



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



СПб
ФИЦ
РАН

Санкт-Петербургский
Федеральный исследовательский центр
Российской академии наук



Семинар «Информатика и автоматизация»

Хасанов Дмитрий Салимович

Лаборатория интеллектуальных систем

тема диссертационного исследования

«Разработка метода интеллектуального планирования перегрузочно-складских операций на морском контейнерном терминале»

Направленность: 2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»

Научный руководитель: д.т.н., проф. Искандеров Ю.М..
г. Санкт-Петербург, 2026 г.



Актуальность исследований

1. Актуальность

Усложнение структурно-функциональной организации транспортных систем (ТС) привело к дисфункции действующих управленческих механизмов, неспособных обеспечить целостность единого информационного пространства (ЕИП). Наблюдаются системные ограничения в оперативном сборе, верификации и анализе релевантных данных о параметрах ТС, что обусловлено критически низкой степенью интеграции перспективных информационно-аналитических технологий в инфраструктуру управления. Одним из существенных факторов в эффективной организации процессов управления, планирования и контроля выполнения основных целей ТС, обеспечения современных требований снижения эксплуатационных затрат и повышения уровня качества транспортных услуг является создание интегрированных информационных систем (ИИС), направленных на решение комплекса задач по реализации жизненного цикла транспортных систем. Мультиагентный подход, положенный в основу формирования ИИС позволит кардинальным образом модернизировать организацию процессов функционирования транспортных систем. Ожидаемый результат такого подхода - высокая эффективность, гибкость и надежность функциональных подсистем и их системы управления в целом, способность обеспечить высокий уровень качества транспортных услуг, и как следствие, высокую конкурентоспособность на отечественном и мировом рынках.



Актуальность исследований

1. Актуальность

Диссертационное исследование сфокусировано на разработке методов оптимизации управления эксплуатацией специализированных портово-терминальных комплексов морского базирования, интегрированных в контейнерную транспортно-технологическую систему. Объектом анализа выступает система оперативного грузораспределения морских контейнерных терминалов, которая структурно представлена как совокупность функциональных элементов — объектов морского транспорта (флот, погрузочно-разгрузочные платформы) и наземной инфраструктуры (складские хабы, транспортные узлы); и функциональных связей — логистических взаимосвязей, обеспечивающих синхронизацию грузопотоков на этапах транспортировки. Разработка моделей управления информационными ресурсами транспортных систем в условиях интеграции функциональных процессов, позволит оптимизировать планирование перегрузочно-складских операций на морском контейнерном терминале и обеспечить рост количества обрабатываемых заявок, снизить временные затраты на процессах разгрузки/ погрузки. Тема является актуальной научной задачей, решению которой посвящено данное диссертационное исследование.



Цели и задачи исследования

- 1. Целью диссертационной работы** является повышение эффективности поддержки принятия решений по управлению ресурсами транспортных систем в условиях интеграции функциональных процессов, а именно сокращение времени планирования транспортно-технологических операций на морском терминале за счет разработки и использования релевантных мультиагентных моделей и многокритериальной оптимизации.
- 2. Задачи**
 1. Системный анализ предметной области, оценка возможностей использования мультиагентных технологий в условиях интеграции транспортно-технологических процессов.
 2. Разработка критериев и математической модели с ограничениями, учитывающими требования нормативно-правовой документации, существующими информационными технологиями и физическими особенностями существующих средств погрузки/разгрузки на контейнерных терминалах.
 3. Разработка и оценка качества релевантных мультиагентных моделей управления информационными ресурсами транспортных систем.
 4. Разработка метода планирования заявок, особенностью которого является сочетание возможностей разработанных мультиагентных моделей с преимуществами технологии современной оптимизации.



Научная новизна

Научная новизна исследования состоит в следующем:

1. Разработаны модели интеллектуального планирования, отличающиеся от известных использованием мультиагентного подхода для распределения складированных ресурсов и эвристических правил смещения сроков начала выполнения работ.
2. Разработана методика системного анализа и оценки уровня автоматизации контейнерных терминалов на основе многокритериального подхода, учитывающего географические, технико-эксплуатационные и организационные факторы
3. Разработан метод интеллектуального планирования задач для контейнерного терминала с использованием мультиагентного имитационного моделирования, отличающийся сокращением времени принятия решений по распределению заявок на основе интеграции с терминальной операционной системой.
4. Разработан гибридный алгоритм оптимизации планирования работ на контейнерном терминале, сочетающий методы генетического алгоритма, линейного назначения и адаптивного поиска, обеспечивающий повышение производительности оборудования и эффективное управление энергопотреблением парка автоматизированных транспортных средств.



Положения, выносимые на защиту

1. Модели и метод интеллектуального планирования, основанного на использовании мультиагентного подхода для распределения ресурсов и эвристических правил в условиях интеграции функциональных процессов транспортных систем.
2. Комплексная математическая модель интегрированных операций контейнерного терминала, использующая постановку решаемой задачи в форме задачи смешанного целочисленного программирования (MILP), позволяющая совместно оптимизировать назначение мест хранения, расписание кранов и маршруты автоматизированных транспортных средств.
3. Гибридный алгоритм оптимизации планирования работ на контейнерном терминале, сочетающий методы генетического алгоритма, линейного назначения и адаптивного поиска, обеспечивающий повышение производительности оборудования и эффективное управление энергопотреблением парка автоматизированных транспортных средств.



Пример функционирования контейнерного терминала(КТ)

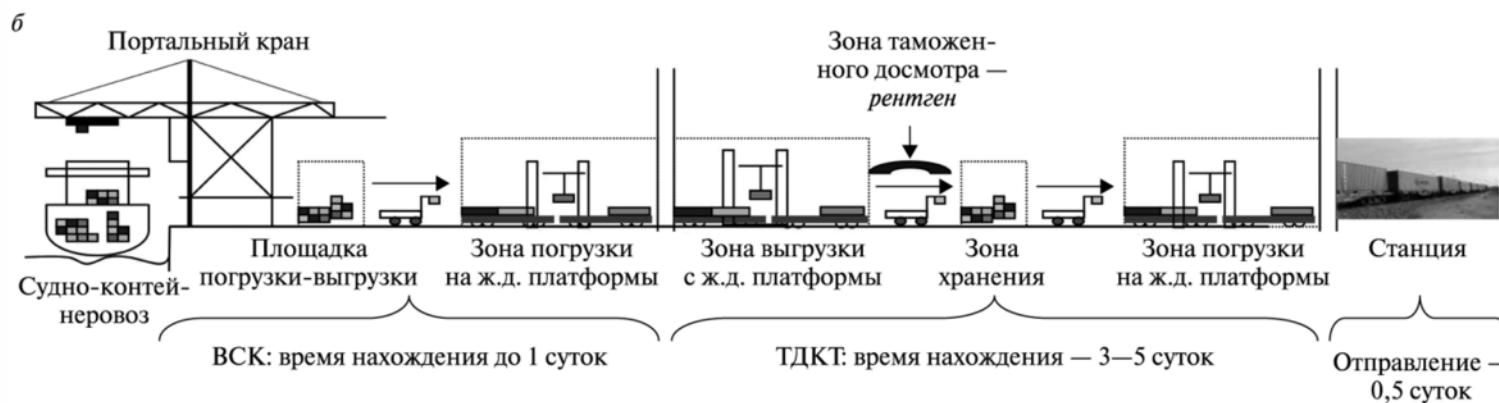




Схема функционирования контейнерного терминала(КТ)





TOS (Terminal Operation System)

Наполненность терминала - Sea Terminal / Администратор / Управление контейнерным терминалом - приложение для автоматизации деятельности морского ко... (ИС.Предприятие)

