture Notes in Computer Science) // Jürgen Branke, Kalyanmoy Deb, Kaisa Miettinen, Roman Slowinski — Springer, 2008, — 470 p. — ISBN 3-540-88907-8

40. Эйрих, С.Н., Обзор различных видов задачи маршрутизации транспорта // New Magenta Papers. Сборник научных трудов, Выпуск № 1. Труды международного семинара по интеллектуальному планированию. – Самара: Издательство СНЦ РАН, 2012. – с. 11 – 21
41. Александров, А.Э., Стохастическая постановка динамической транспортной задачи с задержками с учетом случайного разброса времени доставки и времени потребления // А.Э. Александров, Н.В. Якушев / Управление большими системами. Выпуск 12-13. М.: ИПУ РАН, 2006. С.5-14.
42. Иващенко, А.В., Управление взаимодействием персонала предприятия в многоакторной интегрированной информационной среде // Программные продукты и системы, 2012. – № 3. – с. 18 – 22
43. Кулжабаев, Н.М., Распределение грузопотоков по видам транспорта и направлениям // Кулжабаев Н.М., Ловецкий С.Е., Резер С.М. / Методические указания к проведению деловых игр. М.: ВЗИИТ, 1979
44. Алексеев, А., Стратегия на аутсорсинг // Логинфо. 2008. № 1-2. С. 68-72
45. Франк, П., Стратегии развития логистических операторов в России // П. Франк, Ф. Штрауб, Е. Трушкин / Конъюнктура товарных рынков. №3. 2008. С. 43-47.
46. Vird.ru [Электронный ресурс] / URL: <http://vird.ru>
47. Перевези.рф [Электронный ресурс] / URL: <http://perevezi.ru/>
48. Портал автотранспортных услуг [Электронный ресурс] / URL: <http://provezet.ru/>
49. Cargo.LT [Электронный ресурс] / URL: <http://cargo.lt/>
50. Страна грузов [Электронный ресурс] / URL: <http://stranagruzov.ru/>
51. Freight Center [Электронный ресурс] / URL: <http://freightcenter.com/>
52. Contract warehousing LTD (официальный сайт) [Электронный ресурс] / URL: <http://www.contractwarehousing.co.nz/>

53. TransLogix [Электронный ресурс] / URL: <http://www.translogix.com.au>
54. Новиков, Д.А., Прикладные модели информационного управления. // Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. / М.: ИПУ РАН, 2004. – 129 с.
55. Губанов, Д. А., Модели репутации и информационного управления в социальных сетях // Д.А. Губанов, Д.А. Новиков, А.Г. Чхартишвили / Управление большими системами. 2009. Специальный выпуск 26.1. С. 209-234.
56. Иващенко, А.В., Кондиционное управление подразделением // А.В. Иващенко, Д.Г. Пейсахович / Перспективные информационные технологии в научных исследованиях, проектировании и обучении (ПИТ 2012): труды научно-технической конференции с международным участием и элементами научной школы для молодежи, посвященной 40-летию кафедры информационных систем и технологий СГАУ / под ред. С.А. Прохорова. – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2012. – 317 с. стр. 195 – 199
57. Лессер, Э., Как превратить знания в стоимость: Решения от IBM Institute for Business Value // Составители Э. Лессер, Л. Прусак. Пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2006 – 248 с.
58. Jürgen Branke, Kalyanmoy Deb, Kaisa Miettinen та Roman Slowinski Multiobjective Optimization: Interactive and Evolutionary Approaches (Lecture Notes in Computer Science). — Springer. — ISBN 3-540-88907-8
59. Богатырев В.Д. Повышение эффективности управления промышленными комплексами путем разработки и внедрения механизмов согласованного взаимодействия // Управление большими системами. Выпуск 8. М.: ИПУ РАН, 2004. С.87-104.
60. Бурков, В.Н. Оптимальные механизмы стимулирования в активной системе с вероятностной неопределенностью. Часть I // В.Н. Бурков, Д.А. Новиков / Автоматика и Телемеханика. 1995. №9. С. 117-126.

