

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт Петербургский государственный университет аэрокосмического
приборостроения»

Кафедра системного анализа и логистики

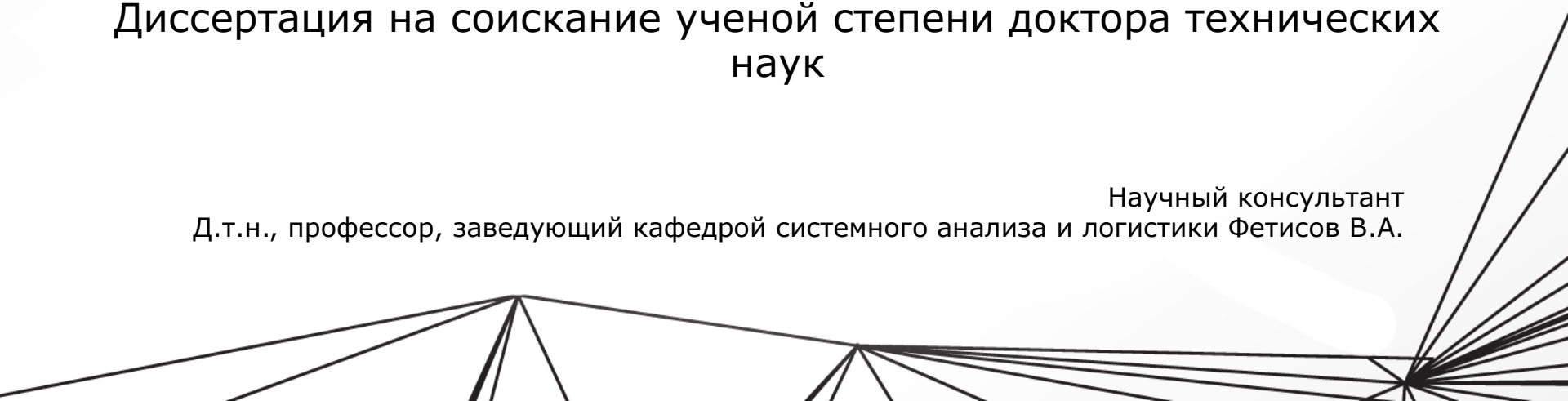
Майоров Николай Николаевич

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ПАССАЖИРСКИХ
ТЕРМИНАЛОВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОПУСКНЫХ
СПОСОБНОСТЕЙ**

05.22.19 – Эксплуатация водного транспорта, судовождение

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических
наук

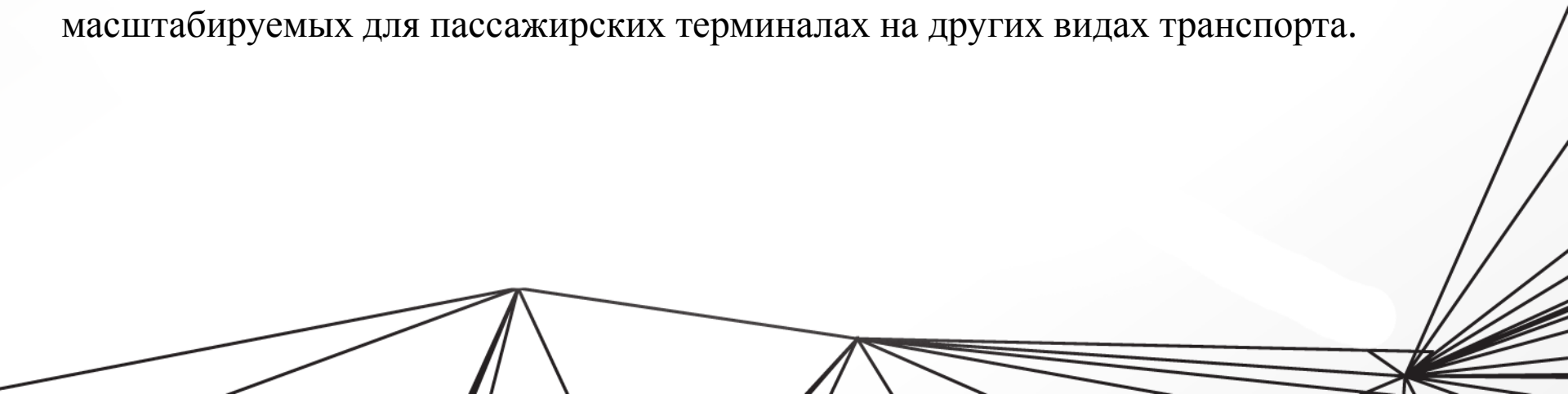
Научный консультант
Д.т.н., профессор, заведующий кафедрой системного анализа и логистики Фетисов В.А.



Актуальность исследования: Актуальность темы исследования обусловлена потребностью в разработке и практическом внедрении новых моделей и методов прогнозирования в секторе пассажирских и грузопассажирских перевозок с учетом динамического характера процессов, изменчивого влияния внешней среды на терминалы, значительного увеличения пассажиропотоков.

Целью исследования является обеспечение качественного нового уровня прогнозирования, совершенствование управления процессами в пассажирских терминалах и портах на основе оптимизации технологических процессов, операционного прогнозирования с учетом влияния внешней среды, стратегического планирования развития пассажирских терминалов, направленного на улучшение сектора пассажирских перевозок, широкое использование моделирования на всех уровнях транспортного планирования с учетом динамического характера процессов.

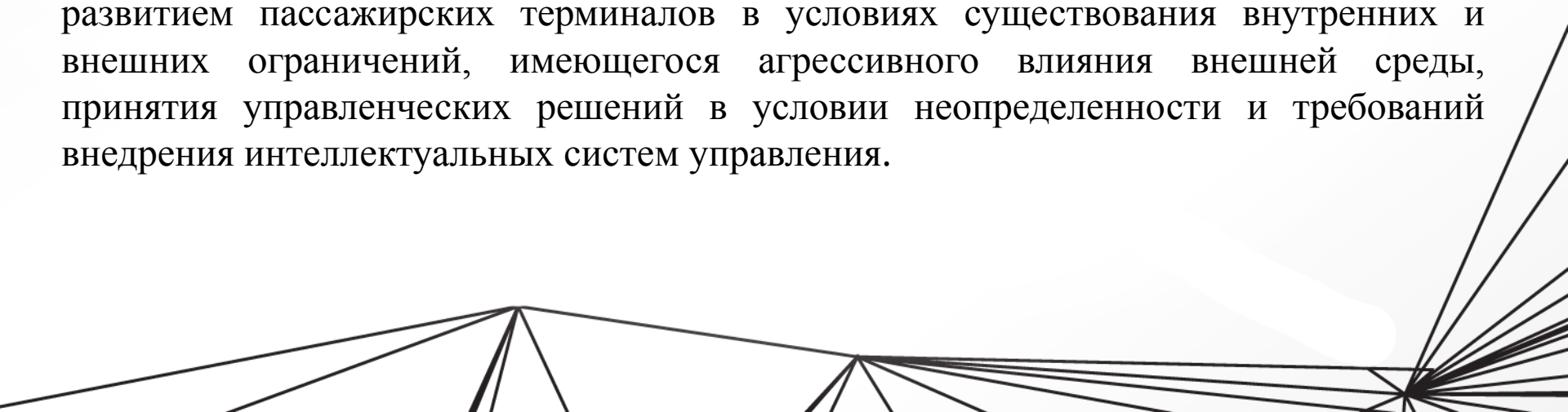
Получение новых научных результатов и решений применимых и масштабируемых для пассажирских терминалах на других видах транспорта.



Научное противоречие: необходимость прогнозирования стратегического развития пассажирских терминалов для принятия управленческих решений по модернизации инфраструктуры и недостаточно проработанной научно обоснованной методологии прогнозирования и управления развитием пассажирских терминалов, что на практике приводит к интуитивному принятию решений, которые содержат с большой вероятностью ошибки или не позволяют достичь заданного уровня.

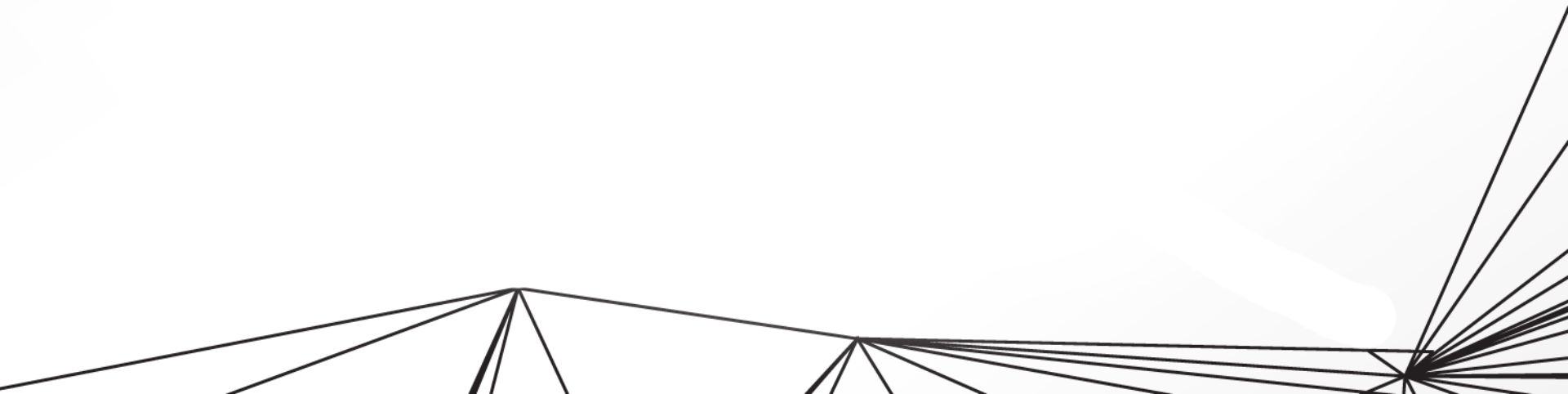
Сегодня имеет место устаревание нормативных документов по проектированию терминалов и оценке их пропускных способностей. Нормативные документы не успевают за динамически меняющимися условиями окружающей среды. Часто процесс принятия решений, ввиду требования оперативности, носит стихийный характер, поскольку методологическая база для рационализации и обоснования принятия управленческих решений отсутствует.

Научная проблема: создание методологии прогнозирования и управления развитием пассажирских терминалов в условиях существования внутренних и внешних ограничений, имеющегося агрессивного влияния внешней среды, принятия управленческих решений в условиях неопределенности и требований внедрения интеллектуальных систем управления.



Предмет исследования составляет стратегическое планирование и управление развитием пассажирских терминалов, происходящее под воздействием возмущающих и управляющих факторов со стороны современной транспортно-логистической системы и общества, частью которой они является, в условиях необратимости управленческих решений и возможного возникновения особых условий функционирования.

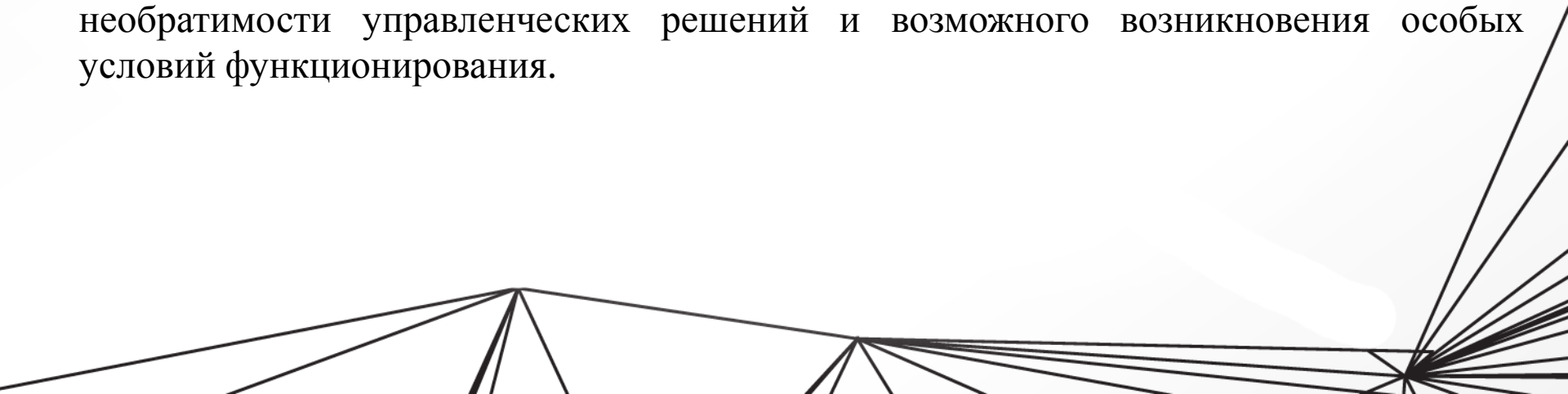
Практическое значение полученных результатов заключается в разработке теоретических и методологических моделей и практических методик по прогнозированию развития пассажирских терминалов (авиационных, морских), что доведено до уровня конкретных рекомендаций и транспортных моделей.



Объектом исследования является пассажирский терминал (морской пассажирский терминал, аэропорт) и процессы их функционирования, представляющие собой сложные открытые динамические системы, являющуюся частью транспортно-логистической среды, образовавшейся на современном этапе развития мирового сообщества.

