

На правах рукописи



Ерохин Александр Владимирович

**МОДЕЛИ И МЕХАНИЗМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ МЕГАПОЛИСА
(НА ПРИМЕРЕ “МОСАВТОДОР”)**

**Специальность 05.13.10 – управление в социальных и
экономических системах**

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**



Воронеж – 2007

Работа выполнена в государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент
Белюсов Вадим Евгеньевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Подольский Владислав Петрович,
ГОУ ВПО Воронежский государственный
архитектурно-строительный университет

кандидат технических наук, доцент
Говоров Василий Васильевич,
ГУ Федерального управления автомобиль-
ных дорог «Черноземье» (г. Воронеж)

Ведущая организация: ГОУ ВПО Московский автомобильный
дорожный институт (государственный
технический университет)

Защита диссертации состоится 31 октября 2007 г. в 12⁰⁰ часов на засе-
дании диссертационного совета Д 212.033 03 при Воронежском
государственном архитектурно-строительном университете по адресу
394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84, ауд. 3220

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Воронежского го-
сударственного архитектурно-строительного университета

Автореферат разослан « 28 » сентября 2007 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Чертов В. А.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. За последнее время количественно и качественно возрос уровень дорожного и мостового строительства. Лавинообразно внедряются новые материалы, технические и технологические решения, в т.ч. и зарубежные разработки. В таких условиях, как это не парадоксально, возникла объективно особая необходимость усиления контроля качества проводимых работ, что невозможно без внедрения новых моделей и механизмов управления в организациях, занимающихся эксплуатацией и содержанием автодорог.

Особенно остро проблемы эффективного управления при эксплуатации автодорог возникли в мегаполисах страны, что обусловлено рядом причин. пропускная способность дорожной сети с каждым годом все больше отстает от возрастающих потребностей движения, причем средняя скорость движения по дорогам мегаполиса падает, время ожидания в заторах растет, а развитие сети на порядок отстает от потребностей автотранспорта, техническое состояние существующей сети ухудшается, а недоремонт - возрастает, эксплуатационное состояние сети с каждым годом отстает от возрастающих потребностей пользователей, аварийность движения на дорогах мегаполиса растет год от года.

Основной причиной сложившегося положения является сочетание резкого роста количества автомобильного транспорта и стремительного роста потребностей жителей мегаполисов в качестве транспортного обслуживания. Однако, с независимой и объективной точки зрения, существующие структуры управления дорожным хозяйством не в состоянии изменить негативные тенденции ухудшения основных свойств сети автомобильных дорог и улиц мегаполиса по следующим причинам: отсутствует соответствие между размером сети автомобильных дорог, возрастающими требованиями к состоянию сети и выделяемыми бюджетом мегаполиса средствами; отсутствует соответствие между размером сети автомобильных дорог, численностью аппарата Заказчика и имеющимися у Заказчика технологиями определения объемов, контроля и приемки дорожных работ. Иначе говоря, Заказчик не в состоянии обеспечить целесообразность, объективность и достоверность расходования 100% бюджетных средств, система управления сетью автомобильных дорог мегаполиса является, как правило, эмпирически сложившейся в иных исторических условиях и для того, чтобы быть в состоянии соответствовать современным потребностям, нуждается в реформировании.

Возникло противоречие между возрастающими потребностями народнохозяйственного комплекса в качестве дорог и возможностями существующих структур управления автодорогами в их способности обеспечить данные потребности.

Таким образом, актуальность исследования обусловлена необходимостью изыскания нового научного подхода к задаче повышения обоснованности и эффективности решений, принимаемых в процессе эксплуатации сети автодорог мегаполиса и обеспечивающих снижение временных и финансо-

вых затрат при существующем управленческом персонале и заданном уровне качества, является **актуальным** в научном и практическом плане

Основные исследования, получившие отражение в диссертации, выполнялись по планам научно-исследовательской работы

- грант РФФИ «Гуманитарные науки» «Разработка оптимизационных моделей управления распределением инвестиций на предприятии по видам деятельности» № Г00-3 3-306

Цель исследования заключается в разработке моделей и механизмов эксплуатации и содержания автодорог мегаполиса обеспечивающих снижение затрат за счет интеллектуальной поддержки процесса управления на заданном уровне качества.