Наполненность терминала

Сформировать отчет

Настройки

Период: 01.10.2014 16:24:17

Фильтры

Контейнеры: ... X

Типы контейнеров: ... X

Судоходы: ... X

Владелец: ... X

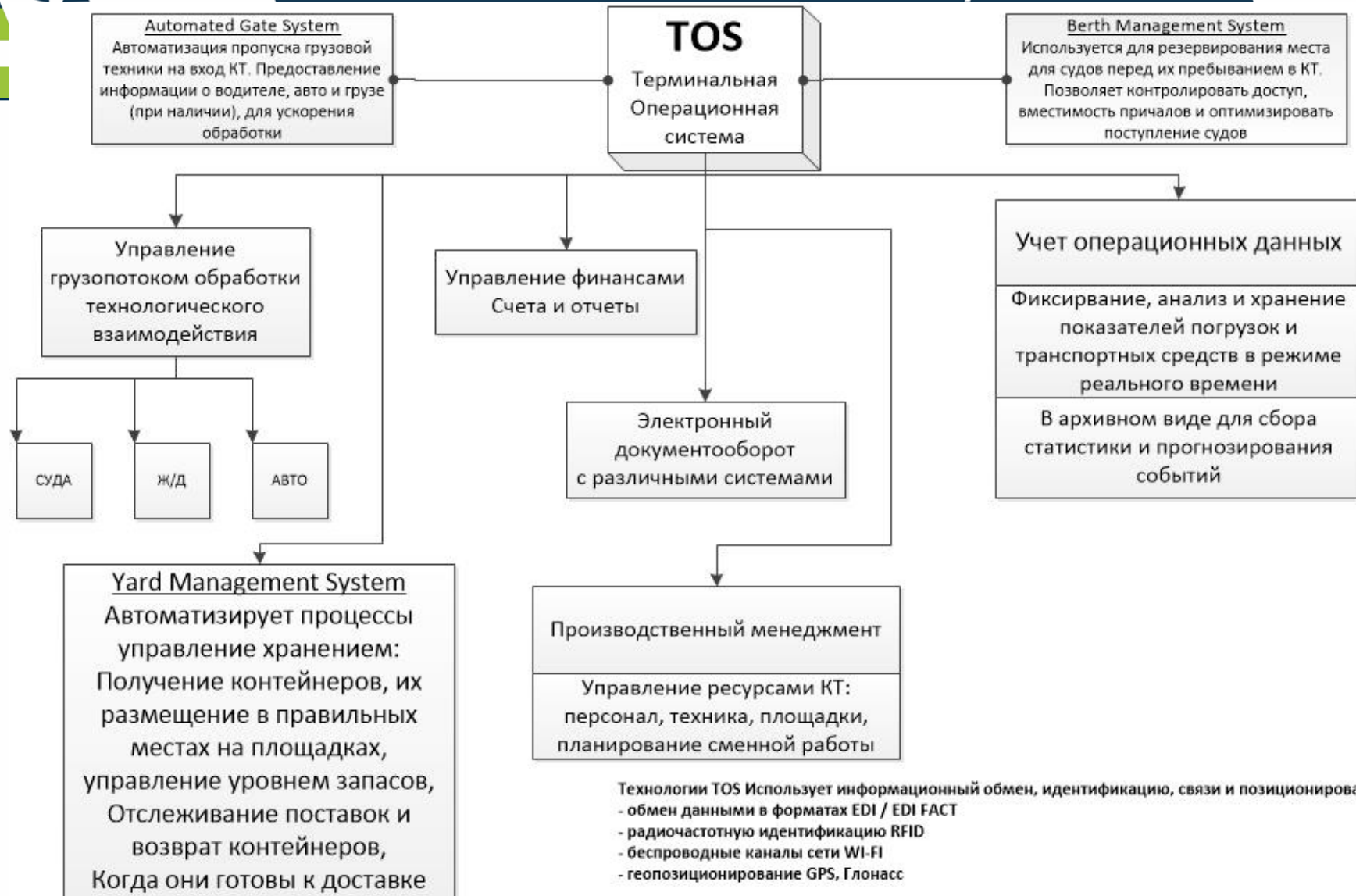
Направление: ... X

Отображать порожние: Отображать груженные:

Краткий отчет

| Площадка / Зона / Тип / Пустой | Общая емкость, TEU | Факт TEU | Контейнер | Факт шт. | % зап. |
|---|--------------------------|-------------|-----------|-------------|--------|
| Итого | 3 128 | 734 | | 397 | 23,47 |
| | | 499 | | 272 | 0,00 |
| | | 499 | | 272 | 0,00 |
| 40HC | | 208 | | 104 | |
| 40DC | | 128 | | 64 | |
| 20DC | | 38 | | 38 | |
| 40DC | | 8 | | 4 | |
| 45WC | | 8 | | 4 | |
| 4NGP (40HCPW) | | 40 | | 20 | |
| 2000 | | 7 | | 7 | |
| 4000 | | 42 | | 21 | |
| 4500 | | 8 | | 4 | |
| 4510 | | 2 | | 1 | |
| 45GP | | 2 | | 1 | |
| 42GP | | 4 | | 2 | |
| 45RE | | 4 | | 2 | |
| | 176 | 08 | | 60 | 30,16 |

Ярус1: Зеленовато-желтый (Chartreuse) Ярус2: Аквамарин (Aquamarine) Ярус3: Желтый (Yellow)
Ярус4: Темно-оранжевый (DarkOrange) Ярус5: Красный (Red) Ярус6: Фиолетовый (Violet)

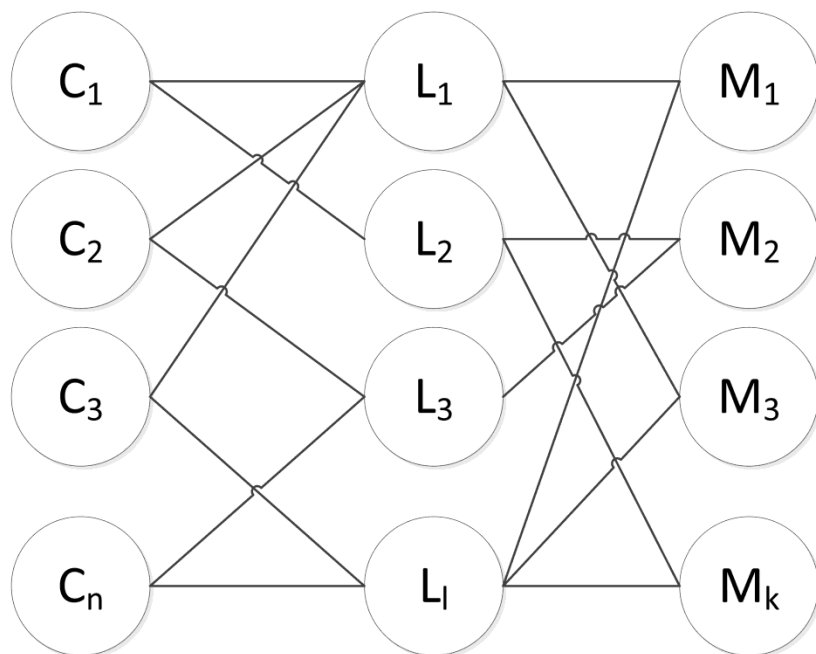




ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

 $C_1 \dots C_n$
 $L_{i1} \dots L_{il}$
 $M_{i1} \dots M_{ik}$

$$X_{ij} = (L_{i1}; M_{ilk})$$



Для решения поступающих задач c_i (заявок/контейнеров) $i = \overline{1, n}$ имеется множество алгоритмов (технологических операций) $\tilde{L} = \{L_1, \dots, L_p\}$, $p \leq n$. Каждый из алгоритмов может быть реализован m_k методами, т.е. для каждой C_l можно записать множество упорядоченных пар (операция-метод) $L_l = \{(i, j)\}$, $i = \overline{1, p}$, $j = \overline{1, m_k}$, где любая пара $(i, j) \in L_l$, описывает метод решения задачи C_l . Каждый из методов (i, j) характеризуется различными параметрами и условиями реализации



Целевая функция

Цель - сокращение времени планирования транспортно-технологических операций на морском терминале за счет разработки и использования релевантных мультиагентных моделей и многокритериальной оптимизации

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & , \text{если алгоритм } L_i \in \tilde{L} \text{ обработки заявки } c_i \in C \\ & \text{реализуется } j - \text{м методом} \\ 0 & \text{в противном случае} \end{cases}$$

При логических условиях существования единственного места для реализации груза

$$\sum_{j=1}^{m_k} x_{ij} = 1, i = \overline{1, n}$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_k} (a_{ij} + h_{ij} + b_{ij}) x_{ij} \rightarrow \min$$

При временных ограничениях на реализацию алгоритмов

$$\sum_{l=1}^u \sum_{i \in C_l} \sum_{j=1}^{m_k} \bar{t}_{ij} g_i \leq T_l, l = \overline{1, u}$$

Каждый из методов (i, j) характеризуется различными параметрами и условиями реализации, временем на передвижение на места в КТ - a_{ij} ; временем на передвижение в/из буферной зоны b_{ij} ; временем на передвижение по транспортным коридором h_{ij} ; количеством $r_{ij}^{(k)}$ ресурса k , где под ресурсами будет пониматься габариты, массу, стоимость, число используемых ячеек или панелей, потребляемую мощность и т.д.

Здесь \bar{t}_{ij} – математическое ожидание времени реализации операции $i, j - m$ методом; g_i – относительная частота появления контейнера типа i ; T_l – максимально допустимое время выполнения задачи, имеющих l -й приоритет



Положение № 1

Модели и метод интеллектуального планирования, основанного на использовании мультиагентного подхода для распределения ресурсов и эвристических правил в условиях интеграции функциональных процессов транспортных систем.



Модели и метод интеллектуального планирования

Автоматизация помогает оптимизировать размер автопарка с учетом повышенной загрузки.

AGV или Lift AGV являются альтернативой дизель-электрическим приводам и обеспечивают:

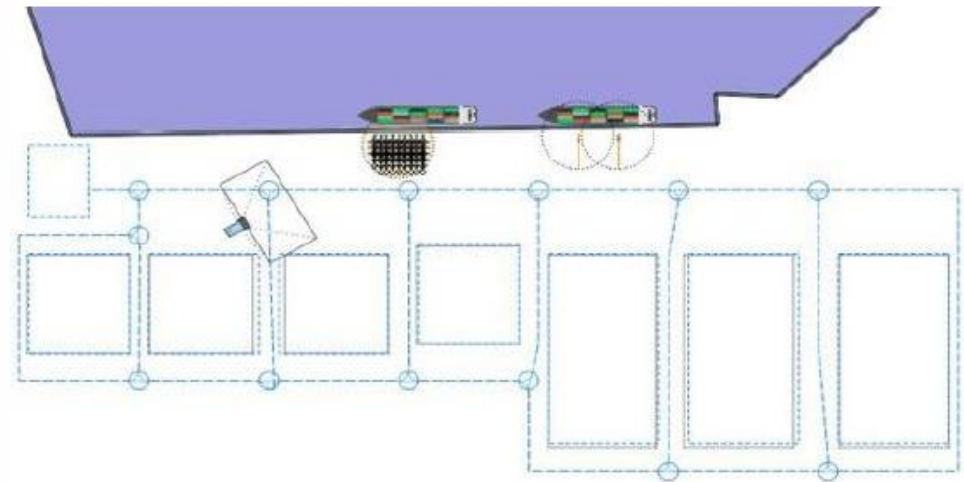
- Снижение затрат на техническое обслуживание за счет упрощения процесса обслуживания;
- Снижение необходимого ресурса
- Увеличение рабочего времени терминала
- Низкое энергопотребление благодаря высокоэффективным приводам с батарейным питанием;
- Устранение выбросов загрязняющих веществ в терминале, низкий уровень шума;

Для имитационного моделирования был выбран вариант характеристик AGV погрузчика, поскольку в рассматриваемом случае является наиболее предпочтительным.