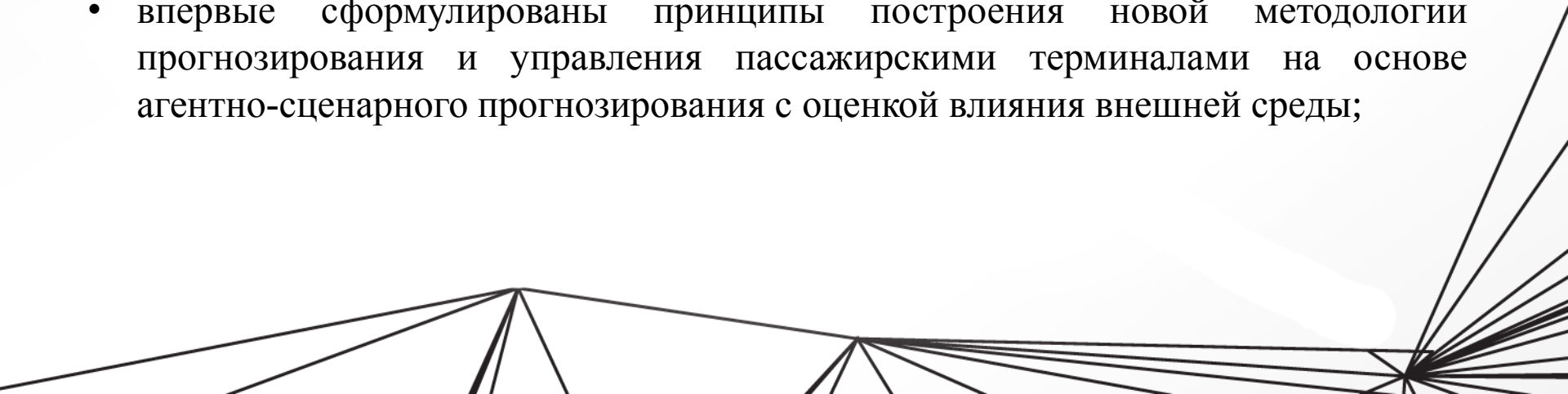
Экспериментальной базой для выявления научной проблемы и нахождения решения с построением специализированных транспортных моделей являются следующие пассажирские терминалы: Пассажирский терминал «Морской Фасад», Аэропорт Пулково, Система терминалов «Городские причалы», Санкт-Петербург

Предмет исследования составляет стратегическое планирование и управление развитием пассажирских терминалов, происходящим под воздействием возмущающих и управляющих факторов со стороны современной транспортно-логистической системы и общества, частью которой они является, в условиях необратимости управленческих решений и возможного возникновения особых условий функционирования.

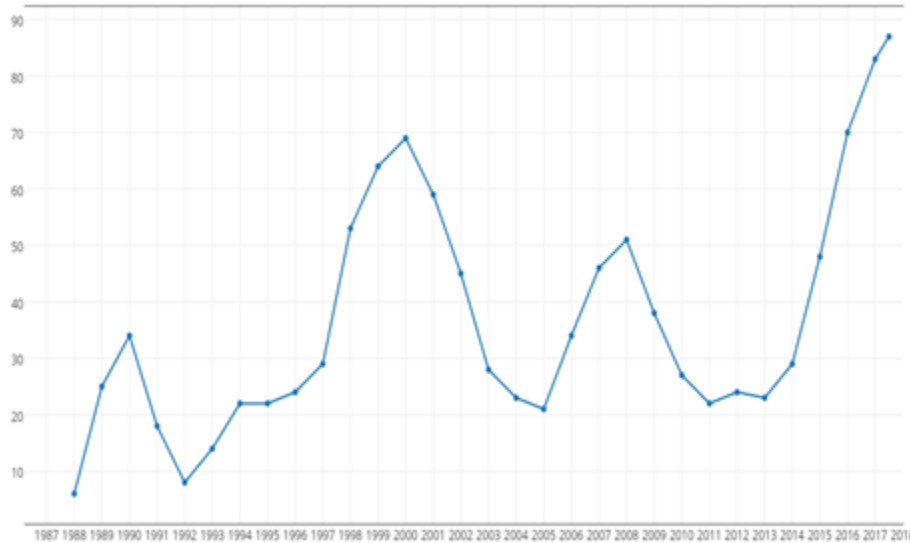


Научной новизной обладают следующие результаты диссертационной работы

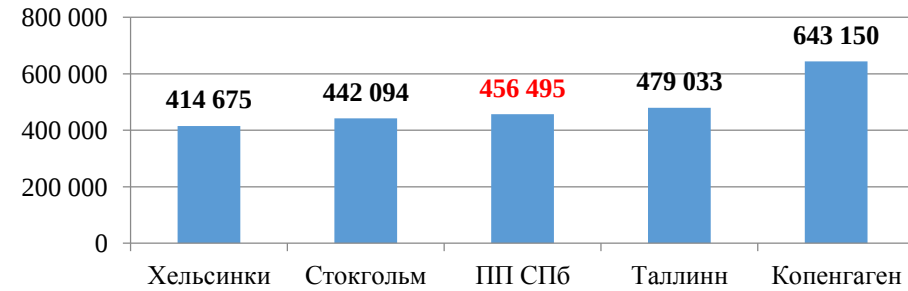
- впервые выявлены методологические границы применения существующих математических моделей для стратегического прогнозирования развития пассажирских терминалов;
- впервые разработаны и апробированы имитационные модели работы морских и авиационных пассажирских терминалов, основанные на динамическом характере процессов сложных систем, определяющих направление развития терминала под воздействием внутренних ограничений, внешних факторов транспортно-логистической системы и необратимости управленческих решений;
- разработаны рекомендации по стратегическому прогнозированию развития пассажирских терминалов и принятию решений в области управления развитием портов, обеспечивающих повышение достоверности полученных результатов.
- впервые сформулированы принципы построения новой методологии прогнозирования и управления пассажирскими терминалами на основе агентно-сценарного прогнозирования с оценкой влияния внешней среды;



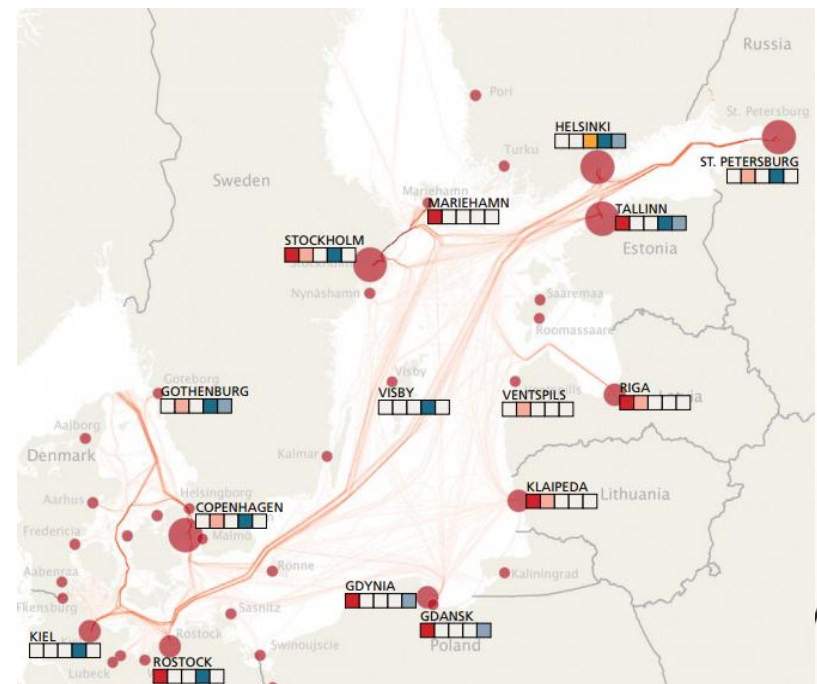
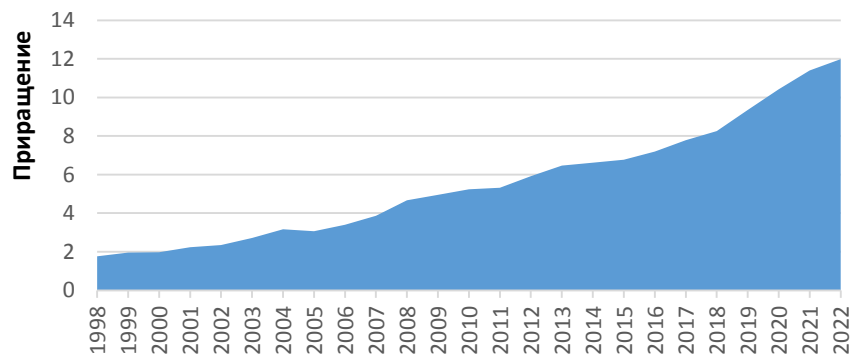
ОСНОВНЫЕ ТРЕНДЫ ОТРАСЛИ



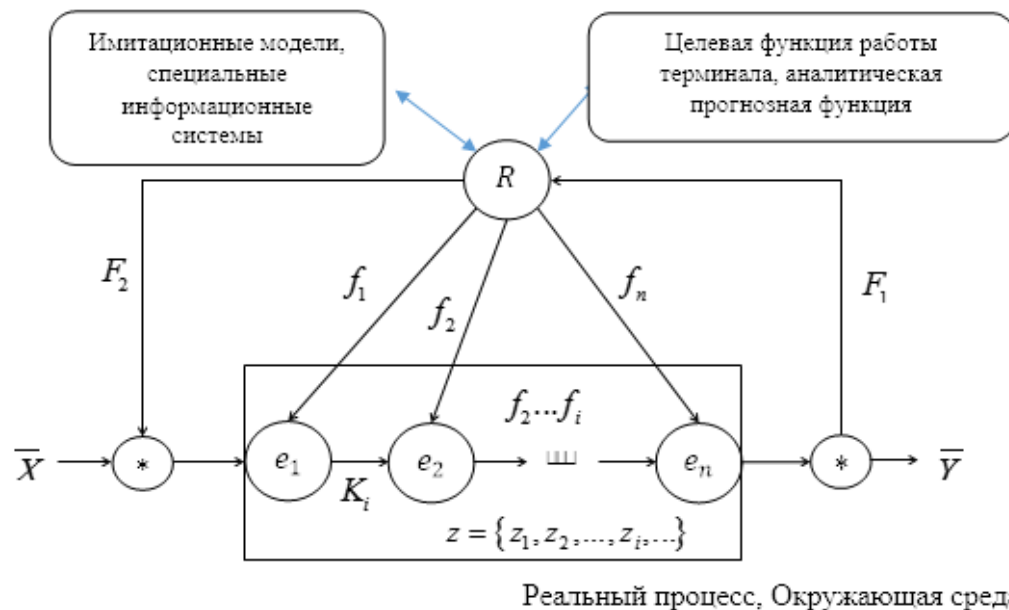
Пассажиропоток между портами на Балтике



Потенциал рынка пассажирских перевозок до 2022 года



ПЕРВЫЙ РЕЗУЛЬТАТ: ПОСТРОЕНИЕ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ ПАССАЖИРСКОГО ТЕРМИНАЛА. ЗАДАЧА СИНТЕЗА СТРУКТУРЫ ТЕРМИНАЛА



Общая схема управления терминалом с использованием методов моделирования для повышения точности управления, достижение условий внедрения транспортных моделей пассажирских терминалов

На рисунке e_i - элементы системы (отдельные процессы пассажирского терминала), $e_i \in E$; R - управляющее (регулирующее) устройство; K_i - связь по преобразованию входа в выход, $k_i \in K$; $\bar{X}$ - вход, входной поток пассажиров (множество воздействий $x_i \in \bar{X}$); $\bar{Y}$ - выход (множество выходов $y_i \in \bar{Y}$); - преобразователь (распознаватель), который отличает вход и выход от воздействия по управлению (регулированию); f_i - связи по воздействию на систему в смысле регулирования, $f_i \in f$; F_i - обратная связь, передающая воздействие по регулированию F ; Z - внутренние ресурсы (внутреннее состояние) системы.

Система морского пассажирского терминала формализовано задается математической моделью вида

$$\Sigma = F, T, \bar{X}, \Omega, \bar{Y}, \Gamma, G, Z, H, F, E_0,$$

где Σ – система морского пассажирского терминала; $T = \{(t_i, t_{i+1})\}_1^N$ – ось времени, интервалы активности работы терминала; $\bar{X} = \{x_j\}_1^N$ – множество входной информации (пассажиропоток; судозаходы; график работы служб и подразделений порта); $\Omega = \{\omega_i\}_1^N, \omega_i \in \Omega$, ω_i – оператор ввода, множество Ω – входных воздействий; $\bar{Y} = \{y_i\}_1^M$ – множество результатов (процесс обработки пассажиров, грузопотока и судов); $\Gamma = \{\gamma_i\}_1^M$ – оператор вывода результатов во внешнюю среду (оператор, отражающий результаты работы порта); $G = \{g_i\}_1^k$ – функция выхода (алгоритм преобразования входа в выход); $Z = \{z_i\}_1^k$ – множество внутренних состояний системы пассажирского терминала; $H = \{h_i\}_1^l$ – функция перехода (алгоритм, процесс использования внутренних ресурсов); $F = \{f_i\}_1^l$ – функция управления; $E_0 = \{e_i\}_1^l$ – функция последствия (результат предыдущего действия системы или память системы в виде дискретных состояний уровней развития порта);

Целевая функция оптимизации структуры и процесса функционирования пассажирского терминала (морского) является многопараметрической и многокритериальной.

$$T(I, W, S, G, U) = [F_1(I, W, S, G, U) \rightarrow \max, \dots, F_m(I, W, S, G, U) \rightarrow \max],$$

где T – вектор критериев оценки эффективности работы пассажирского морского порта; $F_1, \dots, F_m$ – критерии работы эффективности отдельных портовых терминалов и причалов; I – вектор параметров, описывающий структуру входящего потока круизных судов и дополнительного транспорта; W – вектор параметров, описывающих структуру исходящего потока транспорта и паромных судов; S – вектор параметров, характеризующий техническую оснащенность терминалов и причалов; G – вектор параметров, описывающих график работы и организацию обработки пассажиропотока и сопутствующего грузопотока; U – вектор параметров, характеризующий сервисы и услуги, которые предоставляют терминалы.

$$\begin{cases} \sum_{k=1}^c l_k T_k - \sum_{i=1}^p L_{k1} T_{ik}(S, G) \rightarrow \min, \\ C_i n_i(S, G) + \sum_{j=1}^h (C_{j1} + C_j W_j) + \sum_{k=1}^c C_k L_k^1 T_k(S, G) + C_k L_k^2 T_{k1}(S, G) \rightarrow \min, \\ F_i(\alpha_i) \rightarrow \min, \\ \sum_{j=1}^h (K_j^{\max} - K_j(G, S)) \rightarrow \min, \end{cases}$$

при следующих ограничениях

$$\begin{cases} 0 \leq K_j^{\max} \leq 1, j \in 1..n \\ a_i \leq \alpha \leq b_i, \alpha \in 1..n, b \in 1..n \\ T_{kj}^{\max}(G, S) \leq T_{kj}^{\max}, j \in 1..p, k \in 1..c \end{cases}$$