*Достижение поставленной цели потребовало решения следующих **основных задач***

проанализировать существующие системы управления дорожным хозяйством мегаполисов,

разработать модель для определения стратегических и тактических целей развития дорожного хозяйства с возможностью формирования конкретных оперативных задач выполняемых целевых программ,

синтезировать механизм для классификации автодорог мегаполиса, позволяющий определить требования к состоянию автодорог и перечня работ по их содержанию,

разработать имитационную модель загрузки дорожной сети мегаполиса и с ее помощью определить оптимальные варианты работ по нормативному содержанию,

построить механизм для прогнозирования состояний дорожной сети в целях определения объема нормативных работ по содержанию,

сформировать семантическую модель для анализа возможных причин расхождений между планируемыми и реальными состояниями дорожной сети при ее эксплуатации,

разработать модель и алгоритм функционирования системы управления эксплуатацией и содержания автодорог (СЭАМ) с возможностью мониторинга и корректировки основных показателей, позволяющие оптимизировать бизнес-деятельность, за счет интеллектуальной поддержки,

осуществить проектирование концептуальной модели данных прикладного программного обеспечения для реализации функций СЭАМ,

провести экспериментальные исследования предложенных моделей и механизмов для аналитического сравнения с существующими моделями СЭАМ, проанализировать их и получить оптимальный вариант

Методы исследования. В работе использованы методы моделирования организационных систем управления, системного анализа, теории игр, теории вероятности, теории принятия решений, использованием распылчатых категорий, искусственного интеллекта

Научная новизна В диссертации получены следующие результаты, характеризующиеся научной новизной

1 Разработана модель определения стратегических и тактических целей развития дорожного хозяйства мегаполиса позволяющая в отличие от традиционных формировать конкретные оперативные задачи выполняемых целевых программ за счет использования метода анализа иерархий

2 Предложен механизм классификации автодорог мегаполиса, позволяющий существенно конкретизировать требования к состоянию автодорог и перечень работ по их содержанию

3 Разработана имитационная модель загрузки дорожной сети мегаполиса позволяющая в отличие от известных подходов определять интенсивность и загруженность транспортных потоков при существенном повышении точности прогноза

4 Сформирован механизм для прогнозирования состояний дорожной сети позволяющий в отличие от известных подходов планировать объемы нормативных работ по содержанию за счет использования асимптотически эффективных оценок

5 Получена модель функционирования системы управления эксплуатацией и содержания автодорог мегаполиса с возможностью мониторинга, анализа и корректировки основных показателей деятельности за счет интеллектуальной поддержки

Достоверность научных результатов Научные положения, теоретические выводы и практические рекомендации, включенные в диссертацию, обоснованы математическими доказательствами. Они подтверждены расчетами на примерах, производственными экспериментами и многократной проверкой при внедрении в практику управления

Практическая значимость и результаты внедрения На основании выполненных исследований синтезированы модели и механизмы эксплуатации автомобильных дорог мегаполиса, позволяющие за счет интеллектуальной поддержки процесса управления существенно повысить эффективность работ по нормативному содержанию дорожного хозяйства, а также непрерывно осуществляя мониторинг соответствия выполняемых мероприятий нормативным требованиям выявлять нежелательные исходы, анализировать причины их возникновения в целях организации последующей корректировки

Использование разработанных в диссертации моделей и механизмов позволяет многократно применять разработки, тиражировать их и осуществлять их массовое внедрение с существенным сокращением продолжительности трудозатрат и средств

Разработанные модели используются в практической деятельности следующих предприятий ГУ «Межрегиональная дирекция по дорожному строительству ДСД Центр» (Воронежский филиал), Дорожная управляющая компания ООО «Лакдей» (г Москва), ГУ Московской области "Управление автомобильных дорог Московской области "МОСАВТОДОР"

Модели, алгоритмы и механизмы включены в состав учебного курса «Управленческие решения», в Воронежском государственном архитектурно-строительном университете

На защиту выносятся:

- 1 модель определения стратегических и тактических целей развития дорожного хозяйства мегаполиса,
- 2 механизм для классификации автодорог мегаполиса,
- 3 имитационная модель расчета загрузки дорожной сети мегаполиса,
- 4 механизм для прогнозирования состояний дорожной сети
- 5 модель функционирования системы эксплуатации и содержания автодорог мегаполиса

