

Попова Надежда Владимировна,
Лещева Мария Николаевна
форма обучения: очная 5 курс
Московский государственный
университет путей сообщения
(МИИТ) Императора Николая II

Ситуационно-логистическая система управления дорожными производственными процессами (хозяйствами дороги)

Создание много функционирующего АСУ в различных хозяйствах железнодорожного транспорта, создававшегося различными разработчиками на различных инструментальных базах, без взаимоувязки друг с другом. Необходимость внедрения линейной системы управления хозяйствами железнодорожного транспорта в едином формате является актуальностью исследования.

Целью является: взаимосвязь функционирования хозяйств дороги, создание структурного подразделения – дорожного центра ситуационного управления (ДЦСУ), повышению эффективности и устойчивости функционирования железных дорог на транспортном рынке.

Предложенная формализованная математическая модель дорожного ситуационного управления является научной новизной.

Функционирование каждого из хозяйств железной дороги характеризуется своими специфическими особенностями и своими, присущими только им ситуациями.

При создании ДЦСУ предлагается использовать следующие концептуальные положения:

1. Принцип разделения стратегии преодоления кризисных ситуаций от стратегии управления дорогой, которая направлена на достижение тактических и стратегических целей.
2. Принцип иерархии ситуационного управления, который основан на построении системы ситуационного анализа, охватывающей все уровни дороги: управление дороги в целом, уровни отделений, линейных предприятий и т.д.
3. Принцип экономической обоснованности принимаемых решений.
4. Принцип обратной связи, который включает в себя мониторинг реализации управления на предприятии народного хозяйства.
5. Принцип автоматизации документооборота и процесса экономической оценки управленческих решений на базе современных сетевых компьютерных технологий.

Целью создания ДЦСУ является более гибкое реагирование на динамику конъюнктуры транспортного рынка, осуществление мониторинга перевозочного и других

технологических процессов, осуществление мониторинга состояния транспортной инфраструктуры, принятие экономически обоснованных управленческих решений в оперативной обстановке, своевременное предупреждение негативных производственных ситуаций, повышение устойчивости финансового состояния и функционирования ГЖД на рынке транспортных услуг.

Концепция **Ситуационных Центров**, как комплексных информационно-аналитических систем поддержки и принятия управленческих решений является сегодня весьма популярной.

Методы и технологии СЦ, которые позволяют решать задачи, непосильные традиционным пакетам ERP:

1. **Методы прогнозирования.** Используемые в традиционных пакетах методы (трендовые, статистические, Бонкса-Дженкинса и др.) имеют узкие границы применимости и неадекватны в кризисных условиях.

2. **Методы ситуационного моделирования.** Моделирование сложных экономических, политических, социальных ситуаций с обратными связями и большим числом управляющих параметров требует специализированных инструментальных пакетов, включающих внутренний язык описания моделей, средства численного интегрирования, оптимизаторы и развитый интерфейс

3. **Методы работы с неточными, неполными, зашумленными, противоречивыми и искаженными данными.** Ухудшение качества данных и снижение их достоверности в условиях кризиса приводит к неконтролируемому накоплению ошибок при обработке данных и потере контроля над ситуацией

4. **Методы оптимизации.** Как известно, задача поиска наилучшего решения (как и всякого глобального экстремума) относится к числу NP-полных задач, требующих полного перебора вариантов.

5. **Методы оценки рисков.** Профессиональная оценка рисков требует во-первых, соблюдения нормативных документов и во-вторых, применения специфического математического аппарата.

Методы ситуационного моделирования позволяют программе практически мгновенно найти наилучшее решение из миллиарда возможных.

Обобщенное описание (отображение) системы с помощью ситуаций называется *ситуационной моделью*. В связи с этим все ситуационные системы можно называть системами ситуационного моделирования.