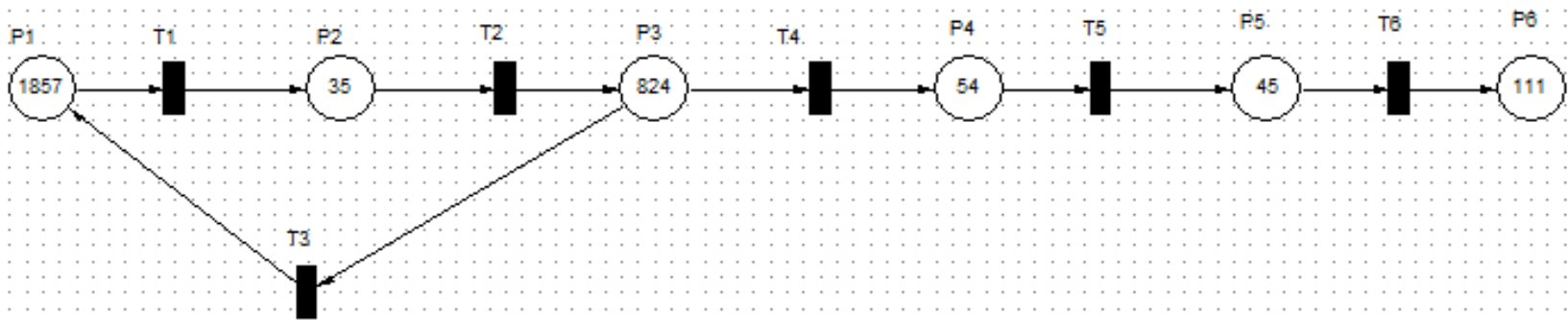
где p, c – количество технологических этапов по обработке пассажиропотока, количество заявок пассажиров в системе; h – количество ресурсов пассажирских терминалов (площадей и объемов терминалов, причалов); C_i – возможные задержки в обработке пассажиров или судов; $n_i(S, G)$ – количество судов, получивших задержки за определенный интервал времени; C_{j1} – стоимость эксплуатации j -ого ресурса терминала в течение рассматриваемого времени; C_j – стоимость эксплуатации единицы площади терминала; W_j – площадь, занимаемая j -м ресурсом; C_k – штраф за ожидание обработки судна или возможный простой в работе терминала; L_k^1 – признак обработки определенного k -ого судна; $T_k(S, G)$ – длительность разгрузки k -ого судна; l_k – важность показателя длительности обработки k -ого заказа для терминала; $T_{k1}(S, G)$ – длительность погрузки k -ой заявки; L_k^2 – признак погрузки k -ого заказа; T_k – требуемая длительность обработка судов; L_{k1} – признак прохождения i -ого этапа k -м заказом в порту; $T_{ik}(S, G)$ – длительность i -ого этапа обработки k -ого заказа; $K_j(G, S)$ – загрузка j -ого ресурса терминала; $K_j^{\max}$ – максимально возможная необходимая загрузка j -ого ресурса порта; $T_{kj}^{\max}$ – максимально возможная длительность обработки заказа на j -м этапе технологических операций; $F_i(\alpha_i)$ – функция влияния внешней среды.



Взаимосвязь между технологическими процессами морского терминала и их моделированием

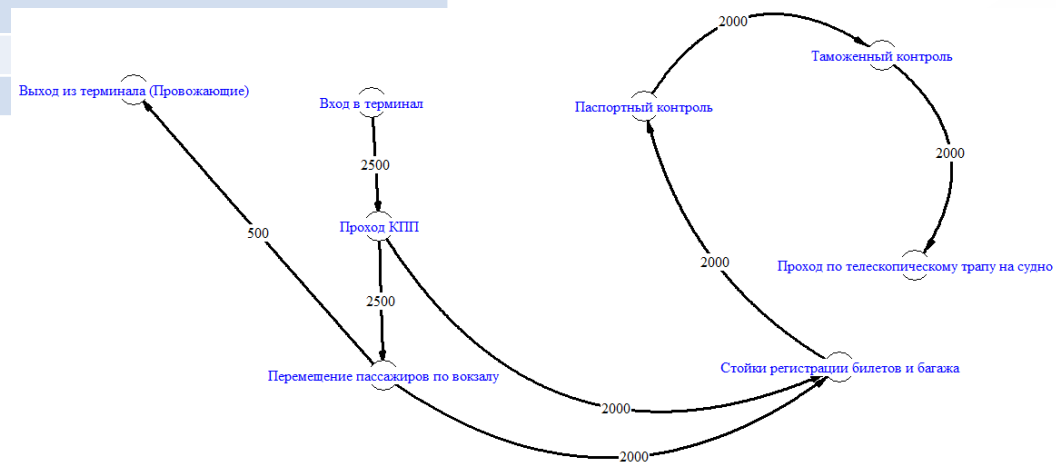


Полученные целевые функции позволяют ставить и решать оптимизационную задачу по синтезу структуры морского пассажирского терминала. Данная задача крайне важна для проведения исследования системы терминала в целом, с учетом особенностей взаимодействия между элементами и решения задачи прогноза.



P1	Пункт В (вход в пассажирский терминал)
T1	Вход в пассажирский терминал
P2	Контрольно-пропускной пункт
T2	Проходная контрольная точка
P3	Пассажиры в терминале
T3	Пассажиры покидают терминал
T4	Вхождение в таблицы для регистрации билетов и багажа
P4	Столы оформления билетов и багажа
T5	Подход к Паспортно-таможенному контролю
P5	Паспортный и таможенный контроль
T6	Перейти на круизное судно
P6	Пункт А (выход на пассажирское судно)

$$T_{обслуж} = \sum_{i=1}^n t_i, T_{обслуж} \in [a_t, b_t],$$



ВТОРОЙ НАУЧНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ: МОДЕЛЬ ПАССАЖИРСКОГО ТЕРМИНАЛА КАК ОТДЕЛЬНОГО ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ С НОВЫМИ ЗАКОНАМИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ. СОЗДАНИЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ СТАДИЙ РАЗВИТИЯ ПАССАЖИРСКИХ ТЕРМИНАЛОВ

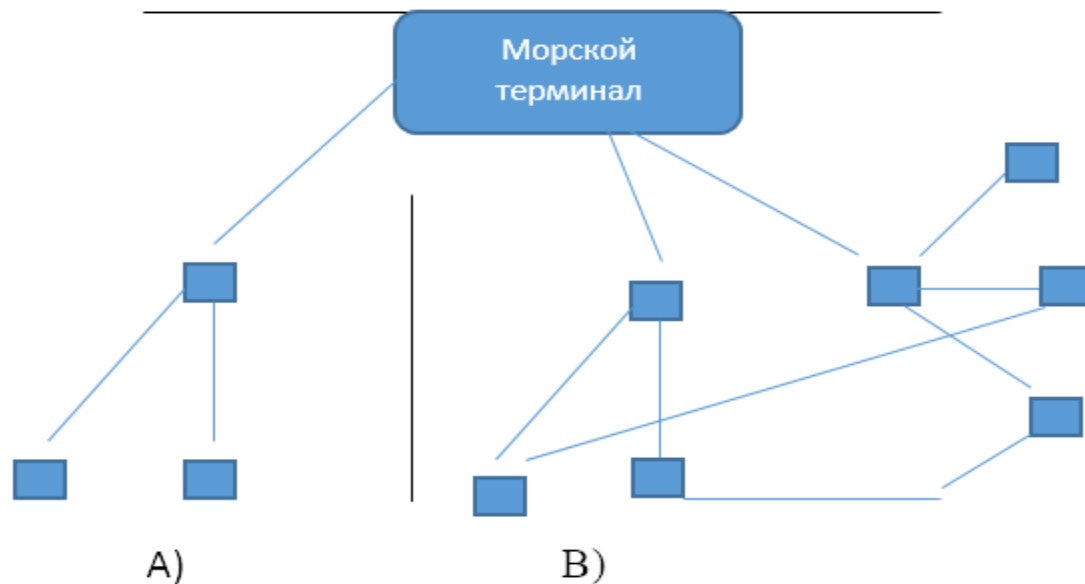
Хронология



Предлагаются стадии развития пассажирских морских терминалов:

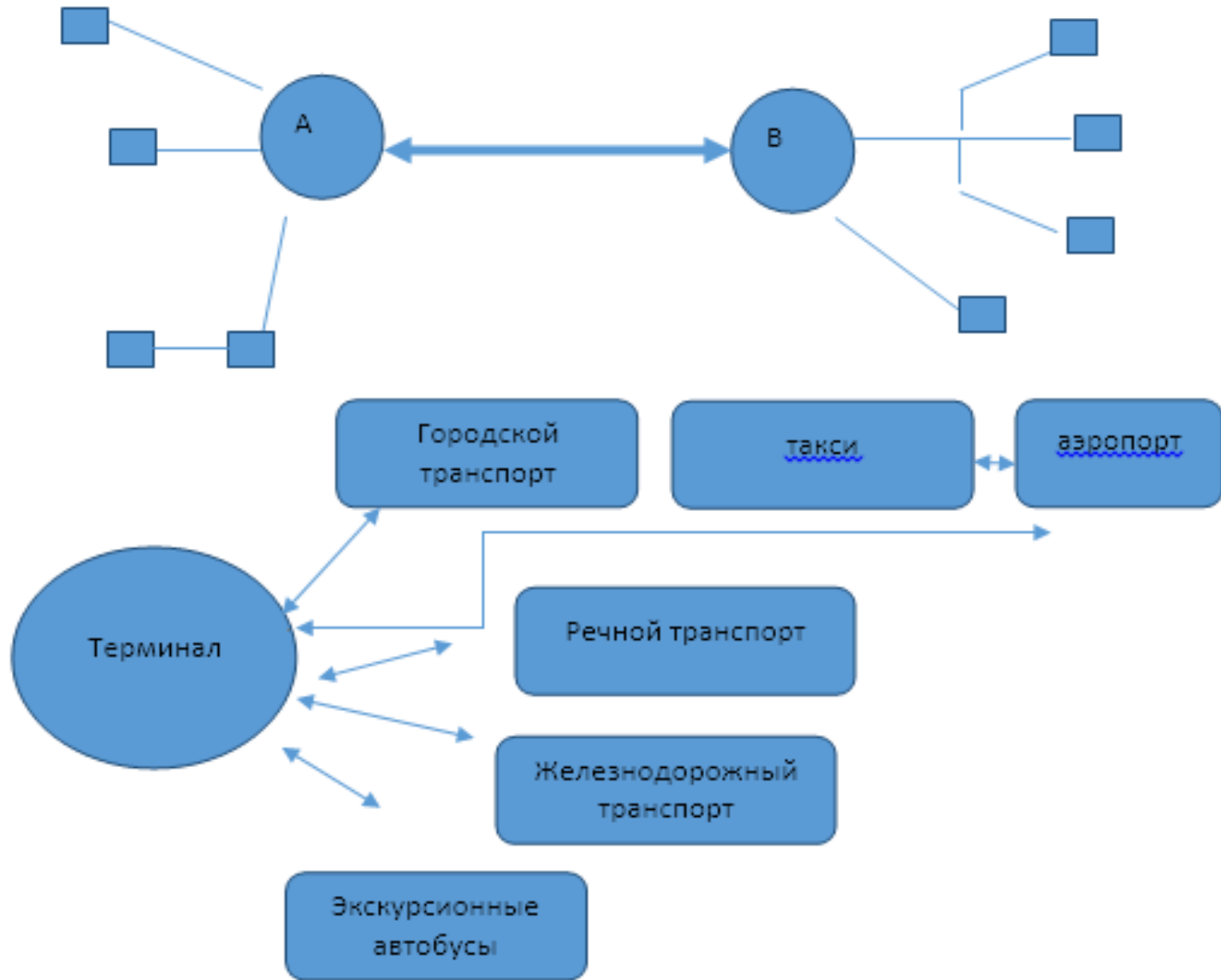
- *Формирование пассажирского порта.*
- *Отделение технологических операций по обработке пассажиров, формирование отдельных причалов.*
- *Разделение или наоборот объединение причалов для круизных и паромных линий.*
- *Рост и модернизация инфраструктуры причальной линии.*
- *Специализация причалов и районов порта.*
- *Преобразование роли морского пассажирского порта в пересадочный узел на внутренне водное пространство и изменение социального статуса.*
- *Сервисы морского порта расширяются, путем добавления новых, социально значимых.*

ТРЕТИЙ НАУЧНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ: МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И ФИКСАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ В СИСТЕМЕ «ТЕРМИНАЛ – МЕГАПОЛИС»



- А) представлена ситуация транспортной инфраструктуры, которая характерна на начальных этапах работы терминалов и портов, так как вводится единственный маршрутный путь для того, чтобы пассажиры добрались до пассажирского судна.
- В) представлена ситуация с наличием разветвлённой сети, причем в данной структуре пользователь может самостоятельно выбирать вид транспорта. При таком подходе терминал выступает точкой сходимости наземных маршрутов, центром притяжения, что позволяет использовать гравитационные модели и проводить анализ транспортной доступности