Апробация работы. Основные результаты исследований и научных разработок докладывались и обсуждались на конференциях, симпозиумах, совещаниях и научных сессиях 62 научно-технической конференции по проблемам архитектуры и строительных наук (Воронеж, ВГАСУ, 2006 г), международной научно-практической конференции «Образование, наука, производство и управление» (Старый Оскол, СТИ МИСиС, 2006 г) и международной научной конференции «Сложные системы управления и менеджмент качества» (Старый Оскол, СТИ МИСиС, 2007 г), четвертой международной научно-практической конференции «Системы управления эволюцией организации» (Санья, Китайская Народная республика, 2007 г), 6 всероссийской научно-практической конференции «Системы автоматизации в образовании, науке и производстве» (Новокузнецк, СибГИУ, 2007 г)

Публикации. По теме диссертации опубликовано 14 печатных работ общим объемом 69 страниц (лично автором выполнено 43,5 с)

Личный вклад автора в работах, опубликованных в соавторстве, состоит в следующем в работе [2] автором разработана модель определения стратегических и тактических целей развития дорожного хозяйства мегаполиса, в работах [8], [9], [11], [12], [13], [14] автору принадлежит механизм классификации автодорог мегаполиса, в работах [4], [10] автор определяет интенсивность загрузки дорожной сети мегаполиса, в работе [6] автором разработан механизм для анализа реальных состояний дорожной сети на основе семантической модели, в работах [3], [5], [7] автору принадлежит модель функционирования системы эксплуатации и содержания автодорог мегаполиса

Объем и структура работы Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы и приложений Она содержит 156 страниц основного текста, 18 рисунков, 29 таблиц и приложения Библиография включает 154 наименования

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновываются актуальность, описываются цель и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость

В первой главе проанализированы существующие варианты систем эксплуатации автодорог различного уровня подчинения и обслуживания ближнего зарубежья, дорог федерального значения, региональных и муниципальных, рассматриваются типовые схемы управленческой деятельности,

сформулированы принципы формирования системы научно-технического сопровождения реализации дорожных работ, определены основные объекты в структуре управления автодорогами, описываются основные отраслевые документы нормативно-технологического и методического характера

Предметом управления в сфере деятельности органа управления системой эксплуатации дорог мегаполиса (СЭАМ) является выполнение функций Государственного Заказчика на содержание, ремонт, реконструкцию и новое строительство автомобильных дорог общего пользования и сооружений на них. Это огромный перечень задач и функций, причем некоторые из них могут носить разновекторный характер. Поэтому формируется явное противоречие между имеющейся структурой СЭАМ и задачами в области их ответственности, что обуславливается следующими причинами: отсутствует соответствие между размером сети автомобильных дорог, возрастающими требованиями к состоянию сети и выделяемыми бюджетом области средствами, отсутствует соответствие между размером сети автомобильных дорог, численностью аппарата Заказчика и имеющимися у Заказчика технологиями определения объемов, контроля и приемки дорожных работ. Иначе говоря, Заказчик не в состоянии обеспечить целесообразность, объективность и достоверность расходования 100% бюджетных средств, система управления сетью автомобильных дорог мегаполисов, как правило, является эмпирически сложившейся в иных исторических условиях и для того, чтобы быть в состоянии соответствовать современным потребностям, нуждается в реформировании.

Рассмотрим модель СЭАМ в контексте сложившейся иерархической структуры, представляющей собой совокупность органов управления, отделов и служб с иерархической схемой подчинения. Предполагается, что - каждый орган может принимать решения, - решения органов можно характеризовать конечным набором переменных, принимающих числовые значения, - принятие решения органом сводится к выбору некоторого числового значения переменных из множества их допустимых значений, - качество принимаемых решений оценивается конечным числом показателей эффективности. Тогда, иерархическая система (рис. 1) будет состоять из принимающих решения органов B_p^q , $p = 1, \dots, K$, $q = 1, \dots, Q(K)$.