61. Пейсахович Д.Г. О применимости игровых моделей в задачах автоматизации взаимодействия сотрудников производственного предприятия // Программные продукты и системы, 2012. – № 3. – с. 59 – 62
62. Новиков, Д.А., Модели рефлексивного принятия решений // Д.А. Новиков, А.Г. Чхартишвили / Проблемы управления. 2004. № 4. С. 62 - 70.
63. Голдратт, Э., Цель. Процесс непрерывного совершенствования // Элияху Голдратт, Джефф Кокс / Минск: Попурри, 2009. — 496 с. —ISBN 978-985-15-0641-1
64. Детмер, У., Теория ограничений Голдратта. Системный подход к непрерывному совершенствованию // Пер. У. Саламатовой, М.: Альбина Паблишер, 2010. – 448 с.
65. Гайдай, А.А., Непрерывный контроль процесса достижения цели // А.А. Гайдай, И.Б. Руссман / Управление большими системами. Выпуск 7. М.: ИПУ РАН, 2004. С.106-113.
66. Карлин, С., Математические методы в теории игр программировании и экономике // М.: МИР, 1964 – 839 с.
67. Ермаков, Н.С., Репутация фирм с точки зрения потребителей // Н.С. Ермаков, А.А. Иващенко / Управление большими системами. Выпуск 10. М.: ИПУ РАН, 2005. С.40-54.
68. Иващенко А.В., Пейсахович Д.Г. Метод проактивной диспетчеризации в информационной среде для транспортных операторов 5PL // Информационные технологии, 2014. – № 3. – с. 49 – 54
69. Ивченко, Г.И., Теория массового обслуживания // Ивченко Г.И., Каштанов В.А., Коваленко И.Н. / Рецензенты: кафедра математической статистики, теории надёжности и массового обслуживания факультета прикладной математики — процессов управления ЛГУ им. А.А. Жданова и д.т. н., профессор Р.Я. Судаков. — Учебное пособие для вузов. — М.: Высшая школа, 1982. — 256 с. — 20 000 экз.

70. Новиков, Д.А. Информационное равновесие: точечные структуры информированности // Д.А. Новиков, А.Г. Чхартишвили / Автоматика и телемеханика. 2003. № 10. С. 111 - 122.
71. Чхартишвили А.Г. Информационное равновесие // Управление большими системами. Выпуск 3. М.: ИПУ РАН, 2003. С.94-109.
72. Павлов О.В. Механизм стимулирования поставщиков за качество работы увеличением объёма заказа // Управление большими системами. Выпуск 3. М.: ИПУ РАН, 2003. С.82-86.
73. Оверлей (материал финансового словаря ФИНАМ) [Электронный ресурс] / URL: <http://www.finam.ru/dictionary/wordf01F1C/default.asp?n=10>
74. Оверлейная сеть (Материал из Википедии) [Электронный ресурс] / URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Оверлейная_сеть
75. Maynard, J., Five Benefits of Software as a Service [Электронный ресурс] // Trumba Corporation White paper, 2007 / URL: http://www.trumba.com/connect/knowledgecenter/pdf/SaaS_paper_WP-001.pdf
76. Колесов, А., Модель SaaS – в мире и в России // BYTE Россия. Управление ИТ-инфраструктурой №10(119) / 2008
77. SaaS (Материал из Википедии) [Электронный ресурс] / URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/SaaS>
78. Бобровский, А.О., Современные проблемы планирования транспортных ресурсов // New Magenta Papers. Сборник научных трудов, Выпуск № 1. Труды международного семинара по интеллектуальному планированию. – Самара: Издательство СНЦ РАН, 2012. – с. 7 – 10
79. Кулжабаев, Н.М., Описание моделей механизмов функционирования транспортных систем // Вестник КазНТУ, 1996. №1.
80. Такси (Материал из Википедии) / [Электронный ресурс] / URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Такси>