Схемы взаимодействия морских терминалов и наземной инфраструктуры

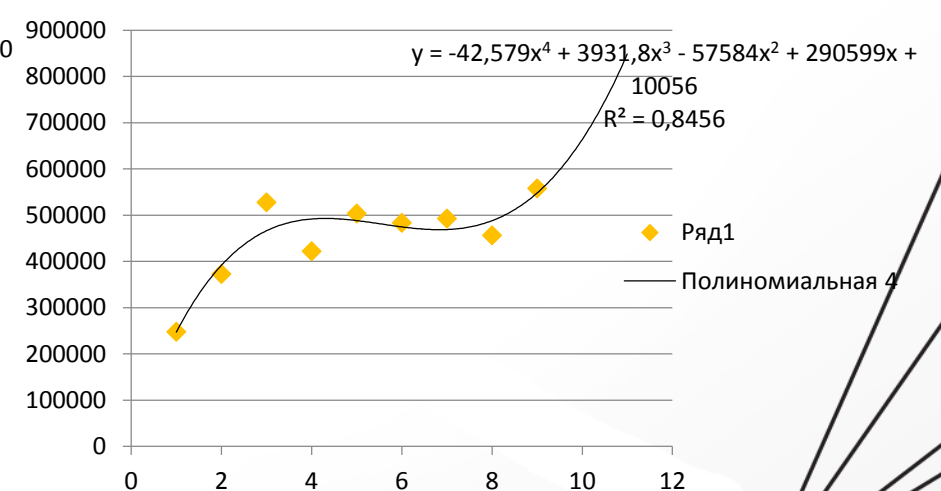
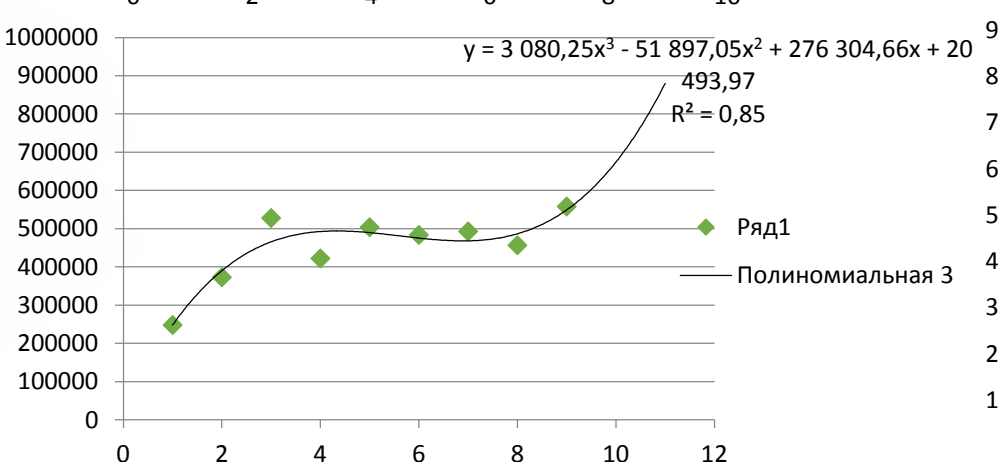
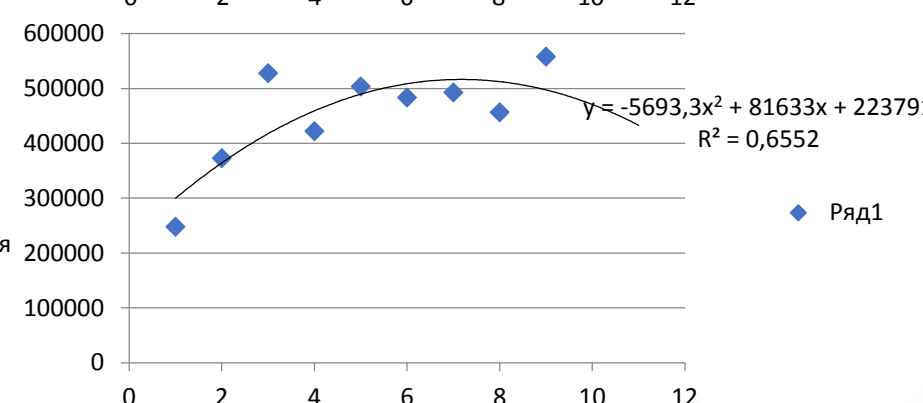
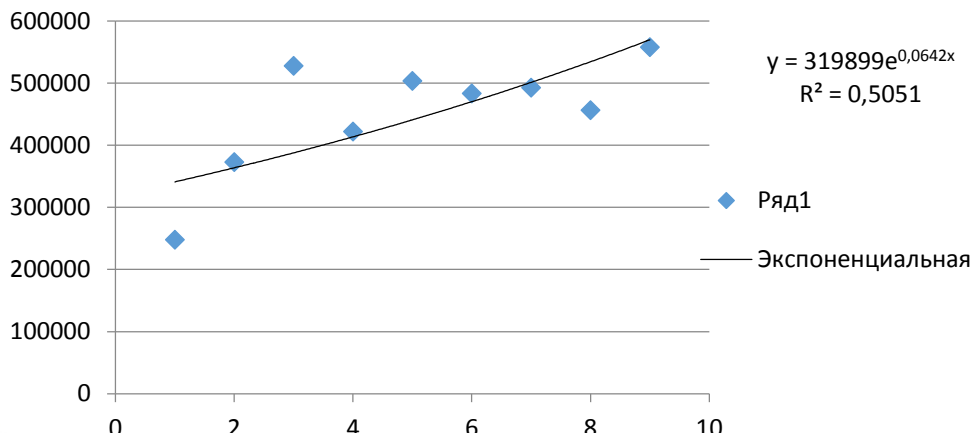
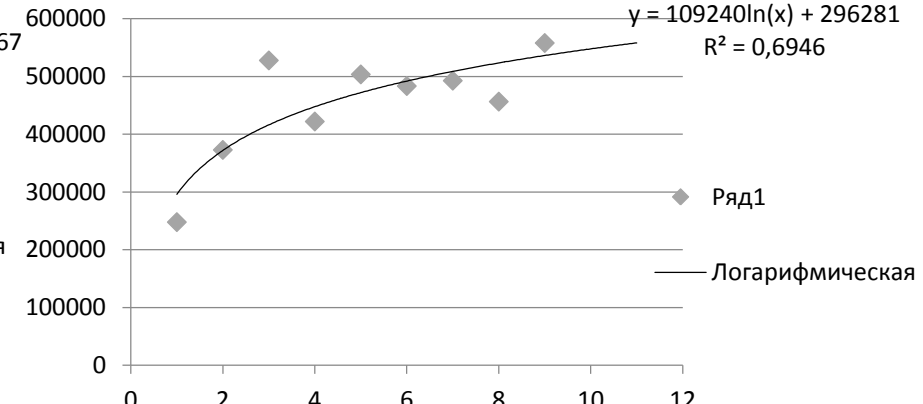
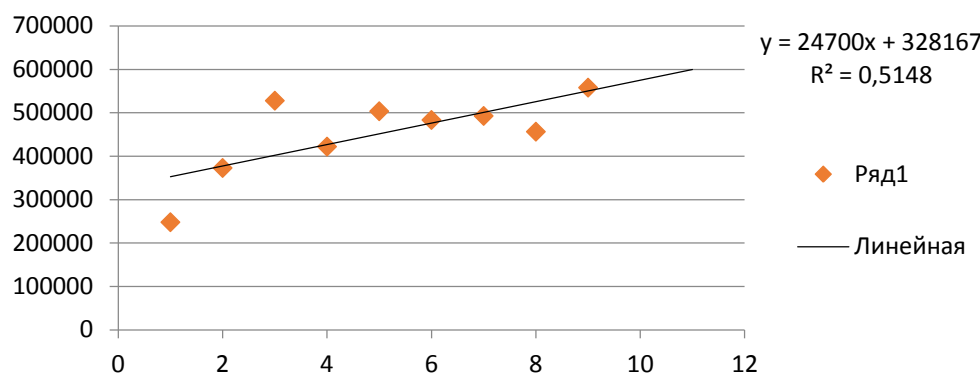


ЧЕТВЕРТЫЙ НАУЧНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ: МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАССАЖИРОПОТОКА И СУДОЗАХОДОВ МОРСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТЕРМИНАЛА В КЛАССЕ ПОЛИНОМИАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ

Процесс функционирования морского пассажирского терминала, с той или иной степени точности, может быть представлен в виде последовательности нескольких типичных определенных режимов, характеризующихся наличием определенного набора характеристик, например изменение интенсивности входного потока, числа пассажиров на определенный момент времени, число загруженных причалов.

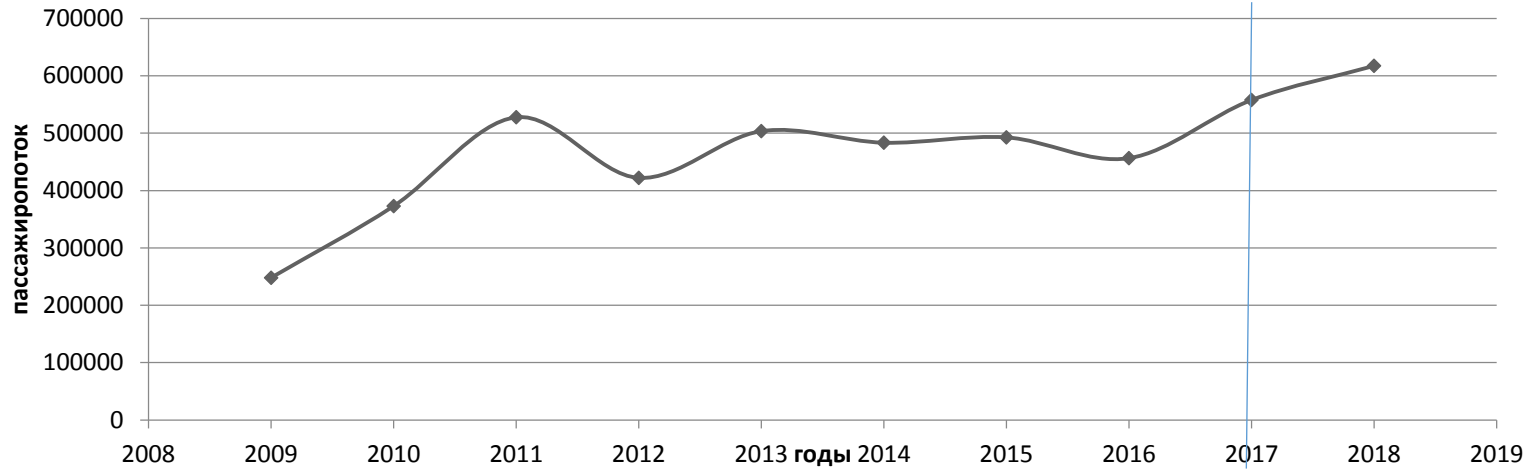
$$\begin{cases} t_i = (t_0, t_1, t_2, \dots, t_{n+1}), n \geq 0 \\ F(S_n) = (F_0(\lambda_0, \mu_0, R_0, P_0, H_0, t_0), F_1(\lambda_1, \mu_1, R_1, P_1, H_1, t_1), \dots, F_n(\lambda_n, \mu_n, R_n, P_n, H_n, t_{n+1})), \\ \Sigma_n(S_n) = (\Sigma_0(F_0, t_0), \dots, \Sigma_{n+1}(F_{n+1}, t_{n+1})), \\ \Delta t = t_{n+1} - t_n, \Delta t = \text{const} \end{cases}$$

где t_i – моменты времени, характеризующие состояние системы; λ_i – интенсивности судов в определенные моменты времени; μ_n – интенсивности обработки судов; R_n – количество задействованных причалов; P_n – количество пассажиров в заданные моменты времени; H_n – количество задействованного оборудования; $F(S_n)$ – набор состояний портовой системы определенными в моменты времени t_i и определяющиеся набором параметров; Σ_n – набор состояний описывающих условия внешней среды, представляющее влияние на $F(S_n)$; Δt – шаг выбора моментов времени для фиксации состояний системы.



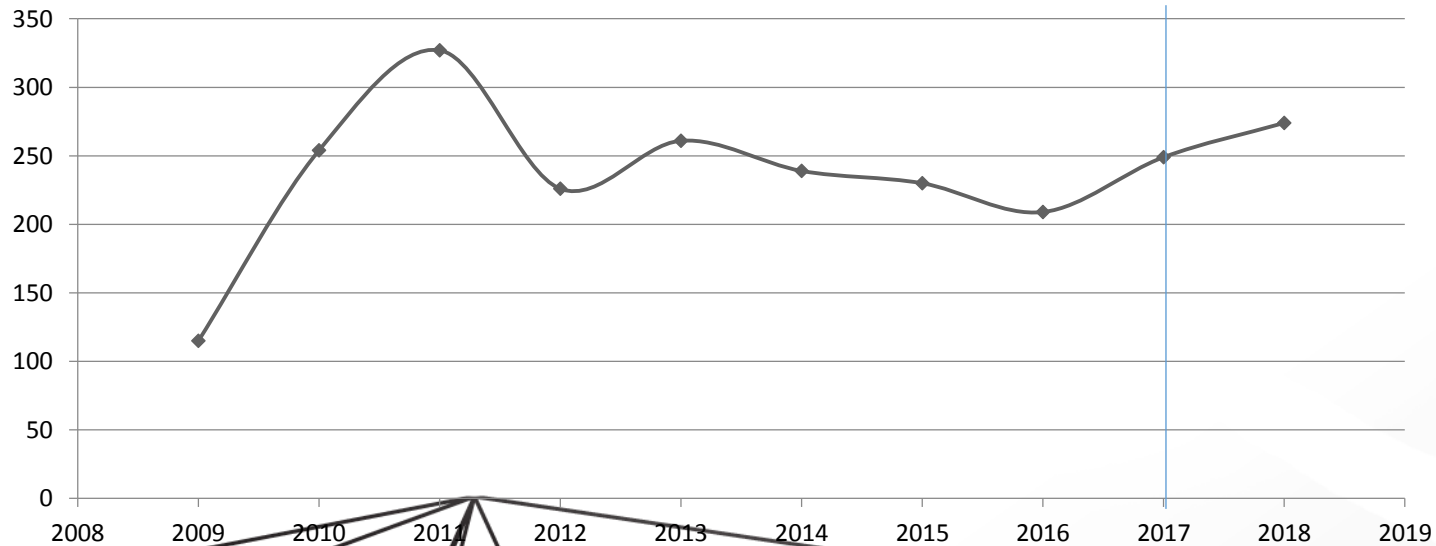
Прогнозирование пассажиропотока

$$g(x) = 234,73x^5 - 5910,8x^4 + 57789x^3 - 278621x^2 + 680928x - 213719$$

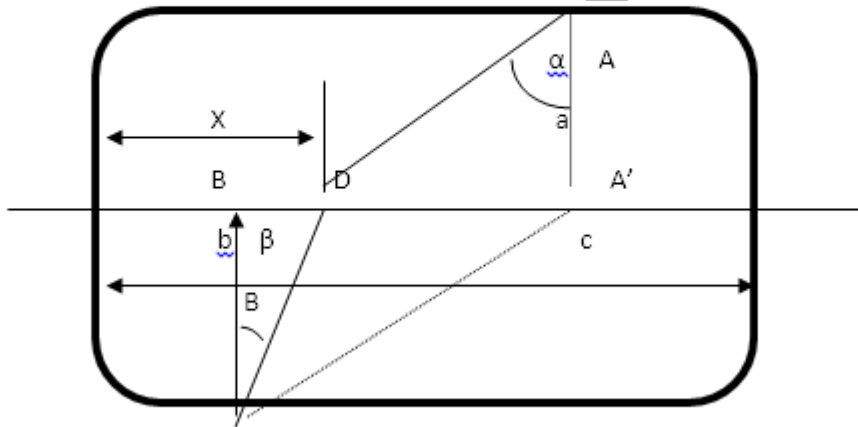
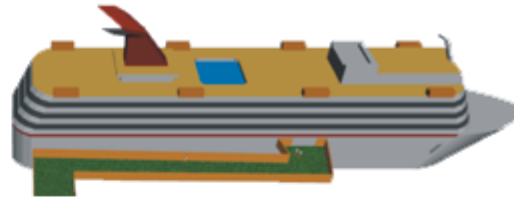