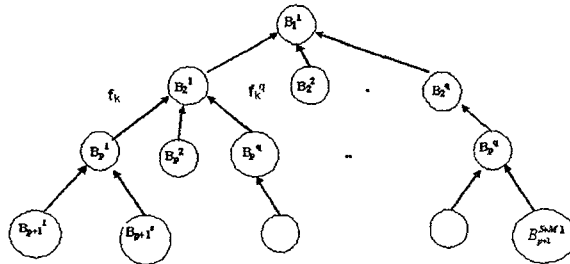


Рисунок 1 – Иерархическая модель СЭАМ

Обозначив через p номер уровня иерархической системы (соответствует уровню классификации закрепленной дороги), а q - номер органа на данном иерархическом уровне (соответствующий отдел или департамент регионального, межмуниципального или муниципального органов) определим, что орган B_p^q имеет множество стратегий Y_p^q , элементами y_p^q которого являются точки конечномерного Евклидова пространства, отвечающие различным допустимым решениям. При этом, необходимо отметить, что такая система не отрицает двойного подчинения органов управления. Множество стратегий вышестоящих СЭАМ определяется множествами стратегий подчиненных им органов, а именно, если органу B_p^q подчинены органы B_{p+1}^S , B_{p+1}^{S+1} , ..., B_{p+1}^{S+M} , то на прямом произведении множеств, их стратегий $Y_{p+1}^S, \dots, Y_{p+1}^{S+M}$ определена вектор функция f_p^q , областью значений которой является множество стратегий органа B_p^q по выбору оптимального вариантов эксплуатации автодороги. Тем самым набор стратегий органов нижнего уровня СЭАМ $Y_k^q, q=1, \dots, Q(K)$, в конечном счёте, определяет стратегию Y_1^1 высшего органа системы B_1^1 . Стратегией $A_k^q \subset Y_k^q$ органа нижнего уровня СЭАМ B_k^q является совокупность m точек $Y_k^q, A_k^q = \{(y_k^j)\}, j=1, \dots, m$. Тогда, оптимальным решением в модели СЭАМ является совокупность стратегий $\tilde{A}_k^q, q=1, \dots, Q(K)$ органов нижнего уровня, обеспечивающих реализацию "наилучших" значений вектора показателей эффективности $\tilde{F}(y)$.

Рассмотрев действия органов управления в СЭАМ представленной модели и оценив их целевые функции можно сделать вывод, что найти оптимальную стратегию, учитывающую интересы всех органов управления крайне сложно, а зачастую невозможно при жестких временных ограничениях. Поэтому необходимо выполнить следующий комплекс задач: необходимо произвести переклассификацию автодорог мегаполиса, сформулировать комплекс основных целей и задач СЭАМ, охватывающий приоритетные функции направленный на совершенствование системы управления сетью автомобильных дорог и улиц мегаполиса, действительно имеющих региональное и межмуниципальное значение, с целью удовлетворения нарастающих потребностей потребителей, разработать и внедрить в практику СЭАМ мониторинг количественно измеримых показателей достижения поставленных целей деятельности, что даст возможность отслеживать взаимосвязь между фактическими потребностями в обеспечении потребительских свойств сети автодорог и необходимым уровнем финансирования, регламентировать управленческие работы в целях упорядочения и оптимизации основных процессов деятельности СЭАМ.

В четвертом параграфе рассмотрены критерии эффективности модели СЭАМ и схема исследований. Критериями эффективности СЭАМ являются суммарное отклонение в СЭАМ от запланированных целей $(dQ) dQ = dD + dC + dU + dS$, показатель экономической эффективности СЭАМ SQ

$SQ = \frac{(S \times U \times N \times T(100 - C) \times (100 - D))}{1000 \times K}$ сокращение транзакционных издержек в

СЭАМ - $W_{ти} = \sum_{i=1}^{i=l} \gamma_i \times Z_i \times N_i$, определяющий долю снижения затрат организации на выполнение своих основных функций

Во второй главе рассматривается задача разработки моделей и механизмов СЭАМ

В первом параграфе описывается модель определения стратегических и тактических целей развития дорожного хозяйства мегаполиса, а также оперативных задач по достижению целей тактического звена. Корректно разработанная система формализованных целей деятельности СЭАМ позволяет обосновывать зависимость между требуемыми результатами достижения поставленных целей и необходимыми бюджетными средствами. Формализация целей деятельности СЭАМ должна предусматривать формирование стратегических целей деятельности, представляющих собой краткое описание ожидаемого конечного общественно значимого результата реализации одной или нескольких основных функций, определение тактических целей, через достижение которых реализуются стратегические цели, и которые, в свою очередь, направлены на решение конкретных проблем посредством организации выполнения управленческих работ определенного качества и объема, формирование оперативных задач, посредством решения которых обеспечивается реализация конкретных тактических целей. Совокупность различных взаимосвязанных между собой уровней целей деятельности представляет собой *дерево целей*. Для построения дерева целей используем метод анализа иерархий.