Для сужения класса рассматриваемых систем введем следующее определение: *под ССМ понимается комплекс программных и аппаратных средств, которые позволяют хранить, отображать, симулировать (имитировать) или анализировать информацию на основе СМ.*

По назначению ССМ можно разделить на три основных класса: *системы ситуационного отображения информации (ССОИ)*, *системы динамического моделирования ситуаций (СДМС)* и *аналитические ситуационные системы (АСС)*.

ССОИ можно разделить на два подкласса: *ситуационные центры наблюдения (отображения — СЦО)* и *ССОИ с удаленным доступом (распределенные — РССОИ)*. Основная задача СЦО — строить изображения ситуаций, возникающих в предметной области, на основе которых оперативный состав принимает управляющие решения в рамках определенных задач. СЦО характеризуются:

— необходимостью создавать информационные модели и изображения весьма сложных, комплексных, динамических ситуаций реального мира, представлять эти изображения оперативному составу;

— наличием оперативного состава (коллектива потребителей графической информации), решающего на основе представленной модели визуализации ситуации некоторую совокупность задач;

— расположением в ситуационных залах управления (наблюдения, навигации), построенных на основе мощной вычислительной среды и имеющих в большинстве случаев стационарный характер.

СДМС можно разделить на два класса: *специализированные* и *адаптированные*. Для динамического моделирования (имитации) ситуаций можно использовать два подхода: первый — задание исходных данных и последующий анализ возникающих ситуаций в ССОИ или АСС; второй — представление ситуаций, их взаимосвязей и очередности возникновения с помощью систем имитационного (динамического) моделирования. К адаптированным системам, реализующим

Можно сформулировать "техническое" определение СЦ: *СЦ — помещение, оснащенное мощной и современной презентационной техникой.*

СЦ — совокупность программно-технических средств, научно-математических методов и инженерных решений для автоматизации процессов отображения, моделирования, анализа ситуаций и управления.

По размещению: *стационарные СЦ* привязаны к конкретным помещениям, где происходит анализ ситуаций, *мобильные СЦ* разворачиваются на месте событий, в конкретном регионе, *виртуальные СЦ*.

По степени детерминированности решаемых задач: *слабо детерминированные, детерминированные, сильно детерминированные.*

По целевой направленности: *СЦ контроля*. Основной задачей является наблюдение за состоянием сложного объекта или системы, *СЦ управления*. Основной целью СЦ является постоянное и активное управление объектом (группой объектов), *кризисные СЦ*. Активная

работа СЦ осуществляется только при возникновении экстренных (кризисных) ситуаций, *СЦ обучения и многоцелевой СЦ*. Сочетает в себе возможности различных СЦ.

По способу отображения ситуационной информации: *Коллективный*. Использование в СЦ только экрана коллективного пользования. *Индивидуальный*. Использование в СЦ только индивидуальных экранов. *Коллективно-индивидуальный*. Использование в СЦ экранов различного типа. К этому классу относится СЦ управления космическими полетами.

По универсальности: *Специальные СЦ*. Подавляющее большинство СЦ не могут быть использованы в других предметных областях для решения новых задач, *настраиваемые СЦ*.

В целях обеспечения устойчивости железнодорожного транспорта и повышения эффективности управления его функционированием на всех уровнях при Управлениях дорог необходимо создать дорожные центры ситуационного управления (ДЦСУ) по примеру ЦСУ МПС.

Основные задачи ДЦСУ:

- выявление проблем (узких мест) в функционировании дороги;
- выработка стратегии управления предприятием;
- разработка экономически обоснованных рекомендаций для принятия управленческих решений;
- контроллинг их реализации;
- оптимизация распределения функций между структурными подразделениями ГЖД и т.д.