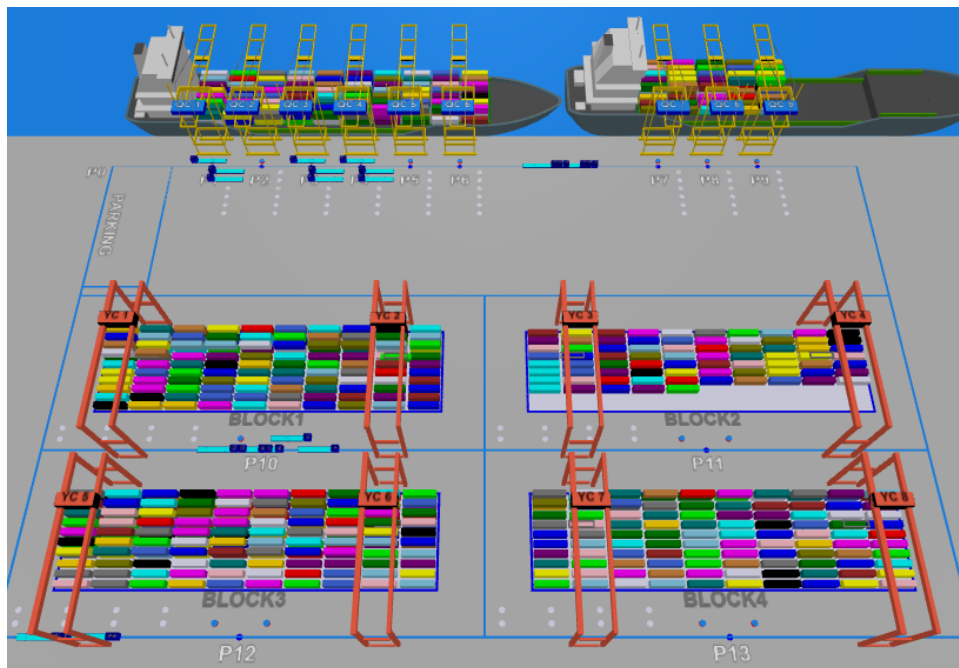
Имитационная модель перегрузки на контейнерном терминале

- Полученные результаты показывают, что имитационное моделирование является эффективным способом для непрерывного проведения статистического эксперимента, главной возможностью которого является получение быстрых релевантных оценок, соответствующих цели исследования. При этом, главным критерием достоверности выполненного имитационного моделирования будет служить степень адекватности исследуемой системе, которая достигается за счет использования максимально подробных и реалистических данных, описывающих входные характеристики.