Прогнозирование потока судов

$$g(x) = 0,2496x^5 - 6,6349x^4 + 69,601x^3 - 348,8x^2 + 814,06x - 417,33$$



ПЯТЫЙ НАУЧНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ: МОДЕЛЬ ПАССАЖИРСКИХ ПОТОКОВ ПАССАЖИРСКОГО ТЕРМИНАЛА

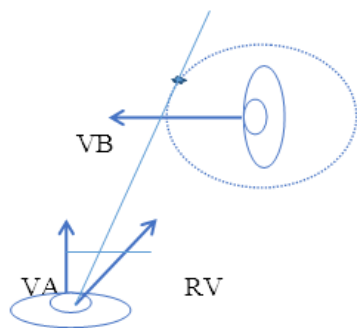


Входной поток пассажиров ↑

$$y = S_1 \sqrt{b^2 + x^2} + S_2 \sqrt{a^2 + (c - x)^2},$$

Главная проблема, возникающая при моделировании движения пассажира заключается в сложности воссоздания правдоподобного поведения.

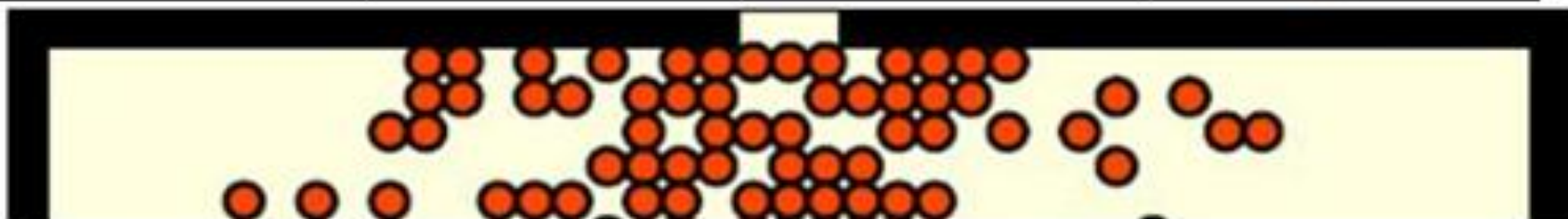
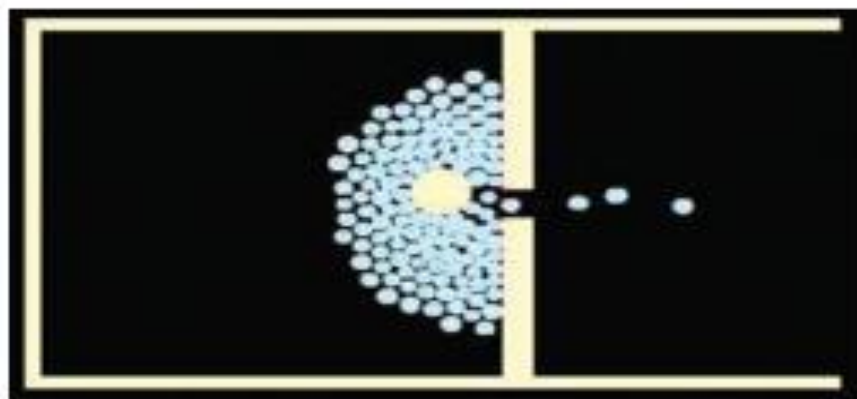
Пассажир перемещается, руководствуясь своими личностными целями или может хаотично перемещаться по терминалу в поисках того, что ему нужно.

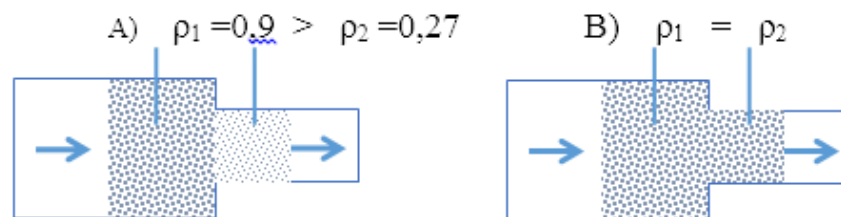


В

А,В – пассажиры, V_A – скорость пассажира А; V_B – скорость пассажира В; R_V – относительная скорость пассажира А к пассажиру В; линия АС является касательной, проведенной от пассажира к окружности вокруг пассажира В.

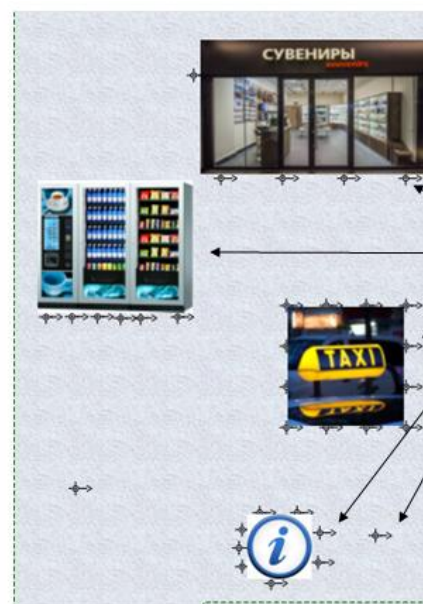
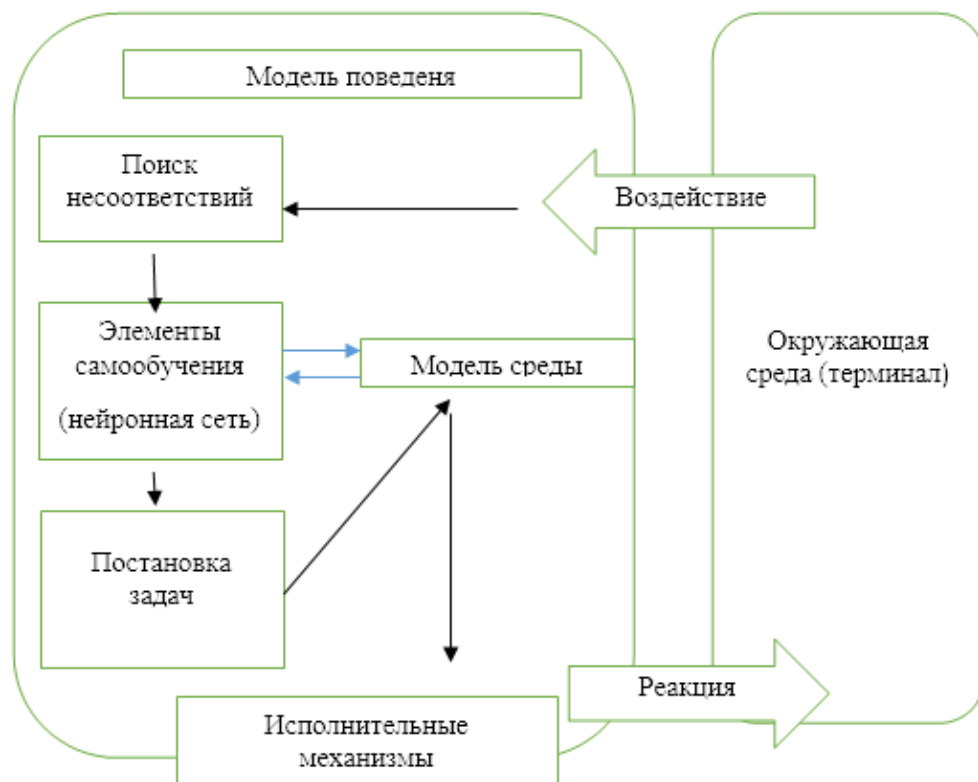
А





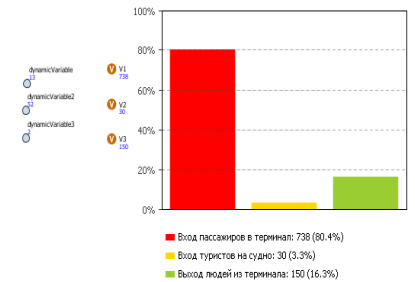
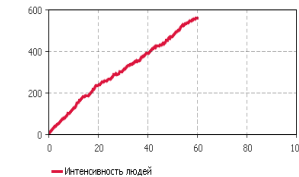
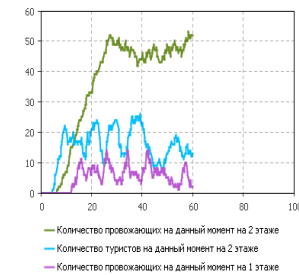
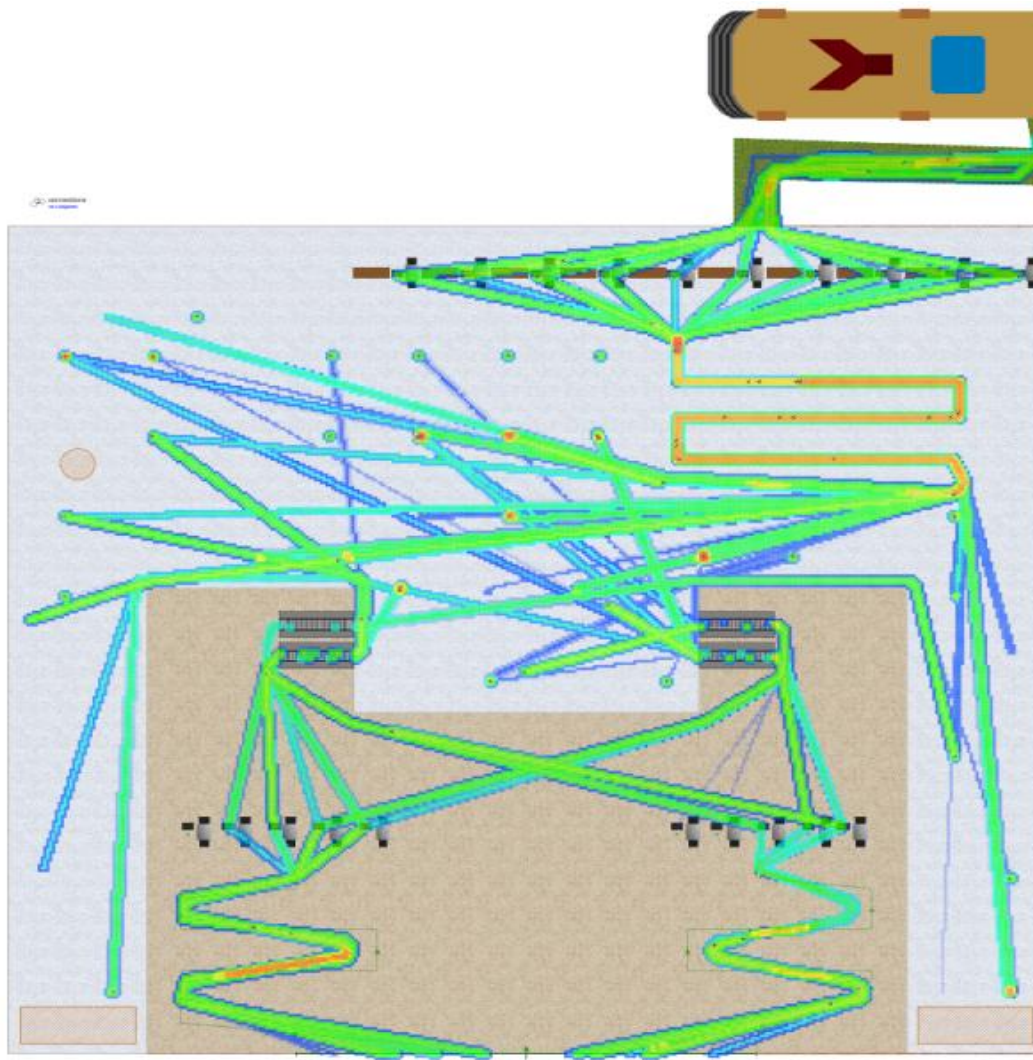
Модель поведения пассажиров А разуплотнение потока людей; В описание перемещения людей согласно ГОСТ