81. Михеева, Т.И., Структурно-параметрический синтез систем управления дорожно-транспортной инфраструктурой / диссертация на соискание ученой степени / СГАУ, 2007. – 317с.
82. Тимофеев, Б., Кросс-докинг. Хитрости предпродажной обработки товара в процессе кросс-докинга [Электронный ресурс] / URL: <http://www.lobanov-logist.ru/index.php?newsid=33>
83. Заложнев, А.Ю., О задаче определения оптимального периода времени консолидации грузов на консигнационном складе // А.Ю. Заложнев, А.Ю. Клыков, И.Н. Ярусова / Управление большими системами. Выпуск 9. М.: ИПУ РАН, 2004. С.136-144.
84. Архипова, И.Л., Задача определения оптимального способа доставки груза с консигнационного склада // И.Л. Архипова, А.Ю.Заложнев, И.Н. Ярусова / Управление большими системами. Выпуск 10. М.: ИПУ РАН, 2005. С.5-22.
85. Кросс-докинг. Особенности использования [Электронный ресурс] / URL: http://positiveremoval.ru/krossdoking_osobennosti_ispolzovaniya.html
86. T.Lehtinen [Электронный ресурс] / URL: <http://tlehtinen.fi/>
87. Иващенко А.В., Пейсахович Д.Г. Управление интерактивной диспетчеризацией ресурсов посреднического транспортного оператора // Системы управления и информационные технологии, №1.1(55), 2014. – С. 151-155
88. Иващенко А.В., Пейсахович Д.Г. Проактивная диспетчеризация ресурсов транспортного оператора 5PL // Интеллект. Инновации. Инвестиции, 2013. – № 3. – с. 153 – 158
89. Иващенко А.В., Пейсахович Д.Г. Стратегии проактивной диспетчеризации в интеллектуальных системах управления ресурсами оператора 5PL // Известия Самарского научного центра РАН, т. 15, №6. – 2013. – с. 228 – 235

90. Венгерский алгоритм (Материал из Википедии) [Электронный ресурс] / URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Венгерский_алгоритм
91. Хемди А., Введение в исследование операций // 7-е изд. — М.: «Вильямс», 2007. — С. 697-737. — ISBN 0-13-032374-8
92. Еналеев, А.К., Мониторинг как метод организационного управления. Мониторинг финансово-промышленной группы // А.К. Еналеев, А.Ю. Заложнев / Управление большими системами. Выпуск 6. М.: ИПУ РАН, 2004. С.84-89
93. XNA. (Материал из Википедии) [Электронный ресурс] / <http://ru.wikipedia.org/wiki/XNA>
94. Троелсен, Э., Язык программирования C# 5.0 и платформа .NET 4.5, 6-е издание = Pro C# 5.0 and the .NET 4.5 Framework, 6th edition. // М.: «Вильямс», 2013. — 1312 с. — ISBN 978-5-8459-1814-7
95. Гамма, Э., Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования = Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software. // Э. Гамма, Р. Хелм, Р. Джонсон, Дж. Влиссидес / СПб: «Питер», 2007. — С. 366. — ISBN 978-5-469-01136-1
96. Буч, Г., UML. Классика CS. 2-е изд. // Г. Буч, А. Якобсон, Дж. Рамбо / Пер. с англ.; Под общей редакцией проф. С. Орлова — СПб.: Питер, 2006. — 736 с. ISBN 5-469-00599-2
97. Создание кода и текстовые шаблоны T4 (материал сообщества разработчиков Microsoft) [Электронный ресурс] / URL: <http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/bb126445.aspx>
98. «Адаптивный Интеллект» за рулем грузовика! Smart Solutions – Smart Truck [Электронный ресурс] / URL: <http://smartsolutions-123.ru/products/18/>
99. Общество с ограниченной ответственностью "Научно-производственная компания "Разумные решения" (материал каталога органи-

заций «РусПрофайл») [Электронный ресурс] / URL:
<http://www.rusprofile.ru/id/3136244>

100. Мультиагентная система управления грузоперевозками в реальном времени Smart Truck. Свидетельство и государственной регистрации программы для ЭВМ №2012611092 / Авторы Лада А.Н., Ларюхин В.Б., Мартинкевич А.В., Морозова Н.С., Очков Д.С., Пейсахович Д.Г., Рыбак Д.С., Скобелев П.О., Сочинский А.А., Царев А.В. – 26 января 2012 г.