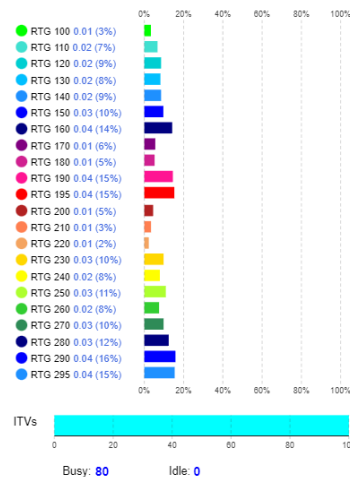




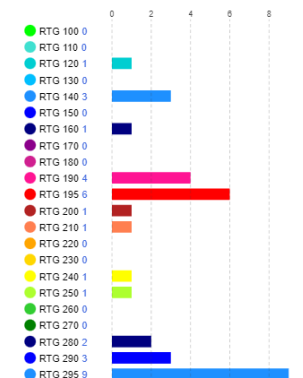
Модели интеллектуального планирования



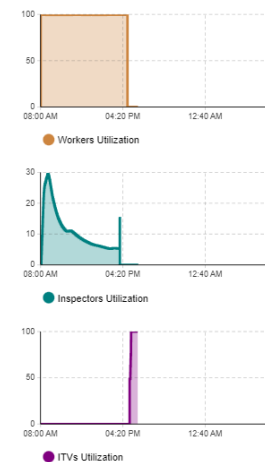
Resource Utilization



Queue Length

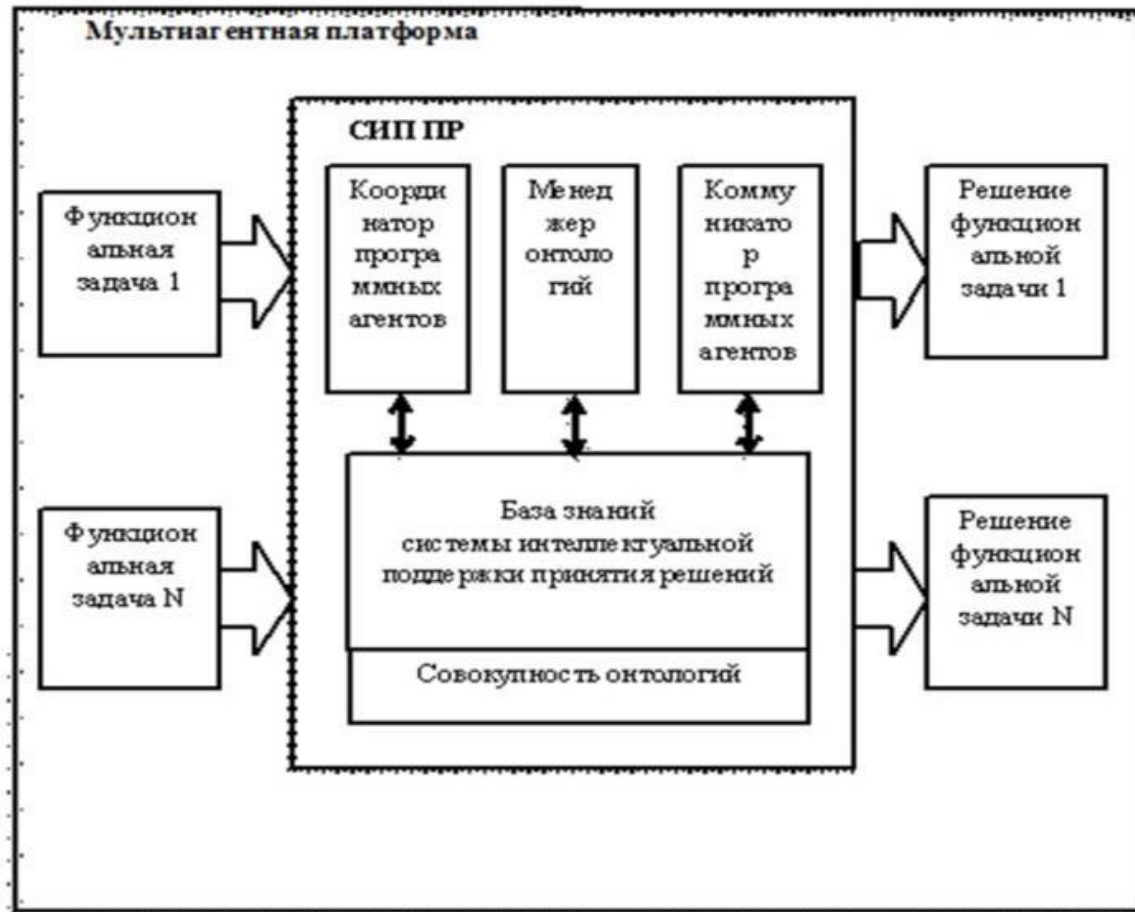


Time Series Resource Utilization



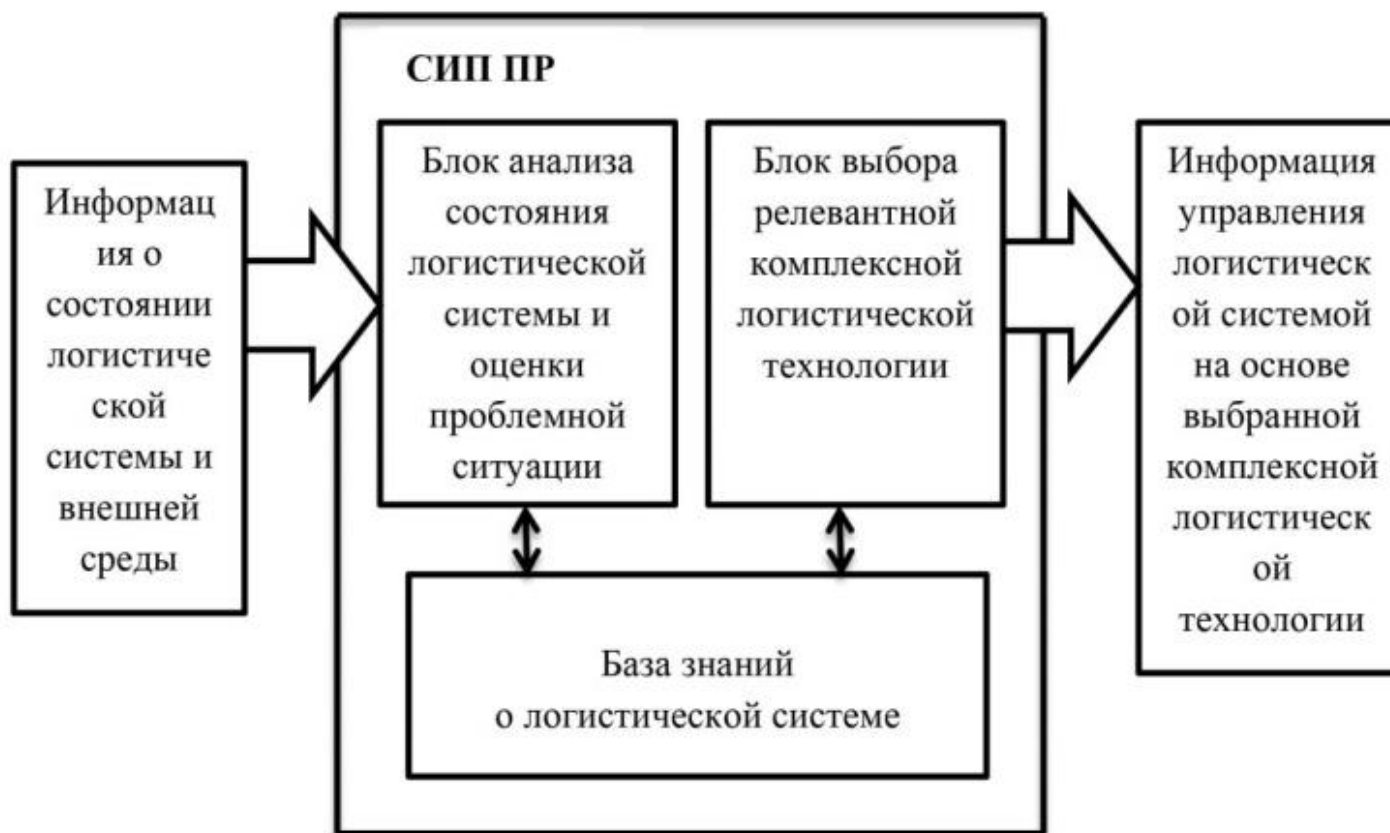


Метод интеллектуального планирования





Метод интеллектуального планирования





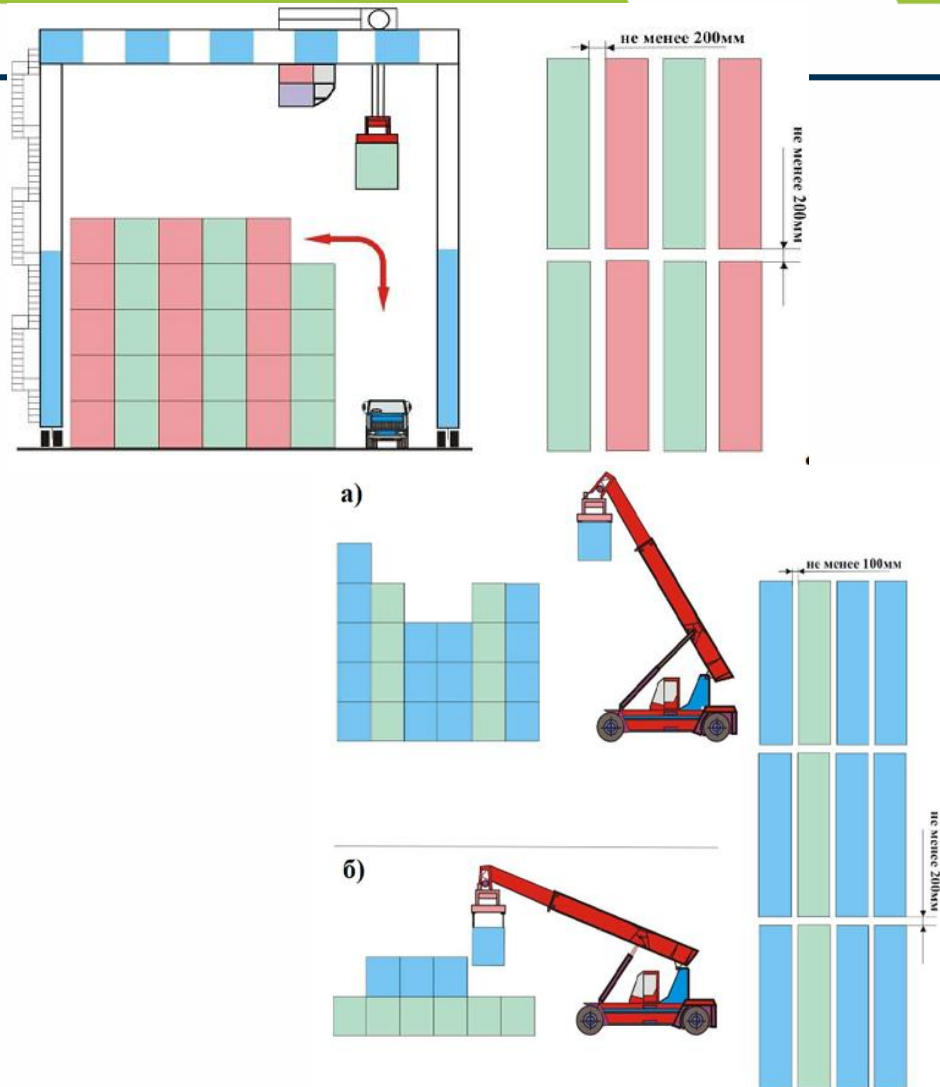
Положение № 2

Комплексная математическая модель интегрированных операций контейнерного терминала, использующая постановку решаемой задачи в форме задачи смешанного целочисленного программирования (MILP), позволяющая совместно оптимизировать назначение мест хранения, расписание кранов и маршруты автоматизированных транспортных средств.



Правила обработки контейнеров на КТ

- Штабель формируется до 5 ярусов по высоте (в зависимости от технических характеристик автопогрузчика)
- Штабель с порожними контейнерами до 6 ярусов по высоте
- Штабель с рефрижераторными контейнерами от 2 до 4 ярусов по высоте на отдельной площадке с подключением к инженерным сетям питания
- При погрузке спредером с цепями с захватами для фитингов в 1-2 ярус по высоте с созданием уступа в один контейнер
- 40 – футовые контейнеры устанавливаются отдельно от 20 – футовых контейнеров в свои штабеля
- Порожние контейнеры хранятся в отдельной зоне





Переменные модели управления инф. ресурсами на КТ

- $x_{i,k} \in \{0,1\}$; входящий груз i закреплен за складом k
- $z_{i,j}^q \in \{0,1\}$; груз j обрабатывается сразу после груза i с помощью козлового крана (КК) q
- $qz_{i,j} \in \{0,1\}$; груз j обрабатывается КК после груза i
- $v_{i,j}^c \in \{0,1\}$; груз j обрабатывается сразу после груза i с помощью грузовика / погрузчика c
- $sqc_i \geq 0$; время начала перевозки груза i козловым краном
- $sync_i \geq 0$; время начала перевозки груза i портальным краном
- $t_i \geq 0$; время в пути с грузом для грузовиков / погрузчиков
- $sy_{i,j} \geq 0$; время крана в пути от точки i до точки j
- $Cmax_s$; время последнего обработанного контейнера на судне s

$$\min \sum_{s \in S} Cmax_s$$

Целевая функция минимизирует время завершения работы по каждому судну.



Модель управления информационными ресурсами на КТ

$$\bullet \quad \text{Стax}_s \geq w_s(sqc_i + Q_i) \quad \forall s \in S, \forall i \in C_l^S \quad (1-02)$$

$$\bullet \quad \text{Стax}_s \geq w_s(syc_i + Y_i) \quad \forall s \in S, \forall i \in C_u^S \quad (1-03)$$

Ограничения (1-02 и 1-03) определяют время завершения работы по каждому судну. Входящие грузы начинают свою работу на кране и заканчивают на погрузчике, в то время как исходящие грузы следуют в обратном порядке.

$$\bullet \quad \sum_{i \in C_u} x_{i,k} \leq 1 \quad \forall k \in L_u \quad (1-04)$$

Ограничение (1-04) выражает, что в каждом доступном блоке хранения находится не более одного груза.

$$\bullet \quad \sum_{k \in L_u} x_{i,k} = 1 \quad \forall i \in C_u \quad (1-05)$$

Ограничение (1-05) гарантирует, что каждому входящему грузу будет назначен свободная ячейка для хранения. Все контейнеры одного отправления назначаются одному блоку.



Модель управления информационными ресурсами на КТ

- $\sum_{j \in C^N} z_j^q = 1 \quad \forall q \in \text{ПК} \quad (1-06)$

- $\sum_{j \in C^N} v_j^c = 1 \quad \forall c \in \text{КК} \quad (1-07)$

Ограничения (1-06 и 1-07) назначают первые отправки каждому QC и YC.

- $\sum_{j \in C^0} z_i^q = 1 \quad \forall q \in \text{ПК} \quad (1-08)$

- $\sum_{j \in C^0} v_i^c = 1 \quad \forall c \in \text{КК} \quad (1-09)$

Ограничения (1-08, 1-09) делают то же самое для последних отправок.

- $\sum_{q \in QC(i)} \sum_{j \in C^N} z_{i,j}^q = 1 \quad \forall i \in C, i \neq j \quad (1-10)$

Ограничение (1-10) гласит, что каждый груз обрабатывается ровно одним отвечающим требованиям QC.



Модель управления информационными ресурсами на КТ

$$\bullet \sum_{j \in C^N} v_{i,j}^{YC(k)} = x_{i,k} \quad \forall k \in L_u, \quad \forall i \in C_i, \quad i \neq j \quad (1-11)$$

$$\bullet \sum_{j \in C^N} v_{i,j}^{YC(l_i)} = 1 \quad \forall i \in C_i, \quad i \neq j \quad (1-12)$$

Ограничения (1-11 и 1-12) гарантируют, что каждый груз будет обрабатываться одним краном. В ограничении (1-12) блоки складов известны в начале горизонта планирования для исходящих грузов и они напрямую назначаются на определенные краны.

$$\bullet \sum_{j \in C^0} z_{j,i}^q - \sum_{j \in C^N} z_{i,j}^q = 0 \quad \forall i \in C, \quad \forall q \in QC \quad (1-13)$$

$$\bullet \sum_{j \in C^0} v_{j,i}^c - \sum_{j \in C^N} v_{i,j}^c = 0 \quad \forall i \in C, \quad \forall c \in YC \quad (1-14)$$

Ограничения (1-13 и 1-14) гарантируют, что грузы будут обрабатываться в четко определенной последовательности каждым погрузочно-разгрузочным оборудованием.

$$\bullet t_i = \sum_{k \in L_u} (tt_k * x_{i,k}) \quad \forall i \in C_u \quad (1-15)$$

Ограничение (1-15) определяет время транспортировки грузовиком / погрузчиком для входящих грузов.