ПРИНЦИП НОВОГО САМООБУЧАЮЩЕГОСЯ АГЕНТА

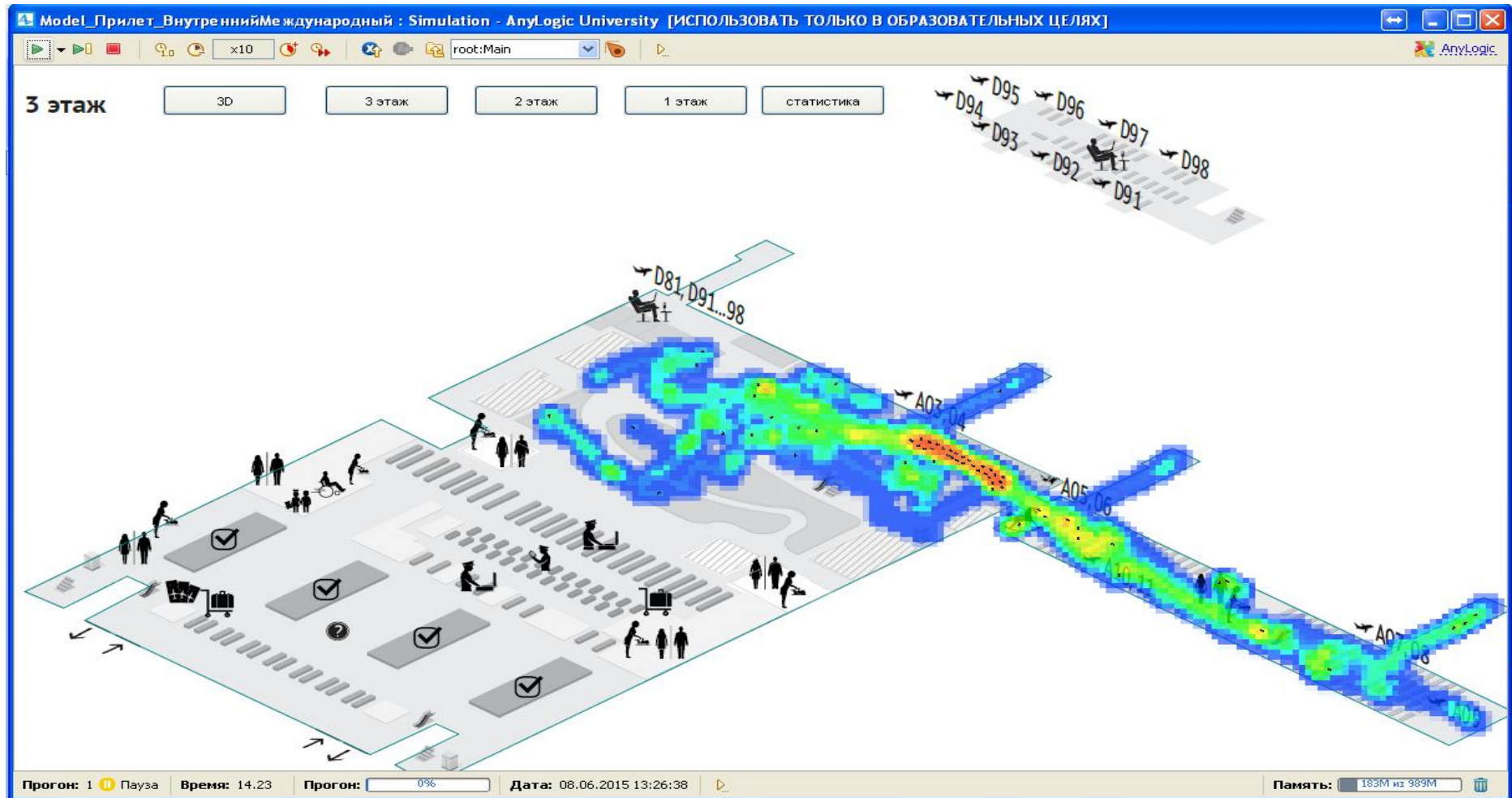


Аттракторы – зоны притяжения интересов агентов внутри морского терминала

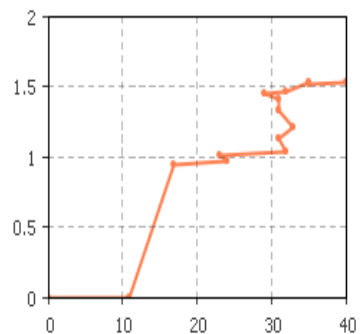
ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ НА ОСНОВЕ САМООБУЧАЮЩЕГОСЯ АГЕНТА ДЛЯ МОРСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТЕРМИНАЛА



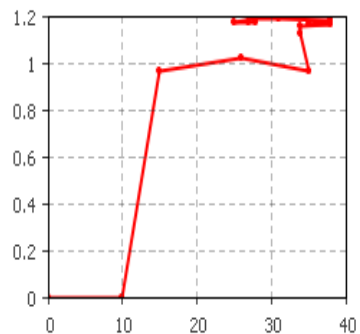
ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ НА ОСНОВЕ САМООБУЧАЮЩЕГОСЯ АГЕНТА ДЛЯ АВИАЦИОННОГО ПАССАЖИРСКОГО ТЕРМИНАЛА (АЭРОПОРТА)



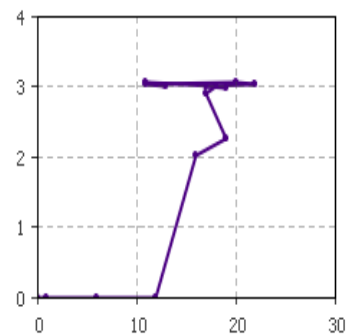
ГРАФИКИ РАБОТЫ СЛУЖБ ТЕРМИНАЛА ПРИ ОБРАБОТКЕ ПАССАЖИРОПОТОКА



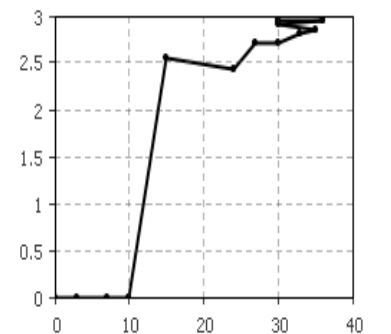
Паспортный Контроль



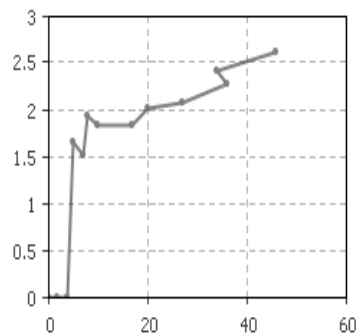
Таможенный контроль (ТРАНСФЕР)



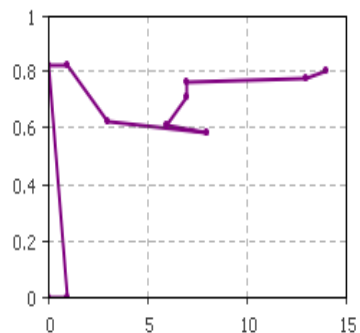
Сервис "Багаж" (прилетВнутренний)



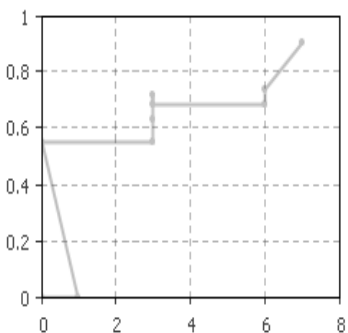
Сервис "Багаж" (прилетМеждународный)



Таможенный контроль



Контроль посадки (3й этаж)



Контроль посадки (1й этаж)

ОБЩАЯ СТРУКТУРА КОМПЛЕКСНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ МОДЕЛИ МОРСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТЕРМИНАЛА



ШЕСТОЙ НАУЧНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ: МОДЕЛЬ ЭВАКУАЦИИ ПАССАЖИРОВ ИЗ ТЕРМИНАЛА В СЛУЧАЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ

Модель эвакуации

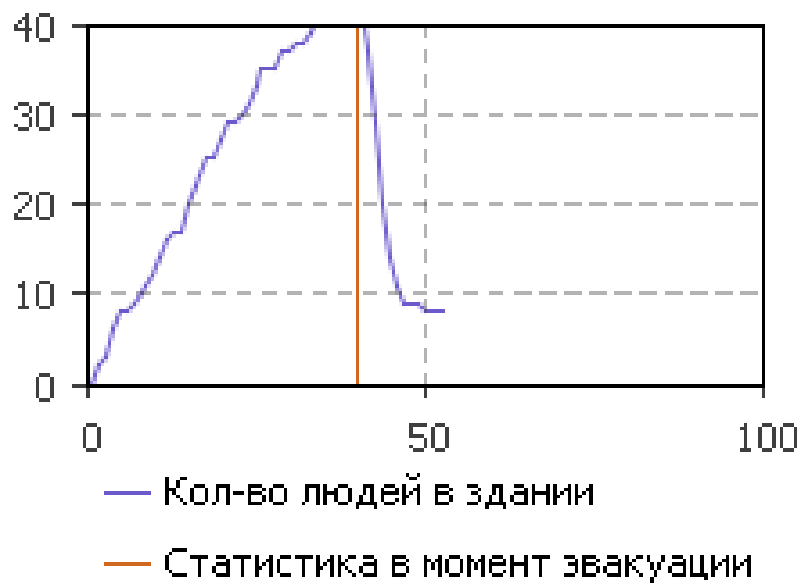
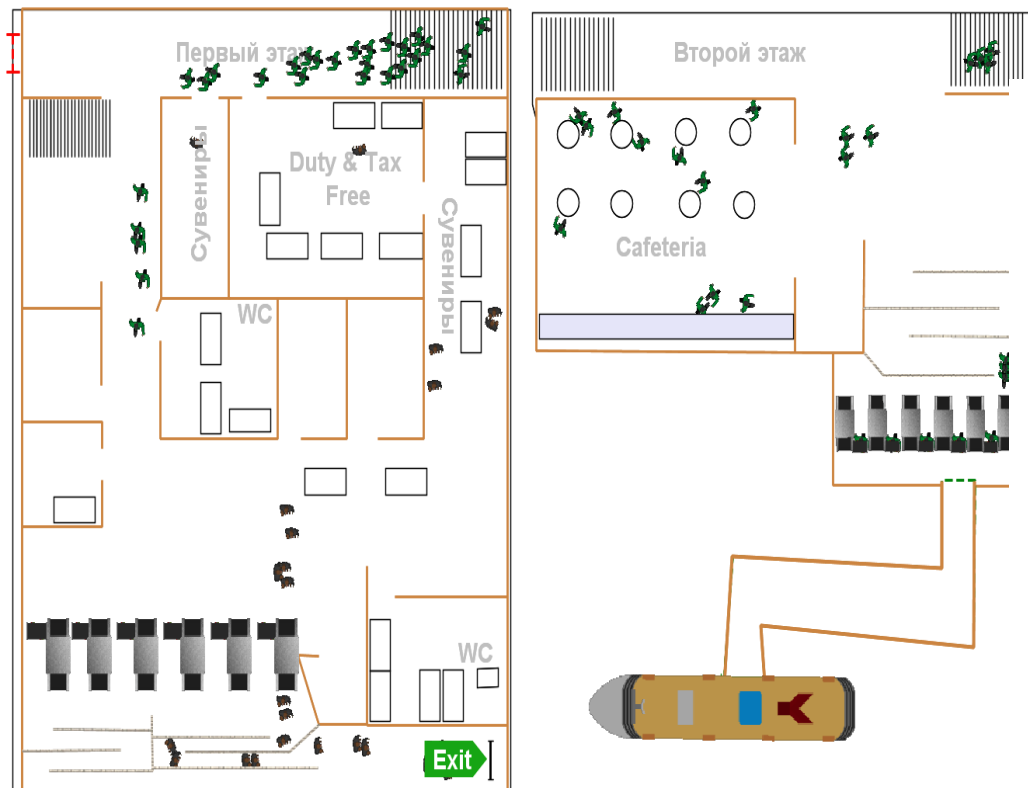
Время эвакуации: 1:49