101. Общество с ограниченной ответственностью "Научно-производственная компания "Сетецентрические Платформы" (материал каталога организаций «РусПрофайл») [Электронный ресурс] / URL:
<http://www.rusprofile.ru/id/6902748>

Приложения

- А. Псевдокод базового алгоритма первоначального формирования частных оверлейных представлений
- Б. Псевдокод расширенного алгоритма первоначального формирования частных оверлейных представлений
- В. Псевдокод алгоритмов обработки событий для формирования частных оверлейных представлений
- Г. Акт о внедрении результатов диссертационной работы в ООО «НПК «Разумные решения»
- Д. Акт о внедрении результатов диссертационной работы в ООО «НПК «Сетецентрические Платформы»
- Е. Акт об использовании результатов диссертационной работы в учебном процессе СГАУ

Приложение А. Псевдокод базового алгоритма первоначального формирования частных оверлейных представлений

```
1. //ПРИМЕЧАНИЕ 1: индексация массивов начинается с 0
2. //ПРИМЕЧАНИЕ 2: F1 – функция определяемая формулой
   (1)
3. //ПРИМЕЧАНИЕ 3: F3 – функция определяемая формулой
   (3)
4. пусть Nw равно количеству заказов;
5. пусть Nu равно количеству акторов;
6. формируем матрицу M размером Nw*Nu;
7. заполняем матрицу M значениями функции F1 для
   акторов и заказов;
8. // матрица Solution служит для сохранения
   информации о назначении акторов на заказы
9. формируем массив Solution целочисленных значений
   размером Nw;
10. заполняем матрицу Solution значениями -1;
11. пока хотя бы один из элементов Solution меньше нуля
    делать
12.     цикл по строкам матрицы M итератор i
13.         пусть min равно бесконечности;
14.         цикл по столбцам матрицы M итератор j
15.             если Solution[j] < 0 и M[i,j] < min
16.                 пусть min = M[i,j];
17.         цикл по столбцам матрицы M итератор j
18.             если Solution[j] < 0
19.                 пусть M[i,j] = M[i,j] - min;
20.     цикл по столбцам матрицы M итератор j
21.         цикл по строкам матрицы M итератор i
22.             если M[i,j] = 0 и
23.                 (Solution[j] < 0 или
24.                 F3(i,j) < F3(Solution[j],j))
25.                 пусть Solution[j] = i;
```

Приложение Б. Псевдокод расширенного алгоритма первоначального формирования частных оверлейных представлений

1. //ПРИМЕЧАНИЕ 1: индексация массивов начинается с 0
2. //ПРИМЕЧАНИЕ 2: $F1$ – функция определяемая формулой (1)
3. //ПРИМЕЧАНИЕ 3: $F2$ – функция определяемая формулой (2)
4. //ПРИМЕЧАНИЕ 4: $F3$ – функция определяемая формулой (4)
5. пусть Nw равно количеству заказов;
6. пусть Nu равно количеству акторов;
7. формируем матрицу $M1$ размером $Nw \times Nu$;
8. заполняем матрицу $M1$ значениями функции $F1$ для акторов и заказов;
9. формируем матрицу $M2$ размером $Nw \times Nu$;
10. заполняем матрицу $M2$ значениями функции $F2$ для акторов и заказов;
11. // матрица $Solution1$ служит для сохранения информации о назначении акторов на заказы по функции $F1$
12. формируем массив $Solution1$ целочисленных значений размером Nw ;
13. заполняем матрицу $Solution1$ значениями -1 ;
14. // матрица $Solution2$ служит для сохранения информации о назначении заказов на акторов по функции $F2$
15. формируем массив $Solution2$ целочисленных значений размером Nw ;
16. заполняем матрицу $Solution2$ значениями -1 ;
17. пока хотя бы один из элементов $Solution1$ меньше нуля делать
18. цикл по строкам матрицы $M1$ итератор i
19. пусть min равно бесконечности;
20. цикл по столбцам матрицы $M1$ итератор j
21. если $Solution1[j] < 0$ и $M1[i,j] < min$
22. пусть $min = M1[i,j]$;
23. цикл по столбцам матрицы $M1$ итератор j
24. если $Solution1[j] < 0$
25. пусть $M1[i,j] = M1[i,j] - min$;
26. цикл по столбцам матрицы $M1$ итератор j
27. цикл по строкам матрицы $M1$ итератор i
28. если $M1[i,j] = 0$ и ($Solution1[j] < 0$ или $F3(i,j) < F3(Solution1[j],j)$)

```

29.           пусть Solution1[j] = i;
30. пока хотя бы один из элементов Solution2 меньше
    нуля делать
31.     цикл по столбцам матрицы M2 итератор j
32.       пусть min равно бесконечности;
33.       цикл по строкам матрицы M2 итератор i
34.         если Solution2[j] < 0 и M2[i,j] < min
35.           пусть min = M2[i,j];
36.       цикл по строкам матрицы M2 итератор i
37.         если Solution2[j] < 0
38.           пусть M2[i,j] = M2[i,j] - min;
39.     цикл по строкам матрицы M2 итератор i
40.       цикл по столбцам матрицы M2 итератор j
41.         если M2[i,j] = 0 и (Solution2[j] < 0
            или F3(i,j) < F3(Solution2[j],j))
42.           пусть Solution2[j] = i;

