

Мухина Ксения Александровна, аспирант
Сибирский федеральный университет
Mukhina Kseniia Alexandrovna
Siberian Federal University

**ДЕКОМПОЗИЦИЯ МОДЕЛИ ПРОАКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
СОЦИАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ
DECOMPOSITION OF A MODEL OF A PROACTIVE DECISION SUPPORT SYSTEM TO
IMPROVE THE EFFICIENCY OF SOCIALLY ORIENTED TRANSPORT SYSTEMS**

Аннотация. В статье с позиции методологии системного анализа рассматриваются основы подхода к декомпозиции модели проактивной системы поддержки принятия решений в области управления социально-ориентированными транспортными системами. Целью управления выступает повышение эффективности социально-ориентированных транспортных систем, деятельность которых направлена на сбалансированное удовлетворение потребностей общества в перевозках. Особенности моделирования для таких систем является необходимость учета специализированных блоков параметров, которые влияют на доступность перевозок, справедливость распределения стоимости, безопасность и экологичность

Abstract. This article represents the fundamentals of an approach to decomposing a proactive decision support system model for managing socially oriented transport systems using systems analysis methodology. The goal of this approach is to improve the efficiency of socially oriented transport systems, whose activities are aimed at meeting society's transportation needs in a balanced manner. Modeling for such systems requires taking into account specialized sets of parameters that impact transportation availability, cost equity, safety, and environmental friendliness

Ключевые слова: Социально-ориентированные транспортные системы, моделирование, системный анализ

Keywords: Socially oriented transport systems, modeling, systems analysis

В контексте задач транспортного обслуживания и цифрового развития отрасли формирование проактивной системы поддержки принятия решений для повышения эффективности социально-ориентированных транспортных систем, то есть использование методологического подхода, при котором сложная система, предназначенная для заблаговременного анализа, прогнозирования и выработки решений в транспортной сфере с социальными приоритетами, разбивается на взаимосвязанные, более простые и управляемые компоненты (подсистемы, модули, процессы) является актуальным вопросом. Проактивный подход подразумевает выполнение предиктивного анализа и формирование автоматизированных рекомендаций до возникновения вопросов, требующих управленческого внимания, в отличие от реактивных систем.

В социально-ориентированных системах дополнительно необходимо учитывать факторы предпочтения лиц, принимающих решения (ЛПР), а также баланс объективных данных (техно-эксплуатационные показатели работы транспорта) и с субъективными (социальные, экономические приоритеты, показатели экологичности работы).

Проактивные системы поддержки принятия решений минимизируют задержки в принятии решений, интегрируя априорную и оперативную информацию для оперативного управления. В управлении транспортом это приводит к формированию экономического эффекта от внедрения мероприятий, формируются условия для оценки рисков и моделирования сценариев. Такой подход в настоящее время очень перспективен для систем управления транспортом в крупных агломерациях, где социальная ориентация транспортной системы повышает её инклюзивность.



Решение указанной задачи требует определенного методологического подхода. Методологическая основа исследования проактивной системы поддержки принятия решений для повышения эффективности социально-ориентированных транспортных систем включает совокупность подходов, принципов и методов, обеспечивающих получение объективных и воспроизводимых результатов в условиях сложной региональной транспортной инфраструктуры. Необходимо использовать следующие теоретико-методологические подходы:

- системный подход: рассмотрение транспортной системы как сложной социально-технической системы, включающей инфраструктуру, подвижной состав, пассажиропотоки, органы управления и нормативно-правовую среду;

- комплексный и междисциплинарный подходы: интеграция положений теории транспортных систем, теории управления, урбанистики, социальной политики и цифровой трансформации регионов;

- процессный и функциональный подходы: анализ транспортного обслуживания как цепочки процессов (планирование, организация, контроль, оценка качества), для которых разрабатываются функции проактивной системы поддержки принятия решений.

Главная задача моделирования – описать модель устойчивой работы транспортной системы. Под устойчивостью здесь будем понимать обеспечение работы транспортной системы в долгосрочном периоде, когда система может выдерживать резкие изменения спроса, экономические факторы, технологические сбои и при этом оставаться доступной, эффективной и надёжной. Модель позволяет найти оптимальный баланс между интересами пассажиров, перевозчиков и города в целом за счет использования следующей информации:

- M1 – формирование информации как и куда едут пассажиры, факторы важности для пассажиров (цена, скорость или комфорт);

- M2 – формирование массива данных формирования расходов (топливо, смазочные материалы, заработная плата, ремонтный фонд) и доходы (от билетов, субсидий);

- M3 – формирование данных в реальном времени: потоки информации с дорожной сети, заполнении автобусов и авариях, что позволяет формировать управленческие оперативные сигналы;

- M4 – формирование сценариев вида («что будет, если...») для выработки обоснованных решений по развитию сети, расписаниям работы и т.д..

- M5 – формирование факторов оценки самой системы: параметры работы инфраструктуры, системы управления в целом.

Представим структуру такой системы в виде следующих основных компонентов:

Уровень 1: Сбор и передача данных:

- источники данных (статистика, опросы, датчики);
- ETL процессы;
- хранилище данных.

Уровень 2: Аналитика и моделирование:

- методы статистического анализа;
- имитационные модели;
- системная динамика;
- прогнозные модели;

Уровень 3: Генерация и оценка альтернатив:

- многокритериальный анализ;
- сценарное моделирование;
- анализ чувствительности.

Уровень 4: Поддержка принятия решений:

- интеллектуальные рекомендации;
- мониторинг показателей в реальном времени;
- управление исключениями.



Указанные уровни требуют идентификации категорий данных для моделирования. Основные категории данных представлены в таблице 1.