Модель управления информационными ресурсами на КТ

$$\bullet \quad sy_{i,j} = \sum_{m \in L_u} (t_{yc_{m,l,j}} * x_{i,m}) \quad \forall i \in C_u, \forall j \in C_l \quad (1-16)$$

$$\bullet \quad sy_{i,j} = \sum_{m \in L_u} \sum_{l \in L_u} (t_{yc_{m,l}} * x_{i,m} * x_{j,l}) \quad \forall i, j \in C_u \quad (1-17)$$

$$\bullet \quad sy_{i,j} = \sum_{m \in L_u} (t_{yc_{l,m,i}} * x_{j,m}) \quad \forall j \in C_u, \forall i \in C_l \quad (1-18)$$

Ограничения (1-16 и 1-18) определяют время порожнего движения козлового крана в соответствии с назначением грузового места в блоках.

$$\bullet \quad sqc_i + M(1 - z_{i,j}^q) \geq sqc_i + Q_i + eqc_{i,j} \quad \forall i, j \in C, \forall q \in QC \quad (1-19)$$

$$\bullet \quad suc_j + M(1 - v_{i,j}^c) \geq suc_i + Y_i + sy_{i,j} \quad \forall j \in C, \forall i \in C_l \forall c \in YC \quad (1-20)$$

$$\bullet \quad suc_j + M(1 - v_{i,j}^c) \geq suc_i + Y_i + sy_{i,j} \quad \forall j \in C_u, \forall i \in C_l \forall c \in YC \quad (1-21)$$

$$\bullet \quad suc_j + M(1 - v_{i,j}^c) \geq suc_i + Y_i + euc_{i,j} \quad \forall i, j \in C_l, \forall c \in YC \quad (1-22)$$

Ограничения (1-19 - 1-22) определяют связь между временем начала транспортировки двух последовательных отправок, обрабатываемых одним и тем же погрузочно-разгрузочным оборудованием.



Модель управления информационными ресурсами на КТ

- $sqc_i \geq syc_i + Ytime_i + tyt_i \quad \forall i \in C_l \quad (1-23)$

- $syc_i \geq sqc_i + Qtime_i + t_i \quad \forall i \in C_u \quad (1-24)$

Ограничения (1-23 и 1-24) - это ограничения очередности для каждого груза, основанные на времени обработки первого контейнера, которые опять же различны для входящих и исходящих грузов.

- $sqc_i + Q_i - sqc_j \leq M(1 - qz_{i,j}) \quad \forall i, j \in C \quad (1-25)$

Ограничение (1-25) гарантирует, что если груз i предшествует грузу j на кране, то груз j не может поступить в работу на этом кране до тех пор, пока не закончится груз i .

- $\sum_{u \in C^0} z_{u,i}^v + \sum_{u \in C^0} z_{u,i}^w \leq 1 + qz_{i,j} + qz_{j,i} \quad \forall (i, j, v, w) \in \theta \quad (1-26)$

Ограничение (1-26) гарантирует, что грузы, которые потенциально могут мешать друг другу, не могут обрабатываться одновременно на любом кране.



Модель управления информационными ресурсами на КТ

$$\bullet \quad sqc_i + Q_i + \Delta_{i,j}^{v,w} - sqc_j \leq (3 - qz_{i,j} - \sum_{u \in C^0} z_{u,i}^v - \sum_{u \in C^0} z_{u,j}^w) \quad (1-27)$$
$$\forall (i, j, v, w) \in \theta$$

Ограничение (1-27) накладывает минимальное временное расстояние между обработкой таких грузов, которое соответствует времени, необходимому оборудованию для перемещения в безопасное место.

$$\bullet \quad sqc_j \geq sqc_i \quad \forall i, j \in P \quad (1-28)$$

Ограничения (1-28) используются для того, чтобы груз j если он находится под грузом i , обеспечивает баланса судна во время работы.



Метод планирования работ в контейнерном терминале

| Название | Измерение | |
|-----------------------|----------------------------|-----------------------|
| Причал | Длина | 1000 м |
| | Ширина | 50 м |
| | Глубина | 10,5 м |
| Внутренний причал | Длина | 450 м |
| Контейнерный терминал | Площадь | 290000 м ² |
| | Вместимость | 34000 TEUs |
| | Рефрижераторные контейнеры | 250 шт |
| Зона хранения | Площадь | 10000 м ² |
| ЖД пути (2 полосы) | Длина | 420 м |
| Оборудование | | |
| Контейнерный кран | 12 шт | |
| Портальный кран | 33 шт | |
| Ричстакер | 6 шт | |
| Боковой погрузчик | 3 шт | |
| Вилочный погрузчик | 18 шт | |
| Грузовики | 80 шт | |
| Шасси для перевозки | 124 шт | |

- В поставленной задаче требуемая производительность погрузки-разгрузки составляет не менее 25 контейнеров/час. $\beta \geq 25$.

- Общий объем производства $\left(\frac{\text{шт}}{\text{час}}\right) = \alpha Q L \beta$

- ,где

- α - коэффициент оснащенности (%)

- Q - количество оборудования (ед. / км)

- L - Длина причала (км)

- β - нормальная средняя производительность погрузки/ разгрузки (шт/час)

-

- Средняя производительность $\left(\frac{\text{шт}}{\text{час}}\right) =$

Общий объем производства

n

- ,где

- n - количество эксплуатируемого оборудования



Метод планирования работ в контейнерном терминале

Этапы генетического алгоритма (Генерация - 1 / Итерация - 1).

а) Построение хромосом случайным образом:

Процесс рандомизации заключается в создании новой популяции в соответствии с определенным количеством итераций:

Шаг 1:

Конструирование хромосом случайным образом может быть выполнено с помощью команд случайной функции в программе для облегчения процесса рандомизации.

Шаг 2:

Вычисляет значение объективной функции $F(x)$ на каждой строке значения генов, используя формулу средней производительности.

$$F_{\text{ср}}\left(\frac{\text{шт}}{\text{час}}\right) = \frac{0,75 \cdot 2 \cdot 9 \cdot 25}{9} = 37,5 \text{ шт/час}$$

Шаг 3:

Вычисляем значение пригодности / оценку объективной функции ($F(x)$) по формуле

$$F_x = \frac{1}{f(x)}$$
$$F_x = \frac{1}{37.5} = 0.02667$$



Метод планирования работ в контейнерном терминале

$$p_i = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^N f_i}$$

,где

p_i – вероятность выбора особи

f_i – значение функции приспособленности

Проведение процесса выбора вероятности с помощью метода рулетки. Путем выбора случайного числа, сравниваемого с вероятностью, по формуле:

$r \leq p_i$

| Особь | F_x | $\frac{F_x}{\sum F_x}$ | p_i | r | Селекция |
|-------|---------|------------------------|-------------|--------|----------|
| K1 | 0,02667 | 0,153826819 | 0,153826819 | 0,8022 | 5 |
| K2 | 0.02 | 0,115370114 | 0,269196933 | 0,538 | 3 |
| K3 | 0.05 | 0,288425286 | 0,557622219 | 0,325 | 3 |
| K4 | 0.02963 | 0,170918688 | 0,728540907 | 0,1626 | 2 |
| K5 | 0.04706 | 0,271459093 | 1 | 0,9075 | 5 |



Метод планирования работ в контейнерном терминале

- Процесс отбора родителей

| Особь | r1 | r2 | r3 | родитель |
|-------|---------|----------|-----------|----------|
| K1 | 0.07232 | 0,004723 | 0,937434 | R2 |
| K2 | 0.82334 | 0,003423 | 0,30233 | R2 |
| K3 | 0.90232 | 0,120348 | 0,7382 | |
| K4 | 0.00134 | 0,150001 | 0,212394 | R1 |
| K5 | 0.01183 | 0,035435 | 0,4385486 | |

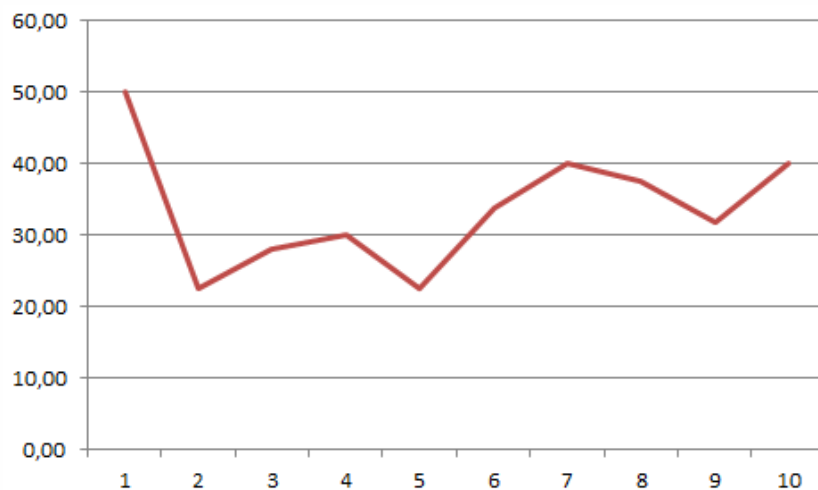
- Мутационный процесс.

| Особь | GEN-1 | GEN-2 | GEN-3 | Средняя производительность |
|-------|-------|-------|-------|----------------------------|
| K1 | 0.8 | 4 | 2,5 | 50 |
| K2 | 0.8 | 14 | 1 | 20 |
| K3 | 0.8 | 12 | 1 | 20 |
| K4 | 0.9 | 7 | 1 | 22,5 |
| K5 | 0.85 | 7 | 1 | 21.25 |



Метод планирования работ в контейнерном терминале

| Итерация | Количество оборудования (шт) | Длина причала (км) | Оптимизация (шт/час) |
|----------|------------------------------|--------------------|----------------------|
| 1 | 4 | 2,5 | 50,000 |
| 2 | 7 | 1,0 | 22,500 |
| 3 | 7 | 1,5 | 28,125 |
| 4 | 7 | 1,5 | 30,000 |
| 5 | 8 | 1,0 | 22,500 |
| 6 | 9 | 1,5 | 33,750 |
| 7 | 8 | 2,0 | 40,000 |
| 8 | 9 | 2,0 | 37,500 |
| 9 | 9 | 1,5 | 31,875 |
| 10 | 9 | 2,0 | 40,000 |





Положение № 3

Гибридный алгоритм оптимизации планирования работ на контейнерном терминале, сочетающий методы генетического алгоритма, линейного назначения и адаптивного поиска, обеспечивающий повышение производительности оборудования и эффективное управление энергопотреблением парка автоматизированных транспортных средств.