```

Приложение В. Псевдокод алгоритмов обработки событий для формирования частных оверлейных представлений

1. При появлении нового заказа

1. //ПРИМЕЧАНИЕ: $F1$ – функция определяемая формулой (1)
2. пусть $\min$ равно бесконечности
3. цикл по всем акторам, итератор i
4. если $\min > F1(u_i, w)$
5. $\min = F1(u_i, w);$
6. $\text{bestActor} = u_i;$
7. включаем новый заказ w в оверлейную сеть актора $\text{bestActor};$

2. При добавлении заказа в оверлейную сеть актора

1. если в оверлейной сети u_j избыток заказов
2. если во всех оверлейных сетях достаточно заказов
3. скрываем новый заказ w_i
4. иначе
5. цикл по всем заказам в оверлейной сети w_l
6. цикл по акторам с неполной оверлейной сетью u_k
7. определяем минимальное значение функции (2) относительно заказа w_l и актора u_k
8. выводим выбранный заказ w_l из оверлейной сети u_j
9. вводим выбранный заказ w_l в оверлейную сеть выбранного актора u_k
10. обновление маршрута оверлейной сети u_j

3. При обработке/выходе заказа

1. если в оверлейной сети актора u_j недостаточно заказов
2. цикл по скрытым заказам w_l
3. Определяем значение (2) для заказа w_l и актора u_j
4. вводим заказ, получивший максимальное значение на шаге 3, в оверлейную сеть актора u_j ;

5. выводим заказ, получивший максимальное значение на шаге 3, и списка скрытых заказов;
6. обновление маршрута оверлейной сети актора u_j ;
4. При достижении порогового значения длительности ожидания заказа
 1. цикл по всем акторам u_k
 2. если заказ w_i не входит в оверлейную сеть актора u_k
 3. вводим заказ w_i в оверлейную сеть актора u_k ;
 4. обновление маршрута оверлейной сети актора u_k ;

Приложение Г. Акт о внедрении результатов диссертационной работы в ООО «НПК «Разумные решения»

«Утверждаю»

Генеральный директор

ООО «НПК «Разумные решения»,

д.т.н.



П.О. Скобелев

2013г.

А К Т

о внедрении результатов диссертационной работы
Пейсаховича Даниила Григорьевича

Комиссия в составе заместителя генерального директора Царева А.В., руководителя проекта Лада А.Н., директора аналитического центра Кожевникова С.С., ведущего аналитика, к.т.н. Симоновой Е.В. составила настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы Пейсаховича Даниила Григорьевича, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук и посвященной системному анализу и управлению интерактивной диспетчеризацией в едином информационном пространстве посреднического транспортного оператора, внедрены в ООО «НПК «Разумные решения».