Определив три уровня иерархии, стратегический, тактический и оперативный, конструируем множество матриц попарных сравнений критериев и альтернатив достижения целей, что позволит сравнить относительную сложность критериев по отношению стратегической цели, представленной на первом уровне. Далее конструируются матрицы для попарного сравнения альтернативных решений на третьем уровне по отношению к критериям второго уровня иерархии. При этом используем стандартную шкалу сравнений от 1 до 9. В полученных матрицах попарных сравнений вычислим приближенно ее собственные столбцы. Для этого просуммируем элементы каждой строки матрицы и запишем полученные результаты в столбец:

$$\begin{pmatrix} \frac{w_1}{w_1} + \dots + \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_1}{w_1} \\ \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} + \dots + \frac{w_n}{w_n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} w_1 \sum_{k=1}^n \frac{1}{w_k} \\ \vdots \\ w_n \sum_{k=1}^n \frac{1}{w_k} \end{pmatrix}$$

сложим элементы каждого столбца и затем, поделив каждый из элементов столбца на найденную сумму получим

$$\left(\frac{\frac{w_1}{w_1 - w_n}}{\frac{w_1}{w_1 + w_n}} \right) = \frac{1}{w_1 - w_n} \begin{pmatrix} w_1 \\ w_n \end{pmatrix}$$

Сформировав вектора локальных приоритетов, вычислим для индекс согласованности ($ИС = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1)$) и наибольшее значение (λ_{\max} - вычисляется приближенно: сначала суммируем каждый столбец суждений, затем сумму первого столбца умножим на величину первой компоненты нормализованного вектора локальных приоритетов, сумму второго столбца - на вторую компоненту. Полученные числа суммируются). Если ИС не превышает 0,1 то можно считать, что суждения имеют удовлетворительное согласование

Получив, таким образом, тактические цели по достижению стратегических перейдем к определению оперативных задач применительно к тактическим целям. Алгоритм действий будет аналогичен предыдущему, за исключением того, что получив вектора-столбцы запишем их в виде матрицы умножим ее на столбец приоритетов, полученный на предыдущем уровне и таким образом сформируем столбец приоритетов третьего уровня иерархии, показывающий какие оперативные задачи необходимо выбрать для достижения тактических целей деятельности СЭАМ

Во втором параграфе рассмотрен механизм классификации автодорог мегаполиса, позволяющий существенно конкретизировать требования к состоянию автодорог и перечень работ по их содержанию

Пусть $A = \|a_{ij}\|_n^m$ — матрица попарных показателей связи между n объектами (автомобильными дорогами мегаполиса) с номерами из множества $N = \{1, 2, \dots, n\}$. Тогда пару $\langle R^m, r \rangle$, где $R^m = \{R_1, \dots, R_m\}$ — назовем структурой основных связей, или макроструктурой (принадлежность автомобильных дорог к какому-либо классу обслуживания). Связь от R_k к R_l «существенна» («несущественна»), если $r_{kl} = 1$ ($r_{kl} = 0$). Задача выявления макроструктуры $\langle R^m, r \rangle$ состоит в том, чтобы максимизировать функционал

$F_1(R^m, r) = \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m r_{kl} \sum_{i \in R_k} \sum_{j \in R_l} (a_{ij} - a)$. Показатель a — порог значимости показателей связи автомобильных дорог, который неявно учитывается функционалом $F_1(R^m, r)$. Тогда множество связей a_{ij} имеющие значения больше порога a — считаем значимыми, а меньшие — незначимыми. Матрица

$A = \|a_{ij}\|_n^m$ расстояний, поэтому порог a задает степень учитываемой «далекости» объектов, т.е. насколько различаются автодороги по своим характеристикам. Величина порога a является средним всех a_{ij} , $i \neq j$. Поскольку разбиение R^m фиксировано, то максимальное значение функционала $F_1(R^m, r)$ достигается на матрице

$$r^* = \|r_{kl}^*\|_m^m, \text{ где } r_{kl}^* = 1 \Leftrightarrow \sum_{i \in R_k} \sum_{j \in R_l} (a_{ij} - a) \geq 0$$