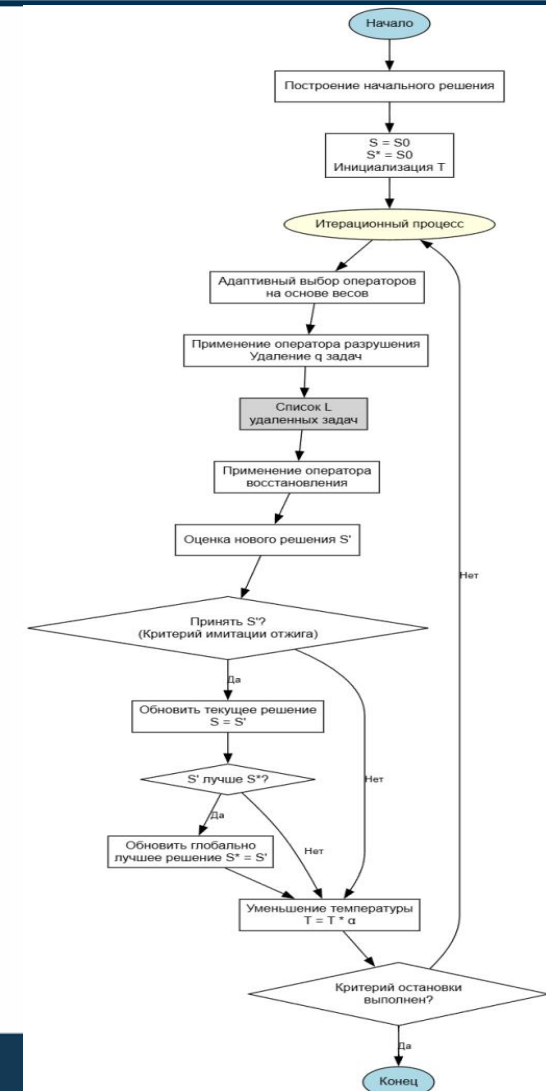
Гибридный алгоритм оптимизации планирования работ на контейнерном терминале

- Приведен метод планирования работ в контейнерном терминале с применением генетического алгоритма и адаптивных методов оптимизации, как часть результата разработки метода интеллектуального планирования работ в контейнерном терминале.
- Смоделированная интегрированная проблема является NP-трудной и содержит большое количество переменных и ограничений. Поэтому предлагается эвристический алгоритм адаптированный для учета специфики интеграции.



Гибридный алгоритм оптимизации планирования работ на контейнерном терминале

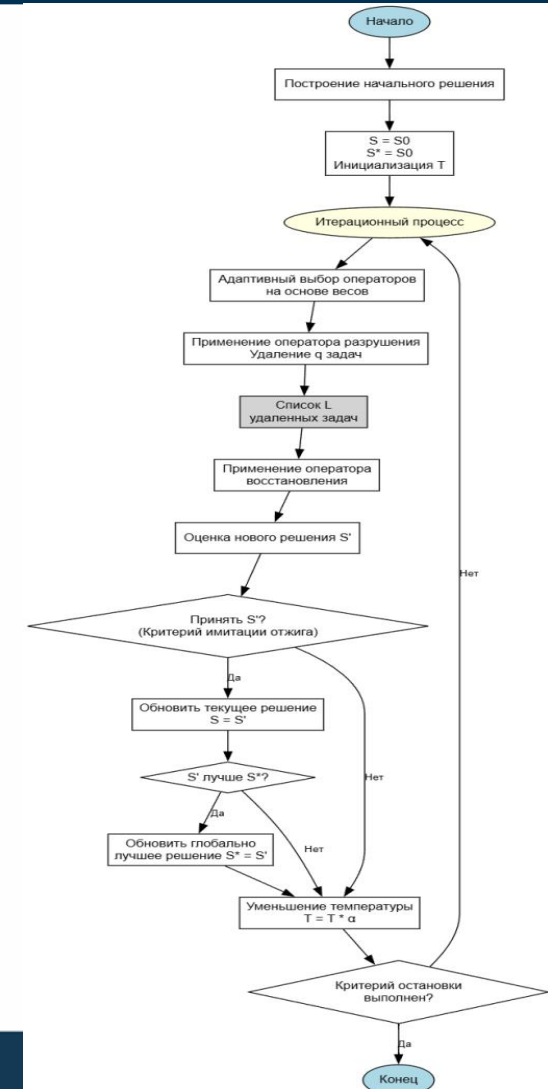
- Подход к кодированию решений отражает комплексный характер проблемы. Хромосома представляет собой последовательность всех задач погрузки и разгрузки. Каждая задача в хромосоме содержит атрибуты, унаследованные от QCSP (какой кран ее инициировал, временное окно) и местом в штабеле контейнерного терминала (BAP) (начальная и конечная точка). В процессе декодирования эти задачи назначаются конкретным AGV, а алгоритм динамически вставляет в маршруты задачи замены аккумуляторов, исходя из текущего уровня заряда и локации AGV (например, или в направлении станции замены).
- Для эффективного исследования пространства решений интегрированной задачи разработаны операторы, которые учитывают не только последовательность задач AGV, но и их связь с другими подсистемами.





Гибридный алгоритм оптимизации планирования работ на контейнерном терминале

- Процесс декодирования хромосомы в исполняемый план является ключевым этапом алгоритма. Назначение задач AGV происходит с учетом их текущей локации и состояния. Для каждого AGV строится маршрут последовательно: из текущей позиции AGV назначается следующая задача в хромосоме, для которой данный AGV является ближайшим доступным ресурсом. Это создает предварительный план перемещений.
- Для эффективного исследования сложного пространства решений разработан набор специализированных генетических операторов, которые работают не только с последовательностью задач, но и с их атрибутами, унаследованными от QCSP и BAP.





Гибридный алгоритм оптимизации планирования работ на контейнерном терминале

Критериями оптимальности являются:

- Минимизация общего пробега: Станция замены выбирается так, чтобы отклонение от текущего маршрута было минимальным.
- Совмещение с другими задачами: Если маршрут AGV проходит вблизи станции замены, операция может быть запланирована заранее, без ожидания критического уровня заряда.
- Учет приоритетов: Высокоприоритетная задача погрузки/разгрузки может быть выполнена до замены батареи, если оставшегося заряда достаточно, что предотвращает простои критически важных операций.
- Оператор разрушения по наихудшему времени: Удаляет задачи с наибольшим временем ожидания, что напрямую способствует выполнению расписания QCSP и минимизации задержек судна.



Гибридный алгоритм оптимизации планирования работ на контейнерном терминале

Алгоритм использует адаптивный механизм для динамического выбора наиболее эффективных операторов разрушения/восстановления на каждой итерации. Для экспериментов были использованы линейный алгоритм, генетический алгоритм, гибридный ЛА и ГА и Гибридный алгоритм ЛА и ГА с адаптивным поиском

Веса операторов обновляются по формуле:

$$\omega_{i,j+1} = \begin{cases} (1 - \alpha) \cdot \omega_{i,j} + \alpha \cdot \frac{\pi_{i,j}}{\theta_{i,j}}, & \theta_{i,j} > 0 \\ \omega_{i,j}, & \theta_{i,j} = 0 \end{cases}$$

Где $\omega_{i,j}$ — вес оператора i на итерации j .

$\pi_{i,j}$ — "счет" оператора, начисляемый за нахождение нового глобального оптимума (σ_1), улучшения текущего (σ_2) или приемлемого худшего решения (σ_3).

$\theta_{i,j}$ — количество использований оператора.

α — коэффициент скорости регулировки веса.

Принцип гибридизации алгоритма состоит из нескольких фаз. Ключевая инновация системы - динамическое комбинирование алгоритмов на разных этапах решения:

- Фаза 1: Быстрое начальное решение методом линейного назначения
- Фаза 2: Эволюционное улучшение с учетом дополнительных критериев
- Фаза 3: Адаптивный поиск для интеграции планирования AGV
- Фаза 4: Интеграция и валидация окончательного решения
- Алгоритм использует адаптивный механизм для динамического выбора наиболее эффективных операторов разрушения/восстановления на каждой итерации.



Гибридный алгоритм оптимизации планирования работ на контейнерном терминале

- Оператор разрушения по наихудшему времени: Удаляет задачи с наибольшим временем ожидания, что напрямую способствует выполнению расписания QCSP и минимизации задержек судна.
- Оператор разрушения по схожести: Удаляет задачи, схожие по местоположению (связь с ВАР) и времени (связь с QCSP), что позволяет перераспределить их между AGV для более эффективного прохождения маршрутов. Значение схожести двух задач i, j вычисляется по формуле (59):

$$R(i, j) = \delta_1(d_{A(i),A(j)} + d_{B(i),B(j)}) + \delta_2|e_i - e_j| + \delta_3|L_i - L_j|$$

- где $A(i), B(i)$ представляют начальную и конечную позицию задачи i , а L_i — нагрузку контейнера задачи i . $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ — весовые коэффициенты приоритета.
- Жадный оператор восстановления и оператор восстановления по значению сожаления: Вставляют удаленные задачи обратно в маршруты, оценивая приращение к целевой функции, которое включает как энергозатраты, так и стоимость задержки, тем самым находя компромисс между интересами подсистемы AGV и общими целями терминала. Значение рассчитывается как:

$$c_i^* = \Delta f_{i2} - \Delta f_{i1}$$

- где Δf_{i1} и Δf_{i2} обозначают значение, добавленное к целевой функции после вставки задачи i в оптимальную и субоптимальную позиции соответственно.

Принцип гибридации алгоритма состоит из нескольких фаз. Ключевая инновация системы - динамическое комбинирование алгоритмов на разных этапах решения:

- Фаза 1: Быстрое начальное решение методом линейного назначения
- Фаза 2: Эволюционное улучшение с учетом дополнительных критериев
- Фаза 3: Адаптивный поиск для интеграции планирования AGV
- Фаза 4: Интеграция и валидация окончательного решения
- Алгоритм использует адаптивный механизм для динамического выбора наиболее эффективных операторов разрушения/восстановления на каждой итерации.