Разработанные Пейсаховичем Д.Г. методы и алгоритмы управления интерактивной диспетчеризацией в едином информационном пространстве посреднического транспортного оператора были использованы в мультиагентных системах управления грузоперевозками в реальном времени в компаниях:

- ООО «Монополия» (г. Санкт-Петербург);
- ОАО «Лорри» (г. Екатеринбург);
- ЗАО «Пролоджикс» (г. Москва);
- Multi Solution OY (г. Оулу, Финляндия).

Использование методов и алгоритмов управления интерактивной диспетчеризацией позволило решить проблему назначения заявок на грузоперевозку на ресурсы сторонних организаций (субподрядчиков).

Перспективы развития методов и алгоритмов управления интерактивной диспетчеризацией связаны с реализацией SaaS-портала посреднической организации, использующей преимущественно сторонние ресурсы для выполнения заявок на грузоперевозку.

Заместитель генерального директора

А.В. Царев

Руководитель проекта

А.Н. Лада

Директор аналитического центра

С.С. Кожевников

Ведущий аналитик, к.т.н.

Е.В. Симонова

**Приложение Д. Акт о внедрении результатов диссертационной работы в
ООО «НПК «Сетецентрические Платформы»**

«Утверждаю»
Генеральный директор
ООО «НПК «Сетецентрические
Платформы» _____ Мочалкин А.Н.
«_____» _____ 2013г.



А К Т
о внедрении результатов диссертационной работы
Пейсаховича Даниила Григорьевича

Настоящим актом подтверждаем, что результаты диссертационной работы Пейсаховича Даниила Григорьевича, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук и посвященной системному анализу и управлению интерактивной диспетчеризацией в едином информационном пространстве посреднического транспортного оператора, внедрены в ООО «НПК «Сетецентрические Платформы».

Разработанные Пейсаховичем Д.Г. методы и алгоритмы управления интерактивной диспетчеризацией в едином информационном пространстве посреднического транспортного оператора успешно прошли апробацию и были внедрены в мультиагентных системах управления грузоперевозками в реальном времени.

Благодаря внедрению этих методов и алгоритмов была решена проблема управления процессом делегирования выполнения заявок на сторонние транспортные ресурсы.

Дальнейшее развитие методов и алгоритмов управления интерактивной диспетчеризацией должно обеспечить возможность реализации механизмов управления деятельностью транспортных компаний, не обладающих собственными транспортными ресурсами (SPL).

Заместитель генерального директора

А.В. Царев

Заместитель руководителя группы развития

А.И. Томей

Приложение Е. Акт об использовании результатов диссертационной работы в учебном процессе СГАУ

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе СГАУ

д.т.н., профессор



В.Н. Матвеев

« 1 »

2013 г.

АКТ

об использовании результатов научно исследовательской работы Пейсаховича Д.Г. на тему «Системный анализ и управление интерактивной диспетчеризацией в едином информационном пространстве посреднического транспортного оператора» в учебном процессе ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»

Мы, нижеподписавшиеся, начальник учебного отдела Демина Т.М., заведующий кафедрой информационных систем и технологий Прохоров С.А., доцент кафедры информационных систем и технологий Иващенко А.В. и доцент кафедры информационных систем и технологий Куликовских И.М. составили настоящий акт о том, что результаты научно исследовательской работы Пейсаховича Д.Г. использованы в учебном процессе кафедры информационных систем и технологий, а именно:

1. модель, методы и алгоритмы интерактивной диспетчеризации;
2. компьютерная имитационная дискретно-событийная модель посреднического транспортного оператора;

Вышеперечисленные результаты включены в курс лекций «Проектирование автоматизированных систем обработки информации и управления», а также используются при выполнении курсовых и дипломных проектов и работ и учебной практике студентов.

Начальник учебного отдела

Т.М. Дёмина

Заведующий кафедрой
информационных систем и технологий,
д.т.н., профессор

С.А. Прохоров

Доцент кафедры
информационных систем и технологий,
д.т.н.

А.В. Иващенко

Доцент кафедры
информационных систем и технологий,
к.т.н.

И.М. Куликовских