Таблица 1

Категории данных моделирования

Категория	Тип данных	Источники	Периодичность	Область применения
Демографические	Численность, возрастная структура, семейный статус	Статистика, переписи	Ежегодно	Прогноз спроса на транспорт
Мобильности	Объёмы поездок, маршруты, расстояния	GPS, билетные системы	Ежедневно	Оптимизация маршрутов
Финансовые	Доходы, затраты, тарифы, субсидии	Бухгалтерия, казначейство	Ежемесячно	Анализ финансовой устойчивости
Операционные	Время в пути, точность расписания, вместимость	РДИС, системы мониторинга	Реальное время	Управление качеством
Качественные	Удовлетворённость, безопасность, комфорт	Опросы, соцсети, жалобы	Ежеквартально	Мониторинг социальных факторов
Трудовые	Численность сотрудников, производительность	HR системы, отчётность	Ежемесячно	Планирование ресурсов

Обозначим основные переменные и параметры системы – переменные состояния и параметры системы. Переменные состояния системы (t – время):

$N(t)$ – численность населения региона в момент t ;

$D_p(t)$ – спрос на пассажирские перевозки в момент t (пассажиры-км);

$C_o(t)$ – объём предложения транспортных услуг в момент t (места-км);

$R(t)$ – дохода системы в момент t (руб.);

$E(t)$ – эксплуатационные затраты в момент t (руб.);

$S(t)$ – уровень социальной удовлетворённости в момент t (0-100%);

$Q(t)$ – качество обслуживания в момент t (индекс 0-1).

Параметры системы:

α – эластичность спроса по тарифам;

β – влияние социальных факторов на спрос;

γ – коэффициент преобразования дохода в улучшение качества;

δ – скорость адаптации системы;

ρ – доля субсидирования.

Тогда можно составить динамические уравнения системы:

Уравнение 1: Динамика спроса на транспортные услуги:

$$\frac{dD_p(t)}{dt} = \beta_1 \cdot N(t) \cdot m(t) - \alpha \cdot p(t) + \beta_2 \cdot Q(t) + \epsilon_1(t)$$

где: $\beta_1 \cdot N(t)$ – базовая потребность в мобильности (зависит от численности и коэффициента мобильности) – $m(t)$ – коэффициент мобильности в момент t (зависит от



социально-экономических факторов) – $\alpha \cdot p(t)$ – снижение спроса при повышении тарифа (ценовая чувствительность) – $\beta_2 \cdot Q(t)$ – увеличение спроса при улучшении качества – $\epsilon_1(t)$ – стохастический шум (сезонные колебания, непредвиденные события).

Уравнение 2: Развитие предложения транспортных услуг:

$$\frac{dC_o(t)}{dt} = \delta \cdot (D_p(t) - C_o(t)) + u(t)$$

где: δ – скорость адаптации системы предложения к спросу; $u(t)$ – управляющее воздействие (инвестиции в расширение маршрутной сети).

Уравнение 3: Динамика доходов системы:

$$\frac{dR(t)}{dt} = p(t) \cdot D_p(t) - E(t) + G(t)$$

где: $p(t)$ – средний тариф в момент t (руб/км); $D_p(t)$ – спрос (объём перевозок); $E(t)$ – эксплуатационные затраты; $G(t)$ – государственные субсидии.

Уравнение 4: Модель эксплуатационных затрат:

$$E(t) = e_f \cdot L + e_v \cdot K(t) \cdot C_o(t) + e_l \cdot N_l(t)$$

где: e_f – фиксированные издержки на маршруте (руб/км); L – общая длина маршрутной сети (км); e_v – переменные издержки (руб/место-км); $K(t)$ – коэффициент использования мощности; e_l – затраты на оплату труда в расчёте на одного сотрудника; $N_l(t)$ – численность сотрудников.

Уравнение 5: Качество обслуживания:

$$Q(t) = Q_{base} + \gamma_1 \cdot \left(1 - \frac{D_p(t)}{C_o(t) + \epsilon}\right) + \gamma_2 \cdot Reliability(t) + \gamma_3 \cdot Safety(t)$$

где: Q_{base} – базовый уровень качества: первый множитель – влияние перегруженности маршрутов; $Reliability(t)$ – надёжность (соответствие расписанию); $Safety(t)$ – безопасность.

Приведенные уравнения образуют ядро замкнутого контура управления социально-ориентированной транспортной системой и переводят качественные социальные цели («доступность», «справедливость») в логику количественных зависимостей и ограничений. Для решения практических задач необходимо их совместное, итеративное использование в рамках проактивной системы поддержки принятия решений, что позволит находить устойчивые компромиссы и принимать решения, которые одновременно эффективны (по ресурсам) и результативны по достижению целей

Список литературы:

1. Жук А. Е. Ценностно ориентированное развитие логистических систем городского общественного пассажирского транспорта // Петерб. гос. экон. ун-т. – 2021.
2. Мельников Д. А. Поддержка принятия решения в управлении транспортом с использованием мультиагентных систем // Наука и технологии железных дорог. – 2023. – Т. 7. – №. 2 (26). – С. 53.
3. Шульженко Т. Г. Применение концептуальных положений логистики в обеспечении качества услуг системы общественного пассажирского транспорта крупного города // Логистический потенциал Санкт-Петербурга в формировании инновационной экономики. – 2016. – С. 289-293.
4. Якунин Н. Н., Шмарин А. А., Шмарин А. П. Моделирование экономической мотивации качественных перевозок пассажиров автомобильным транспортом по городским регулярным маршрутам // Проблемы современной экономики. – 2017. – №. 2 (62). – С. 198-201