Необходимо найти такое разбиение R^m из множества всех разбиений на m классов, чтобы максимизировать функционал

$$F_2(R^m) = \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m \left| \sum_{i \in R_k} \sum_{j \in R_l} (a_{ij} - a) \right| \quad (1)$$

Необходимо построить начальное разбиение структуры основных связей R^m и соответствующую матрицу r^* , а затем произвести локальные улучшения начального приближения

Для выполнения первой части необходимо перейти от имеющегося разбиения R^m к разбиению R^{m-1} . При этом минимизируется функционал —

$$f(k, l, R^m) = \sum_{i=1}^m \left(\left| \frac{\text{sign}(b_{ki}) - \text{sign}(b_{li})}{2} \right| \min(|b_{ki}|, |b_{li}|) + \left| \frac{\text{sign}(b_{ki}) - \text{sign}(b_{li})}{2} \right| \min(|b_{ki}|, |b_{li}|) \right) + \min(b_{+}, |b_{-}|),$$

где $b_{pq} = \sum_{i \in R_p} \sum_{j \in R_q} (a_{ij} - a)$ при $R_p, R_q \in R^m$, $p, q = 1, \dots, m$, а b_{+}, b_{-} — соответственно

суммы всех положительных и отрицательных чисел из $b_{kb}, b_{kl}, b_{lb}, b_{ll}$

Полагаем, что $R^n = \{R_1, \dots, R_n\}$, где $R_k = \{k\}$, $k \in N$. Тогда матрица $B = \|b_{kl}\|$ такова, что $b_{kl} = a_{kl} - a$, $k, l = 1, \dots, n$. Ищем пару $R_k, R_l \in R^n$ так, чтобы минимизировать значение функционала $f(k, l, R^n)$. Строим новое разбиение $R^{n-1} = \{R_1', \dots, R_{n-1}'\}$, где

$$R_i' = \begin{cases} R_i & \text{если } i < k \\ R_k \cup R_l & \text{если } i = k \\ R_l & \text{если } k < i < l \\ R_{i+1}, & \text{если } l \leq i \leq n-1 \end{cases}$$

Матрица B пересчитывается в матрицу $B' = \|b_{st}'\|^{n-1}$, где $b_{kl}' = \sum_{i \in R_k} \sum_{j \in R_l} (a_{ij} - a)$

Далее производим начальное разбиение R^m и соответствующей ему матрицы $r = \|r_{kl}\|_1^m$. На p -м шаге производится просмотр всех объектов в порядке номеров. Если объект i находится в классе R_k и $R_k \setminus \{i\} \neq \emptyset$, то он поочередно переносится в каждый другой класс R_l , где $l \neq k$, и вычисляется изменение $F(i, k, l)$ значения функционала $F_1(R^m, r)$

$$F(i, k, l) = \sum_{t=1}^m (r_{it} - r_{kt}) \sum_{j \in R_t} (a_{ij} - a) + \sum_{s=1}^m (r_{st} - r_{sk}) \sum_{j \in R_t} (a_{ij} - a) \quad (2)$$

Объект i (автодорога) помещается в класс с номером l (уровень принадлежности к классу обслуживания), на котором достигается $\max_{1 \leq l \leq m} F(i, k, l) > 0$. Если для $F(i, k, l) < 0$, то вычисляется матрица \bar{r} , соответствующая получившемуся разбиению \bar{R}^m . Если $r = \bar{r}$, то алгоритм заканчивает свою работу, в противном случае процесс повторяется на разбиении \bar{R}^m и матрице \bar{r} .