Основные функции ДЦСУ:

- мониторинг показателей производственного экономического состояния дороги и своевременное предупреждение о неблагоприятных экономических последствиях качества эксплуатационной и производственной деятельности путем экономической оценки;
- анализ влияния внешней среды;
- моделирование и прогнозирование экономических последствий управления перевозочным и другими производственными процессами, планирования и бюджетирования;
- подготовка информационно-аналитического материала для поддержки принятия экономически обоснованных решений при оперативном управлении производственной деятельностью;
- подготовка экономически обоснованных управленческих решений по выполнению мероприятий структурной реформы на всех уровнях управления;
- мониторинг хода реализации плана – графика мероприятий структурной реформы железнодорожного транспорта на уровне дороги, отделений и линейных подразделений, определение эффекта от реализации и заблаговременное предупреждение о негативных аспектах;
- выработка предложений по ресурсосбережению, рациональному использованию основных производственных фондов;

- организация и координация конструктивного взаимодействия с научными организациями и специализированными консалтинговыми фирмами;
- взаимодействие с отраслевыми информационными системами ЕК ИОДВ, АИС ЭДВ, ЭТРАН, ДИСПАРК, ДИСЛОК, ДИСКОН, ЕК АСУФР, информационно-аналитической системой (ИАС) «Мониторинг» и другими, а также с АСУ других видов транспорта, промышленных предприятий, грузовладельцев, экспедиторских компаний, таможенных и сертификационных органов и других субъектов транспортного рынка;
- концентрация и систематизация информации о финансово-экономической, эксплуатационной и производственной деятельности хозяйств дороги, их взаимодействия между собой;
- анализ влияния внешней среды;

Всю структуру конкретной ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ можно представить как совокупность хозяйств (перевозок – *Д*, грузовой и коммерческой работы – *М*, вагонного – *В*, локомотивного – *Т*, пассажирского – *Л*, связи – *Ш*, электрификации – *Э*, пути – *П* и других), взаимодействующих между собой.

Каждое из хозяйств ДОРОГИ влияет на функционирование одного или нескольких других хозяйств. Например. Разрешение на погрузку дается только при наличии на станции отправления согласованной заявки на грузовую перевозку, поступающей из дорожного центра фирменного транспортного обслуживания (*ДЦФТО*). Отправление погруженных вагонов движенцами (работниками хозяйства *Д*) невозможно без оформления перевозочных и контроля наличия других сопутствующих документов (таможенных, сертификационных, страховых и т.д.) работниками хозяйства грузовой и коммерческой работы (*М*). Оформление данных документов немыслимо без оплаты соответствующих услуг, что контролируется *ДЦФТО*, *М* и финансистами (*НФ*). Под погрузку должны подаваться только вагоны, исправные в техническом отношении, что контролируется работниками ПТО вагонного хозяйства (*В*). Отправление сформированных составов невозможно без поездных локомотивов (хозяйство *Т*), подвязка которых осуществляется движенцами (хозяйство *Д*). Локомотив в свою очередь может перемещаться вместе с вагонами только при наличии тока в контактной сети, обеспечиваемого энергодиспетчерами (хозяйство *Э*) и по железнодорожному пути, отвечающего требованиям обеспечения безопасности движения (хозяйство *П*). Следование по перегонам, отправление и прибытие на станции поездопотоков регулируется разрешающими и запрещающими показаниями поездных светофоров, что обеспечивается устройствами сигнализации, централизации и блокировки (хозяйство *Ш*). Маневровые операции на станциях расформирования и формирования поездов выполняются соответствующими локомотивами (хозяйство *Т*), маршруты передвижения которым, задаваемые дежурными по станции (хозяйство *Д*) и высвечиваемые на световых табло, обеспечиваются показаниями станционных светофоров (хозяйство *Ш*). Управление

перевозочным и другими производственными процессами во всех хозяйствах железнодорожного транспорта немисливо без соответствующего информационного обеспечения (хозяйство информатизации и связи - *НИС*).

При этом взаимодействие между хозяйствами ДОРОГИ влияет на ее функционирование в целом.

В зависимости от целевых задач управления количество рассматриваемых хозяйств (N) можно варьировать. При этом число связей ($Ч_{св}$) между принимаемыми в **рассмотрение хозяйствами можно определить по формуле**

$$Ч_{св} = N(N-1) / 2$$

Наиболее существенной качественной характеристикой ДОРОГИ является **структурная связность** ее подсистем – хозяйств и отдельно взятых элементов.