Количество людей внутри здания: 105

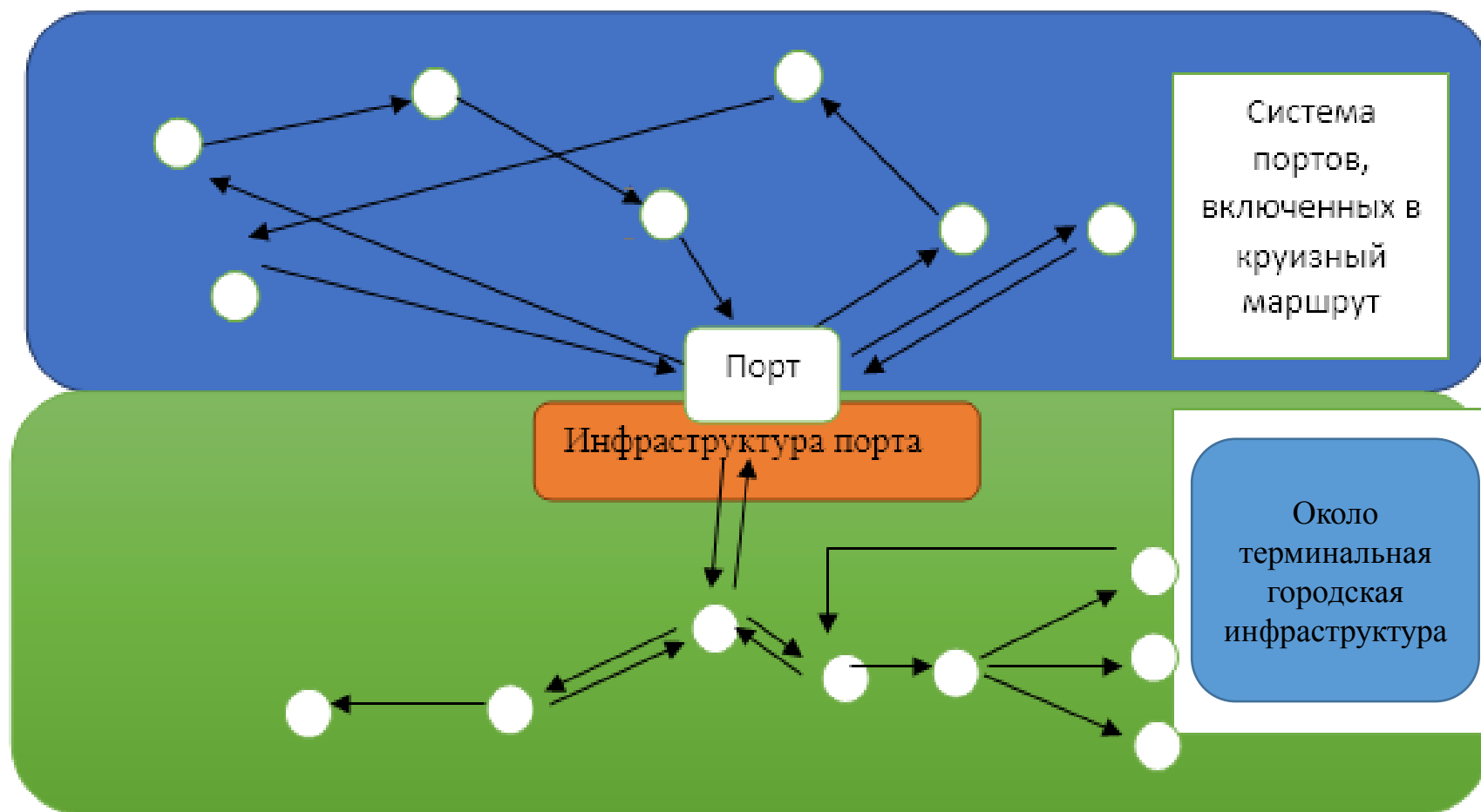
Пожарная сигнализация

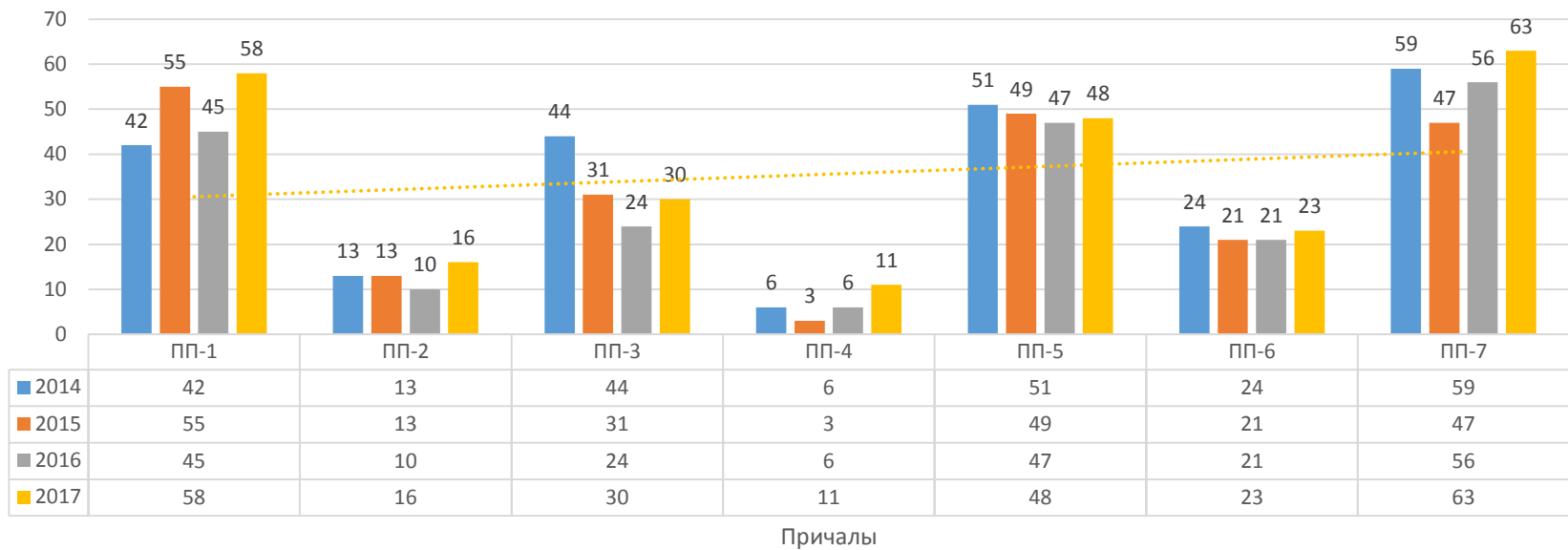
Запасной выход: ☐

Время: 08:41



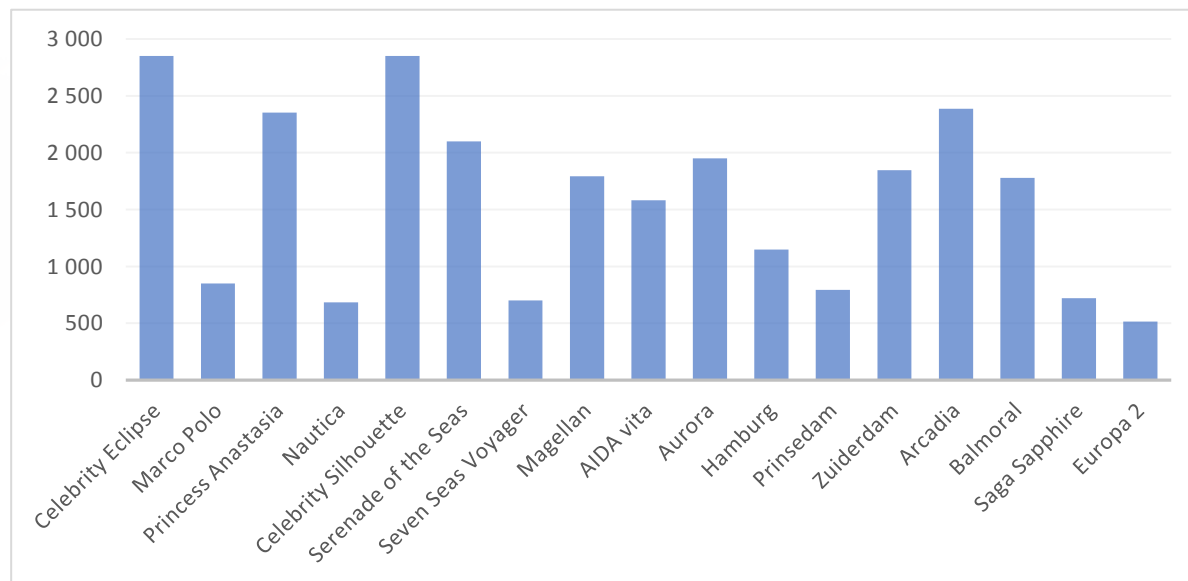
СЕДЬМОЙ НАУЧНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ: МОДЕЛИРОВАНИЕ МАРШРУТНОЙ СЕТИ МОРСКИХ КРУИЗНЫХ И ПАРОМНЫХ ЛИНИЙ



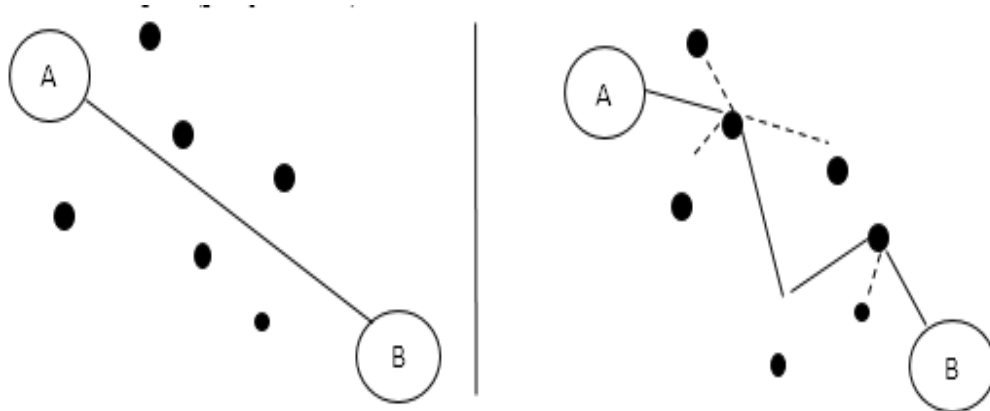


2014 2015 2016 2017 Линейная (2017)

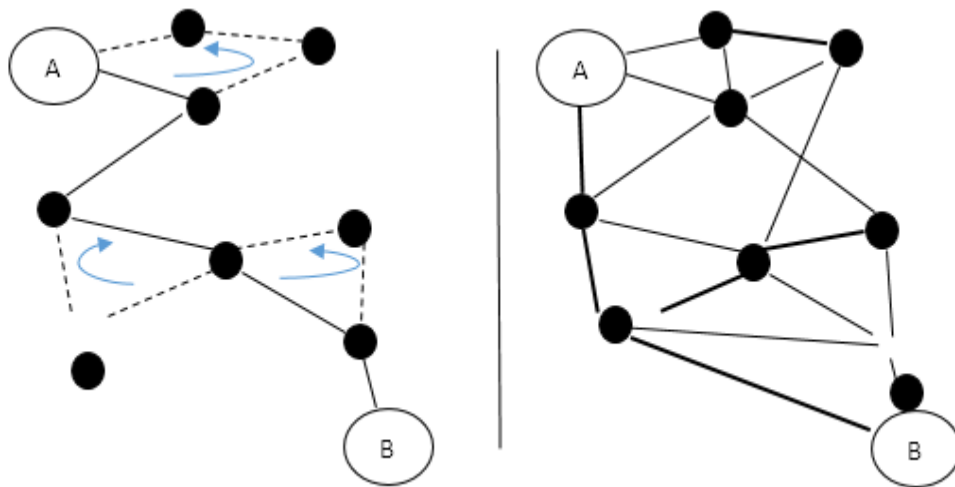
Оценка загруженности отдельных причалов в терминале «Морской Фасад»



Методологический базис маршрутной сети



Прямой паромный маршрут (линейное судоходство), соединяющий заданные порты и маршрут с включением дополнительных портов, расположенных в направлении исходного порта

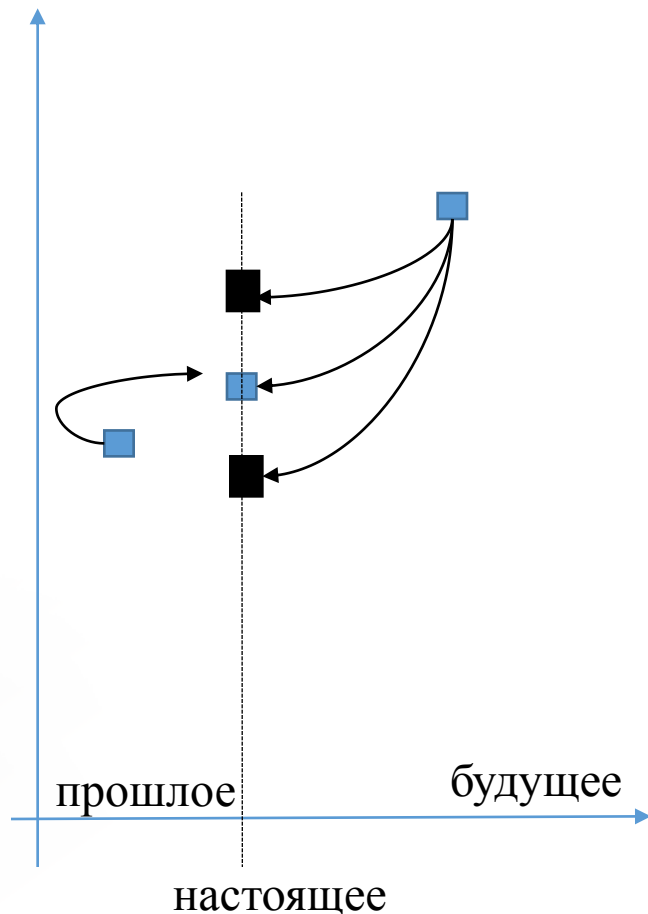


Второй вариант получается если не обеспечивается требуемая загрузка парома или в порту не собирается необходимый пассажиропоток, либо маршрут собирает пассажиропоток стремящийся в некоторый крупный порт, являющийся пересадочным узлом.

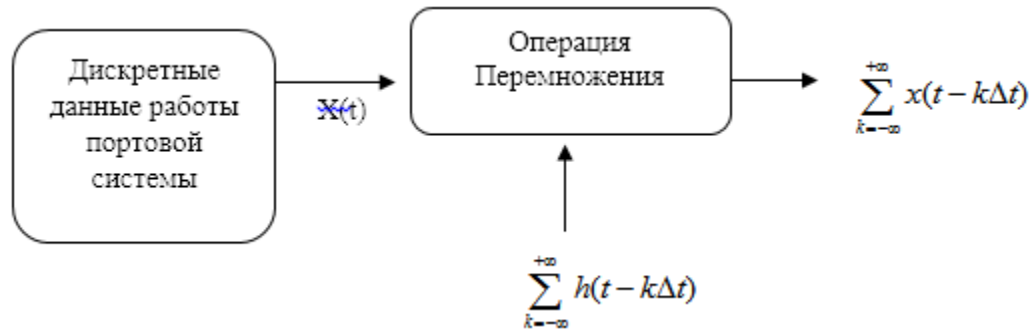
ВОСЬМОЙ НАУЧНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ: ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ МОРСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТЕРМИНАЛА НА ОСНОВЕ ДИСКРЕТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ

Для решения задачи как восстановления состояний системы, так и прогнозирования предлагается следующий алгоритм:

- сформировать дискретный интервал для проведения исследования из имеющихся динамических данных;
- сформировать критерии выборки состояний терминальной системы характеризующейся наилучшими параметрами системы и соотнести данные состояния с объектами инфраструктуры;
- сформировать критерии выборки наихудших состояний портовой системы и соотнести данные состояния с объектами инфраструктуры;
- проанализировать полученные массивы значений, используя интерполяцию и выполнить теоретическую оценку недостающего уровня;
- сформировать систему оперативного воздействия для улучшения состояний системы и проведения анализа имеющихся объектов портовой инфраструктуры.