Гибридный алгоритм оптимизации планирования работ на контейнерном терминале

| Параметр | Описание | Значение |
|--------------------------------|---|----------|
| σ_1 | Счет за нахождение нового глобального оптимума | 6 |
| σ_2 | Счет за нахождение решения лучше текущего | 3 |
| σ_3 | Счет за принятие худшего, но допустимого решения | 1 |
| $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ | Весовые коэффициенты схожести (расстояние, время, вес) для оператора разрушения | 9, 3, 9 |
| v | Скорость охлаждения в имитации отжига | 20 |
| λ | Начальный температурный коэффициент | 0.05 |
| a | Коэффициент скорости регулировки веса операторов | 0.1 |

Для тестовой выборки были взяты имитационные данные для задач разной размерности. *Тестовые сценарии:*

- Малая задача: 50-100 контейнеров, 5-10 AGV
- Средняя задача: 200-500 контейнеров, 15-25 AGV
- Крупная задача: 1000-5000 контейнеров, 30-50 AGV
- Экстремальная задача: 10000+ контейнеров, 75+ AGV

Критерии оценки:

- Качество решения (процент успешных назначений)
- Время вычислений
- Эффективность использования AGV (пробег, зарядка)
- Устойчивость к изменениям входных данных
- Масштабируемость



Гибридный алгоритм оптимизации планирования работ на контейнерном терминале

- Тестовые сценарии:
- Малая задача: 50-100 контейнеров, 5-10 AGV
- Средняя задача: 200-500 контейнеров, 15-25 AGV
- Крупная задача: 1000-5000 контейнеров, 30-50 AGV
- Экстремальная задача: 10000+ контейнеров, 75+ AGV

Таблица эффективности на различных масштабах

| Масштаб | Линейный | Генетический | Гибридный (лин+ГА) | Гибридный адаптивным поиском |
|---------|---------------|--------------|-----------------------|------------------------------------|
| Малый | 98% (0.5с) | 95% (8с) | 99% (2с) | 99.5% (3с) |
| Средний | 92% (12с) | 93% (45с) | 96% (25с) | 97% (30с) |
| Крупный | 78% (180с) | 89% (240с) | 94% (210с) | 95% (250с) |
| Экстр. | Не выпол. | 85% (1200с) | 90% (800с) | 92% (900с) |



Гибридный алгоритм оптимизации планирования работ на контейнерном терминале

Результаты имитационного моделирования, согласно предоставленным данным, демонстрируют значительные улучшения по всем ключевым метрикам

Таблица анализа эффективности алгоритмов

| Критерий | Линейный | Генетический | Гибридный (лин+ГА) | Гибридный с адаптивным поиском |
|--|----------|--------------|--------------------|--------------------------------|
| Средний пробег AGV (км) | 12.5 | 10.8 | 9.2 | 7.8 |
| Количество экстренных зарядок | 8 | 5 | 3 | 1 |
| Время простоя из-за зарядки (ч) | 4.2 | 2.8 | 1.9 | 0.8 |
| % выполненных высокоприоритетных задач | 82% | 88% | 92% | 96% |
| Эффективность использования батареи | 65% | 72% | 78% | 85% |



СПб
ФИЦ
РАН

Санкт-Петербургский
Федеральный исследовательский центр
Российской академии наук



Результаты работы программы планирования



СПб
ФИЦ
РАН

Санкт-Петербургский
Федеральный исследовательский центр
Российской академии наук



Результаты работы программы планирования



СПб
ФИЦ
РАН

Санкт-Петербургский
Федеральный исследовательский центр
Российской академии наук



Результаты работы программы планирования



Заключение

- 1. Разработаны модели интеллектуального планирования**, отличающиеся от известных использованием мультиагентного подхода для распределения складированных ресурсов и эвристических правил смещения сроков начала выполнения работ.
- 2. Разработана методика системного анализа и оценки уровня автоматизации контейнерных терминалов** на основе многокритериального подхода, учитывающего географические, технико-эксплуатационные и организационные факторы
- 3. Разработан метод интеллектуального планирования задач для контейнерного терминала с использованием мультиагентного имитационного моделирования**, отличающаяся сокращением времени принятия решений по распределению заявок на основе интеграции с терминальной операционной системой.
- 4. Разработан гибридный алгоритм оптимизации планирования работ на контейнерном терминале**, сочетающий методы генетического алгоритма, линейного назначения и адаптивного поиска, обеспечивающий повышение производительности оборудования и эффективное управление энергопотреблением парка автоматизированных транспортных средств.
- 5. Сформулированы практические рекомендации по внедрению.** На основе полученных результатов сделаны выводы о целесообразности и экономической целесообразности внедрения разработанного метода в реальные производственные условия, что подтверждает практическую значимость работы.



Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы.

1. Дополнительные исследования в рамках масштабирования системы на крупные логистические кластеры, что требует перехода от централизованного управления к распределённой архитектуре, способной обрабатывать большие объёмы данных в реальном времени и обеспечивать отказоустойчивость.
2. Разработку распределённой версии гибридного алгоритма для кластерных вычислений, позволяющей параллельно оптимизировать подзадачи (расписание кранов, маршруты AGV, размещение контейнеров) на разных вычислительных узлах;
3. Интеграцию с IoT-сенсорами для мониторинга состояния оборудования (уровень заряда аккумуляторов, износ механизмов, температура рефрижераторных контейнеров) и динамической корректировки планов обслуживания;



Список публикаций по теме исследования

Опубликовано 25 статей (WoS/Scopus – 5 (включая 1 публикацию Q1-Scopus), ВАК – 8, РИНЦ – 10, ПрЭВМ - 3)

Статьи, опубликованные в изданиях, индексируемых в ВАК

1. **Хасанов, Д.С.** Модель смешанного целочисленного программирования с ограничениями для интегрированных операций контейнерных терминалов / Д. С. Хасанов // Информатизация и связь. – 2024. – № 1. – С. 70-75. – DOI 10.34219/2078-8320-2024-15-70-75. – EDN VTIOFA.
2. **Хасанов, Д. С.** Распределение ресурсов для контейнерных терминалов в реальном времени / Д. С. Хасанов // Информатизация и связь. – 2024. – № 4. – С. 70-77. – DOI 10.34219/2078-8320-2024-15-70-77. – EDN ERIGZN.
3. **D. S. Khasanov** Improving the efficiency of traffic management in a metropolis based on computer simulation / D. S. Khasanov, A. S. Svistunova // Computing, Telecommunications and Control. – 2021. – Vol. 14, No. 3. – P. 33-42. – DOI 10.18721/JCSTCS.14303. – EDN OEBQIQ.
4. **Хасанов, Д. С.** Развитие имитационного моделирования в рамках современных подходов машинного обучения и интернета вещей / Д. С. Хасанов, А. С. Косторнова // Информатизация и связь. – 2025. – № 4. – С. 90-97. – DOI 10.34219/2078-8320-2025-16-4-90-97. – EDN ZDPTIN.
5. Динамические отношения в задачах обработки знаний / А. С. Гейда, Л. Н. Федорченко, И. В. Афанасьева, **Д. С. Хасанов** // Вестник Бурятского государственного университета. Математика, информатика. – 2021. – № 3. – С. 39-61. – DOI 10.18101/2304-5728-2021-3-39-61. – EDN IVQBLA.
6. Концепция аналитического исследования цифровых технологий устойчивого развития / А. С. Гейда, И. В. Лысенко, А. С. Свистунова, Л. Н. Федорченко, **Д. С. Хасанов**// Фундаментальные исследования. – 2021. – № 10. – С. 15-19. – DOI 10.17513/fr.43102. – EDN QKCONI.



Список публикаций по теме исследования

Опубликовано 25 статей (WoS/Scopus – 5 (включая 1 публикацию Q1-Scopus), ВАК – 8, РИНЦ – 10, ПрЭВМ - 3)

Статьи, опубликованные в изданиях, индексируемых в WOS / SCOPUS

1. Lebedev, I., Sukhoparov, M., Semenov, V., & **Khasanov, D.** (2025). Adaptive Segmentation of Information Sequences for Machine Learning Modular Regression Models. *Emerging Science Journal*, 9(5), 2420-2438. DOI: 10.28991/ESJ-2025-09-05-08 (Q1 - Scopus)
2. А. С. Свистунова, **Д. С. Хасанов** Возможности автоматических транспортеров-погрузчиков и их использование при создании имитационной модели развития контейнерного терминала / А. С. Свистунова, Д. С. Хасанов // *Морские интеллектуальные технологии*. – 2020. – № 4-1(50). – С. 169-174. – DOI 10.37220/MIT.2020.50.4.023. – EDN RRNBYS. (Q4 - WOS)
3. Интеллектуальная поддержка принятия решений в логистических системах / Ю. М. Искандеров, А. С. Свистунова, **Д. С. Хасанов**, А. С. Чумак // *Морские интеллектуальные технологии*. – 2021. – № 2-1(52). – С. 145-153. – DOI 10.37220/MIT.2021.52.2.021. – EDN OSVSZB. (Q4 - WOS)
4. Гейда Александр Сергеевич, **Хасанов Дмитрий Салимович**, Федорченко Людмила Николаевна, Лысенко Игорь, Свистунова Александра, Усин Валерий. Concept and models of information application for actions in systems. *Conference of open innovations association, FRUCT*. 31. 2022. 10.5281/zenodo.6519931. (Q4 - Scopus)
5. Using Actor-Network Theory to Understand Intelligent Systems: the Case of Intelligent IS for Logistics / Yu. Iskanderov, A. Svistunova, **D. Khasanov**, M. Pautov // *Cyber-Physical Systems and Control II : Conference proceedings, St.Petersburg, 29 июня – 02 2021 года*. Vol. 460. – Springer: Springer, 2023. – P. 381-391. – DOI 10.1007/978-3-031-20875-1_35. – EDN WZSNDJ. (Q4 - Scopus)



Список публикаций по теме исследования

Опубликовано 25 статей (WoS/Scopus – 5 (включая 1 публикацию Q1-Scopus), ВАК – 8, РИНЦ – 10, ПрЭВМ - 3)