Каждое **хозяйство** характеризуется показателями своей деятельности, - общими и специфическими (объемными и качественными), получаемыми в режиме реального времени при помощи уже функционирующей автоматизированной системы контроллинга.

Также одним из модулей ЦСУ МПС является внедренная на железных дорогах автоматизированная система **управления финансами и ресурсами (ЕК АСУФР)**.

При отклонении от **эталонного состояния** принимаются экономически обоснованные решения по выправлению ситуации при помощи экономико-математических моделей с применением современных инструментальных средств и всех существующих наработок, включая информационно-справочные, информационно-советующие и информационно-управляющие системы с использованием экспертных систем, баз знаний и искусственного интеллекта.

Каждый показатель, характеризующий то или иное **хозяйство**, имеет свое функциональное назначение и оказывает влияние как на состояние и функционирование самого **хозяйства**, так и на состояние и функционирование отдельно взятого **элемента** каждого из **хозяйств**, а также на порядок взаимодействия между ними - то есть на состояние и функционирование всей ДОРОГИ в целом.

Одно из важнейших (качественных) свойств ДОРОГИ заключено в силе **связности** ее хозяйств и **элементов** при определенной технологии и **правовой базе** их взаимодействия или, другими словами, это есть то **топологическое пространство состояния**, в котором заключено качественное свойство ДОРОГИ. Оно представляет собой пространство, которое можно назвать пространством **структуры хозяйств** ДОРОГИ и **их элементов**, так как именно структура взаимосвязи **хозяйств** и их **элементов** определяющим образом влияет на ее функционирование.

Симплекс - это выпуклая оболочка линейно независимых точек в евклидовом пространстве или гомеоморфный образ. Указанные точки называются вершинами симплекса, а уменьшенное на единицу их число - **размерностью симплекса**.

Между вершинами симплекса данные могут перемещаться только в одном направлении и невозможно движение **потока** данных в противоположном направлении». При этом имеется ввиду только **информационный поток**. Функционирование ДОРОГИ характеризуется перемещением не только **информационных**, но и остальных типов **потоков** – **транспортных, грузовых, финансовых, энергетических** в самых различных направлениях (обмен информацией, возврат неправильно начисленных денежных сумм, возвращение подвижного состава к своему владельцу, возврат груза на станцию отправления вследствие коммерческой неисправности и др.), поэтому данный термин при моделировании соответствующих процессов неприемлем. Термин «**дуплекс (duplex)**», характеризующий возможность одновременной передачи данных (движения **информационного потока**) в обоих направлениях, также является не совсем подходящим, поскольку между одними и теми же **элементами** ДОРОГИ и субъектами рынка транспортных услуг (железнодорожными станциями, грузовладельцами, экспедиторами, ЦФТО и т.д.) перемещаются **потоки** различных типов. Поэтому наиболее подходящим для формализации взаимодействий между **хозяйствами** ДОРОГИ и их **элементами** представляется термин «**мультиплекс (multiplex)**», характеризующий перемещение всех типов **потоков** в любых направлениях, а также их взаимодействие между собой.

Для описания взаимодействия **хозяйств** ДОРОГИ на произведениях D и M , D и B , D и T , D и L , D и $Ш$, D и $Э$, D и $П$ и всех остальных введены отношения $\lambda_{DM} \in D \times M$, $\lambda_{DB} \in D \times B$, $\lambda_{DT} \in D \times T$, $\lambda_{DL} \in D \times L$, $\lambda_{DШ} \in D \times Ш$, $\lambda_{DЭ} \in D \times Э$, $\lambda_{DP} \in D \times П$ и т.д., которые существуют между множествами D и M , D и B , D и T , D и L , D и $Ш$, D и $Э$, D и $П$ и т.д. тогда и только тогда, когда соответствующие **хозяйства** взаимодействуют между собой.