Восстановление любого состояния системы определяется по формуле



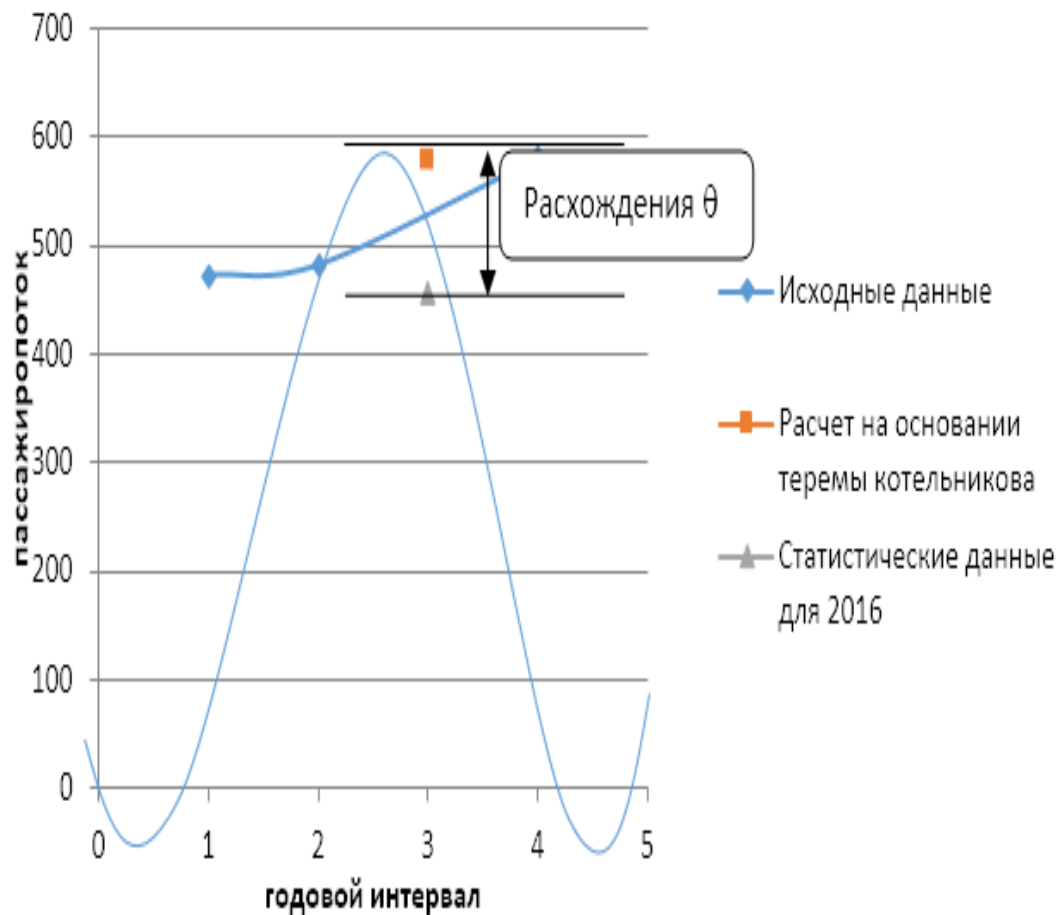
На один вход поступает исходный процесс $x(t)$ работы терминальной системы, на второй вход поступает система единичных дискретных значений, следующих друг за другом с периодом Δt .

$$s(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} s(k\Delta t) \frac{\sin 2\pi f_B(t - k\Delta t)}{2\pi f_B(t - k\Delta t)} = \sum_{k=-\infty}^{\infty} s(k\Delta t) \frac{\sin \omega_B(t - k\Delta t)}{\omega_B(t - k\Delta t)},$$

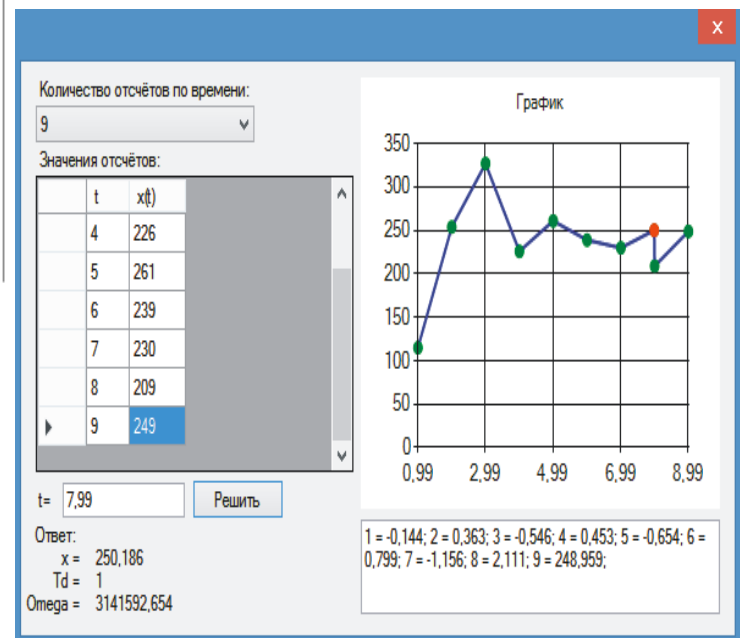
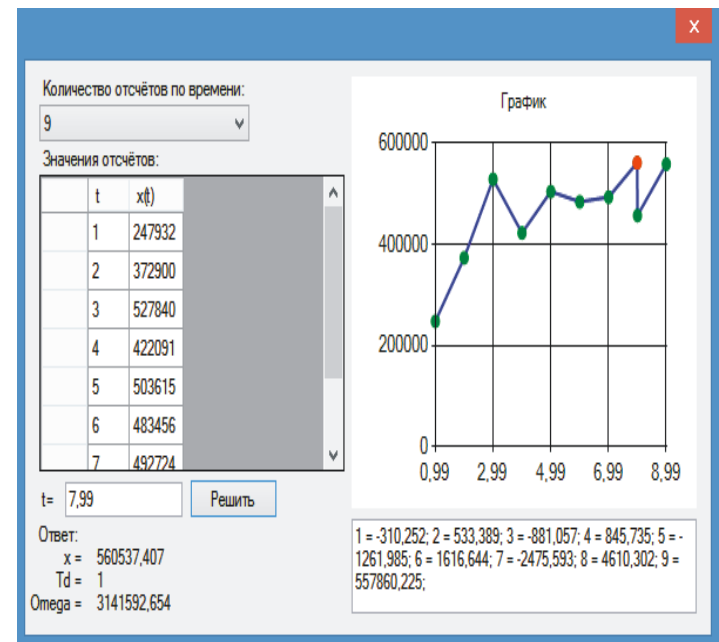
$$\omega = 2\pi f$$

$$X_{2016} = F_{2014} \frac{\sin(\omega t_{2016})}{\omega t_{2016}} + F_{2015} \frac{\sin(\omega t_{2016} - \pi)}{\omega t_{2016} - \pi} + F_{2017} \frac{\sin(\omega t_{2016} - 2\pi)}{\omega t_{2016} - 2\pi},$$

где t_{2016} – дискретный момент времени, для которого нужно произвести расчет состояния; $F_{2014}, F_{2015}, F_{2017}$ – конкретные значения по пассажиропотоку.



$$x(t) = \sum_{k=0}^K x_k \frac{\sin \omega_{\varepsilon} (t - k\Delta t)}{\omega_{\varepsilon} (t - k\Delta t)} \pm \alpha(t),$$



Предлагается блок-схема формирования корректирующего воздействия на терминальную систему



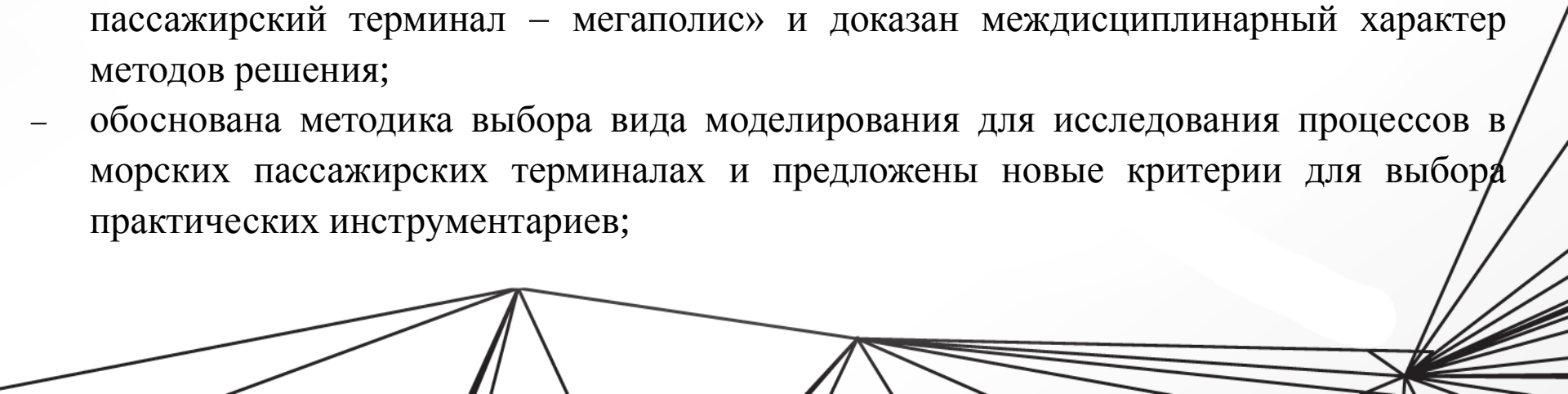
Для учета влияния внешней среды предлагается исследовать поведение пассажиров посредством базиса логистической функции. Для решения задачи прогнозирования предлагается ввести соответствие коэффициентов пропорциональности характеристики среды общества, в которой распространяется информация о туре (поездке)

$$\Delta x(t) = \sum_{k=0}^K x_k \frac{\sin \omega_{\varepsilon}(t - k\Delta t)}{\omega_{\varepsilon}(t - k\Delta t)} \pm R \left(\frac{N_1}{1 + (\alpha_1 - 1)e^{-N_1 k_1 t}} + \frac{N_2}{1 + (\alpha_2 - 1)e^{-N_2 k_2 t}} + \frac{N_3}{1 + (\alpha_3 - 1)e^{-N_3 k_3 t}} + \dots + \frac{N_n}{1 + (\alpha_n - 1)e^{-N_n k_n t}} \right),$$

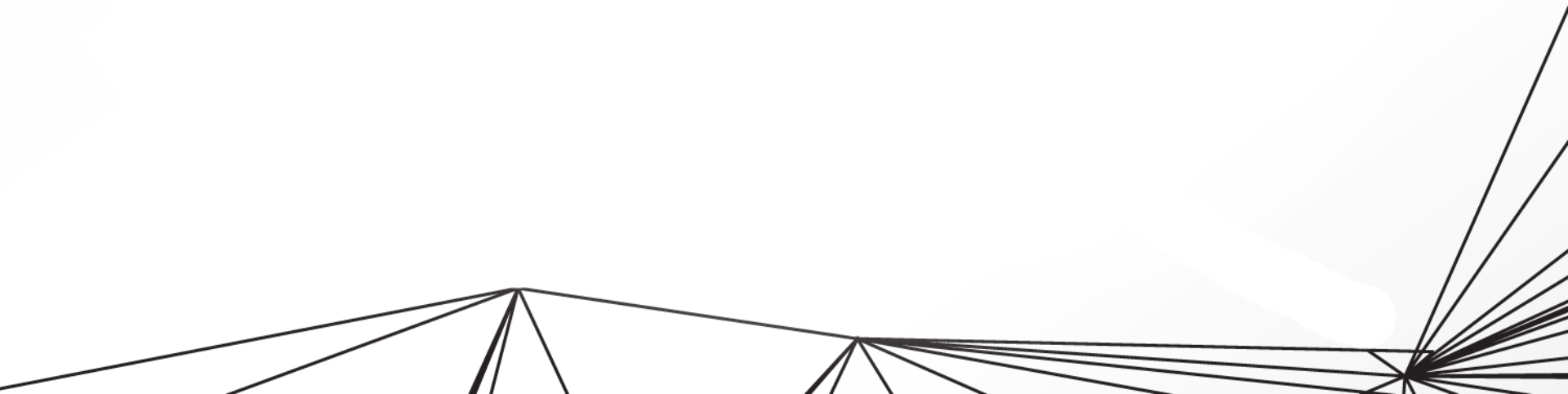
Диапазон изменений	Характеристика распределения информации в обществе. Характеристика стратегии поведения на рынке
$K \in [0; 0,4]$	Информация распространяется медленно, без особых скачков в продвижении информации Для размещения информации о круизе необходимо заблаговременно начинать рекламную информацию. Общество не очень сильно заинтересовано в круизах
$K \in [0,4; 0,6]$	Информация распространяется равномерно, также без особых скачков. За равный промежуток времени приобретётся одинаковое количество новых круизных пакетов. В социуме имеется большое количество людей уже заинтересованных в круизном продукте.
$K \in [0,6; 1]$	Круиз вызовет большую заинтересованность. Билеты на круиз будут проданы достаточно быстро. В социуме много заинтересованных людей в круизном паромной поездке.

В диссертации решены важные для транспортной отрасли практические задачи обладающие новизной и приоритетностью:

- предложен новый метод решения задачи синтеза структуры морского пассажирского терминала на принципах формализации процессов и операций, с учетом возмущающих воздействия на терминальную систему;
- разработана модель и методика, адаптированная для пассажирских терминалов, прогнозирования ключевых параметров функционирования терминала на основе транспортной модели;
- разработана методика формализации маршрутной сети круизных и паромных линий на основе статистической информации и создана методика прогнозирования вариантов маршрутной сети;
- проведен анализ загруженности пассажирских терминалов, проведен анализ возможных «узких мест» при обработке пассажиропотоков;
- формализовано представлены новые механизмы взаимодействия «перевозчик – пассажирский терминал – мегаполис» и доказан междисциплинарный характер методов решения;
- обоснована методика выбора вида моделирования для исследования процессов в морских пассажирских терминалах и предложены новые критерии для выбора практических инструментариев;



- обоснована необходимость применения комплекса видов имитационного моделирования для исследования процессов морского пассажирского терминала и маршрутной сети круизных и паромных линий;
- на основе дискретного характера процессов предложено перейти к представлению развития системы «мегаполис – терминал–перевозчик» в плоскость формирования отдельных состояний системы в заданные моменты времени и использовать аппарат дискретизации процессов (восстановлений);
- для исследования состояний портовой системы, предложено перейти к исследованию на основании критерия пассажиропотока и с применением методов моделирования сформировать аналитическую информацию по загруженности всех элементов транспортной системы;
- предложено решение задачи учета влияния внешней среды на пассажирские терминалы на основе использования логистической функции и предложена формализованная классификация влияния внешней среды.



Публикации

Общее число: 48 публикации;
монографий: 2;
трудов из перечня по теме диссертации ВАК: 14;
проиндексированы в Scopus и в WoS: 8
Из них за 2019 год Scopus - 2; ВАК – 2;
Сертификаты ЭВМ – 1;
Отраслевые сертификаты ЭВМ - 4 ;
НИР ГУАП 1.9.17 (НИОКТР АААААА-17-
117030650055-5, дата регистрации 06.03.2017).