Другие публикации, включая ВАК (не по 2.3.1) и РИНЦ

- **Хасанов, Д. С.** Мультипликативное влияние деятельности портов на развитие региона / Д. С. Хасанов // Проблемы современной экономики. – 2023. – № 4(88). – С. 93-95. – EDN TOFJLQ. (ВАК)
- **Хасанов, Д. С.** Оценка экономической эффективности автоматизации контейнерного терминала на основе мультиагентного подхода и блокчейн-технологий / Д. С. Хасанов, А. С. Косторнова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2025. – № 214. – С. 473-489. – DOI 10.21515/1990-4665-214-053. – EDN VIXXSH. (ВАК)
- **Хасанов, Д. С.** Повышение жизнеспособности системы управления морским портом / Д. С. Хасанов // Информационная безопасность регионов России (ИБРР-2025) : Материалы XIV Санкт-Петербургской межрегиональной конференции, Санкт-Петербург, 29–31 октября 2025 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургское Общество информатики, вычислительной техники, систем связи и управления, 2025. – С. 272-274. – EDN IQXVHZ. (РИНЦ)
- **Хасанов, Д. С.** Экономико управленческая устойчивость сложных систем: критерии и механизмы обеспечения / Д. С. Хасанов // Научные труды Северо-Западного института управления РАНХиГС. – 2025. – Т. 16, № 5-1. – С. 309-318. – EDN YXZLDQ. (РИНЦ)
- Особенности моделирования управления информационными ресурсами транспортных систем / Ю. М. Искандеров, М. Б. Ласкин, А. С. Чумак, **Д. С. Хасанов** // Системный анализ в проектировании и управлении : сборник научных трудов XXIV Международной научной и учебно-практической конференции : в 3 ч., Санкт-Петербург, 13–14 октября 2020 года / Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. Том Часть 2. – Санкт-Петербург: Политех-Пресс, 2020. – С. 250-257. – DOI 10.18720/SPBPU/2/id20-174. – EDN POPPXW. (РИНЦ)
- **Хасанов, Д. С.** Мультиагентное моделирование при прогнозировании управления транспортными сетями / Д. С. Хасанов // Системный анализ в проектировании и управлении : Сборник научных трудов XXVI Международной научно-практической конференции. В 3-х частях, Санкт-Петербург, 13–14 октября 2022 года. – Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого", 2023. – С. 324-330. – DOI 10.18720/SPBPU/2/id23-67. – EDN SNZPYC. (РИНЦ)



Список публикаций по теме исследования

Опубликовано 25 статей (WoS/Scopus – 5 (включая 1 публикацию Q1-Scopus), ВАК – 8, РИНЦ – 10, ПрЭВМ - 3)

Другие публикации, включая ВАК (не по 2.3.1) и РИНЦ

- **Хасанов, Д. С.** Киберфизическая модель контейнерного терминала / Д. С. Хасанов // Системный анализ в проектировании и управлении : Сборник научных трудов XXVI Международной научно-практической конференции. В 3-х частях, Санкт-Петербург, 13–14 октября 2022 года. – Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого", 2023. – С. 330-336. – DOI 10.18720/SPBPU/2/id23-68. – EDN UQYIBS. (РИНЦ)
- **Хасанов, Д. С.** Имитационное моделирование деятельности склада / Д. С. Хасанов // Имитационное моделирование. Теория и практика (ИММОД-2023) : Сборник трудов одиннадцатой всероссийской научно-практической конференции по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности, Казань, 18–20 октября 2023 года. – Казань: Издательство АН РТ, 2023. – С. 743-754. – EDN PGBEYH. (РИНЦ)
- **Хасанов, Д. С.** Мультиагентные системы в разных областях применения / Д. С. Хасанов // Перспективные направления развития отечественных информационных технологий : материалы VIII межрегиональной научно-практической конф., Севастополь, 20–24 сентября 2022 года / Севастопольский государственный университет. – Севастополь: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Севастопольский государственный университет", 2022. – С. 186-192. – EDN QSOLFU. (РИНЦ)
- **Хасанов, Д. С.** Планировка контейнерного терминала / Д. С. Хасанов // Региональная информатика (РИ-2022) : Юбилейная XVIII Санкт-Петербургская международная конференция. Материалы конференции, Санкт-Петербург, 26–28 октября 2022 года. – Санкт-Петербург: Региональная общественная организация "Санкт-Петербургское Общество информатики, вычислительной техники, систем связи и управления", 2022. – С. 286-288. – EDN CGYHRI. (РИНЦ)
- **Хасанов, Д. С.** Технология сбора данных в логистике / Д. С. Хасанов, А. С. Свистунова // Системный анализ в проектировании и управлении : сборник научных трудов XXV Международной научной и учебно-практической конференции : в 3 ч., Санкт-Петербург, 13–14 октября 2021 года. Том Часть 3. – Санкт-Петербург: Политех-Пресс, 2021. – С. 275-279. – DOI 10.18720/SPBPU/2/id21-377. – EDN RRNLN. (РИНЦ)



Участие в конференциях за период обучения в аспирантуре

1. XXIV Международная научная и учебно-практическая конференция "Системный анализ в проектировании и управлении", г.Санкт-Петербург, СПбГПУ, 13-14 октября 2020 г., участие с докладом.
2. Транспорт России: проблемы и перспективы – 2020: Юбилейная Международная научно-практическая конференция. 10-11 ноября 2020 г. СПб ИПТ РАН., г. Санкт-Петербург., участие с докладом.
3. 2nd International Conference on Cyber-Physical Systems & Control CPS&C'2021. 29 июня – 2 июля 2021 г. СПбГПУ, г. Санкт-Петербург.
4. XXV Международная научная и учебно-практическая конференция "Системный анализ в проектировании и управлении", г.Санкт-Петербург, СПбГПУ, 13-14 октября 2021 г.
5. Десятая всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика» ИММОД-2021. 20-22 октября 2021 года в Санкт-Петербурге (Дворцовая наб., д.26, Дом Ученых им. М. Горького РАН).
6. XXVI Международная научная и учебно-практическая конференция "Системный анализ в проектировании и управлении", г.Санкт-Петербург, СПбГПУ, 13-15 октября 2022 г.
7. XVIII Санкт-Петербургской международной конференции «Региональная информатика» (РИ-2022) 26-28 октября 2022 года.
8. VIII Межрегиональной научно-практической конференции Перспективные направления развития отечественных информационных технологий (ПНРОИТ-2022) 20-24 сентября 2022 года
9. Научные труды Северо-Западного института управления РАНХиГС. – 2025
10. Информационная безопасность регионов России (ИБРР-2025) : Материалы XIV Санкт-Петербургской межрегиональной конференции, Санкт-Петербург, 29–31 октября 2025
11. // Имитационное моделирование. Теория и практика (ИММОД-2023)
12. Системный анализ в проектировании и управлении : Сборник научных трудов XXVI Международной научно-практической конференции. В 3-х частях, Санкт-Петербург, 13–14 октября 2022 года.



Участие в грантах/проектах

1. Гос. задание 0073-2019-0004 «Методология и технологии интеграции существующих и перспективных государственных и коммерческих информационно-управляющих и телекоммуникационных систем и сетей на различных этапах их жизненного цикла», 2019-2021 гг.
2. Гос. задание FFZF-2022-0004 «Методология и технологии многокритериального проактивного управления жизненным циклом существующих и перспективных интегрированных государственных и коммерческих информационно-управляющих и телекоммуникационных систем и сетей», 2022–2024 гг.
3. Гос. задание FFZF-2025-0020 «Разработка методологии, методов и интеллектуальных технологий обеспечения жизнеспособности существующих и перспективных отечественных интегрированных государственных и коммерческих информационно-управляющих и телекоммуникационных систем, сетей и цепей поставок на различных этапах жизненного цикла», 2025–2027 гг.
4. РФФ № 23-21-00339 «Разработка методов сценарного моделирования экстремальных инвазивных процессов в экосистемах с учетом факторов противодействия на основе динамически переопределяемых вычислительных структур»
5. РФФ № 25-21-00269 «Адаптивное применение моделей машинного обучения»
6. Договор на выполнение ОКР с ООО «Трансойл» «Разработка информационной системы оптимизации технологических процессов»



СПб
ФИЦ
РАН

Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук



Регистрация результатов интеллектуальной деятельности (РИД)

Свидетельство о регистрации ПЭВМ № 2023688703

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2023688703

Программный компонент распознавания дорожных знаков в транспортных системах

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук" (RU)*

Автор(ы): *Хасанов Дмитрий Салимович (RU)*

Заявка № 2023687251

Дата поступления 11 декабря 2023 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программы для ЭВМ 25 декабря 2023 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов



документ подписан электронной подписью
Сертификат ключа электронной подписи № 774440
Владелец: *Зубов Юрий Сергеевич*
Действителен до: 03.12.2026

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2024691772

Модуль автоматизации планирования и оптимизации транспортных маршрутов с поддержкой многокритериального анализа и визуализации.

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук" (RU)*

Авторы: *Хасанов Дмитрий Салимович (RU), Шувалов Никита (RU)*

Заявка № 2024689809

Дата поступления 02 декабря 2024 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программы для ЭВМ 24 декабря 2024 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов



документ подписан электронной подписью
Сертификат ключа электронной подписи № 80261
Владелец: *Зубов Юрий Сергеевич*
Действителен до: 03.12.2026

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2024668167

Программный модуль составления расписания обработки заявок транспортно-логистических систем

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук" (RU)*

Автор(ы): *Хасанов Дмитрий Салимович (RU)*

Заявка № 2024667851

Дата поступления 05 августа 2024 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программы для ЭВМ 05 августа 2024 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов



документ подписан электронной подписью
Сертификат ключа электронной подписи № 80261
Владелец: *Зубов Юрий Сергеевич*
Действителен до: 03.12.2026



СПб
ФИЦ
РАН

Санкт-Петербургский
Федеральный исследовательский центр
Российской академии наук



Спасибо за внимание!

Хасанов Дмитрий Салимович

Лаборатория интеллектуальных систем



199178, Россия, г. Санкт-Петербург,
14-я линия В.О., дом 39



<https://spcras.ru/>



khasanov.d@iias.spb.su