С геометрической точки зрения отношения λ_a^i , λ_b^i , λ_j^i , λ_c^i , λ_w^i , λ_d^i , λ_u^i и т.д. определяют **мультиплициальные комплексы**, обозначаемые через $\mu_i^a(M; \lambda_a^i)$, $\mu_i^b(B; \lambda_b^i)$, $\mu_i^j(T; \lambda_j^i)$, $\mu_i^c(L; \lambda_c^i)$, $\mu_i^w(Ш; \lambda_w^i)$, $\mu_i^d(Э; \lambda_d^i)$, $\mu_i^u(П; \lambda_u^i)$ и т.д.

Другими словами, мультиплексы x_i (**элементы** хозяйств ДОРОГИ) представляют собой выпуклые многогранники с вершинами в евклидовых пространствах E_a^i , E_b^i , E_j^i , E_c^i , E_w^i , E_d^i , E_u^i и т.д., а мультиплициальные комплексы $\mu_i^a(M; \lambda_a^i)$, $\mu_i^b(B; \lambda_b^i)$, $\mu_i^j(T; \lambda_j^i)$, $\mu_i^c(L; \lambda_c^i)$, $\mu_i^w(Ш; \lambda_w^i)$, $\mu_i^d(Э; \lambda_d^i)$, $\mu_i^u(П; \lambda_u^i)$ и т.д. - совокупности таких многогранников в тех же пространствах, вершинами которых являются **элементы** хозяйств ДОРОГИ (i, a, b, j, c, w, d, u). При такой постановке можно оценить **прямое влияние** структур **хозяйств** друг на друга.

На мультиплексах комплексов μ_a^i , μ_b^i , μ_j^i , μ_c^i , μ_w^i , μ_d^i , μ_u^i и т.д. можно ввести **отношения эквивалентностей** соответственно γ_q^{ai} , γ_q^{bi} , γ_q^{ji} , γ_q^{ci} , γ_q^{wi} , γ_q^{di} , γ_q^{ui} и т.д. Множества всех классов отношений эквивалентностей γ_q^{ai} , γ_q^{bi} , γ_q^{ji} , γ_q^{ci} , γ_q^{wi} , γ_q^{di} , γ_q^{ui} и т.д. образуют соответственно фактор-множества μ_a^i/γ_q^{ai} , μ_b^i/γ_q^{bi} , μ_j^i/γ_q^{ji} , μ_c^i/γ_q^{ci} , μ_w^i/γ_q^{wi} , μ_d^i/γ_q^{di} , μ_u^i/γ_q^{ui} и т.д., которые определяют разбиение пар мультиплициальных комплексов $\mu_i^a(M; \lambda_{ai})$ и $\mu_a^i(D; \lambda_{ai}^{-1})$, а также всех остальных на попарно непересекающиеся подсистемы (разбиение

структуры ДОРОГИ на отдельные подсистемы хозяйств и элементов), называемых *классами отношений эквивалентности* $Q_q^{ai}, Q_q^{bi}, Q_q^{ji}, Q_q^{ci}, Q_q^{wi}, Q_q^{di}, Q_q^{ui}$ и т.д.

Для оценки качественного (топологического) свойства структуры ДОРОГИ введен показатель – «мера сложности» структуры - $\Psi_{\text{дорога}}(\mu)$. Меры сложности взаимодействия структур хозяйств - $\Psi_i(\mu), \Psi_a(\mu), \Psi_b(\mu), \Psi_j(\mu), \Psi_c(\mu), \Psi_w(\mu), \Psi_d(\mu), \Psi_d(\mu)$ определяются через координаты соответствующих векторов $Q^i, Q^a, Q^b, Q^j, Q^c, Q^w, Q^d$ и Q^u по формулам

Относительная важность того или иного хозяйства или элемента в общей структуре ДОРОГИ характеризуется их *эксцентриситетами*.

Значения эксцентриситетов различных мультиплексов позволяют оценить насколько каждое хозяйство или их элементы *интегрированы* в общую структуру ДОРОГИ, то есть их значимость в ее функционировании.