В третьем параграфе для определения интенсивности и загруженность транспортных потоков рассматривается имитационная модель загрузки дорожной сети мегаполиса

Автомобильные дороги мегаполиса можно рассматривать с позиций многоканальной СМО типа М/М/п. При этом необходимо учесть, что дороги различны и предварительно необходимо распределить их на классы на основе предыдущей модели. Тогда вероятность того, что все дороги (m) свободны и находятся в состоянии готовности к обслуживанию

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^{m-1} \frac{(\lambda \bar{x})^k}{k!} + \frac{(\lambda \bar{x})^m}{(m-1)!(1-\lambda \bar{x})}}, \lambda \bar{x} < 1 \quad (3)$$

Вероятность того, что все дороги заняты автотранспортом (пробки) рассчитывается по формуле

$$\pi = \frac{(\lambda \bar{x})^m P_0}{(m-1)!(1-\lambda \bar{x})}, \lambda \bar{x} < 1 \quad (4)$$

Тогда средняя длина очереди автомобилями определим $\bar{N}_q = \frac{\lambda \bar{x} P_m}{m(1-\frac{\lambda \bar{x}}{m})}$, а

среднее время поиска автомобилями свободного маршрута $w = \frac{\tau \bar{x}}{m-\lambda \bar{x}}, \frac{\lambda \bar{x}}{m} < 1$

Для построения модели используется набор статистических данных наблюдений ГИБДД и дорожных служб по показателям: средней скорости движения в различное время суток, среднее время преодоления различных маршрутов движения, виды и количество различного транспорта на каждой дороге и т.д.

Сложность проводимого эксперимента обуславливается тем, что законы распределения случайных величин параметров модели в зависимости от времени года и суток, вида и направления дороги, а также других факторов будут изменяться от нормального в сторону экспоненциального. В качестве обслуживающих приборов выступают автодороги, дорожные службы, органы ГИБДД. Транзактами являются автомобили разных классов. Построение программного кода модели и испытания проводим в среде имитационного моделирования GPSS World.

Получив набор статистических данных на основе не менее 50-70 прогонов проведем регенерирующий анализ для построения 90% доверительного интервала.

1. Вычислим Y_j и α_j , для любого j -го цикла, где Y_j - сумма исходных значений переменной, полученной от имитационной модели на j -м цикле регенерации, и α_j - длина j -го цикла (количество транзактов, которые попали в j -й цикл).

2. Вычислить выборочные статистики

$$\begin{aligned} Y &= \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Y_j, & \alpha &= \frac{1}{n}, & r &= \frac{Y}{\alpha} \\ S_{11} &= \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n Y_j^2 - \frac{1}{n(n-1)} (\sum_{j=1}^n Y_j)^2, \\ S_{22} &= \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n \alpha_j^2 - \frac{1}{n(n-1)} (\sum_{j=1}^n \alpha_j)^2 \end{aligned} \quad (5)$$

$$S_{12} = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n Y_j \alpha_j - \frac{1}{n(n-1)} \left(\sum_{j=1}^n Y_j \right) \left(\sum_{j=1}^n \alpha_j \right)$$

$$S^2 = S_{11} - 2r^2 S_{12} - r^2 S_{22},$$

где r - среднее значение переменной, которая оценивается в имитационной модели (среднее время ожидания автомобиля в пробке и т.д.), S_{11} , S_{12} , S_{22} - соответственно выборочные дисперсии значений Y_j и α_j и выборочный второй смешанный момент значений (Y_j и α_j)

3 Сформировать доверительный интервал $r \pm \frac{z_{\delta}^*}{\sqrt{v/n}}$, где $z_{\delta}^* = \Phi^{-1}(1 - \frac{\delta}{2})$ - функция стандартизованного нормального распределения. Значение $z_{\delta}^* = 1,645$ для $\delta = 0,9$, $z_{\delta}^* = 1,96$ для $\delta = 0,95$

Если начало первого цикла не совпадает с началом моделирования, то данные, предшествующие первому циклу, необходимо отбросить.

По результатам обработки модели сформируем репозитории данных удовлетворительных и нежелательных исходов, а также тех исходных данных, которые их обусловили. Простота предложенного механизма позволяет использовать его для прогнозирования не только грузопотоков но и климатических факторов, значительно обуславливающих объемы работ по эксплуатации автодорог

В четвертом параграфе синтезируем механизм для прогнозирования состояний дорожной сети. Автомобильная дорога имеет набор параметров и характеристик, которые обуславливают показатели ее состояний S_j^t за временной период $t_0; t^*; t_k$, где t_0 - период, предшествующий прогнозированию, t^* - точка отсчета, t_k - прогнозный период. В качестве исходных данных выступают допустимые отклонения от требований к качеству содержания для групп класса А (X_1^t). Затем определяем количество различных исходов a_n , которые можно разделить по степени достижения необходимого результата. Тогда, a_{11} - количество исходов для группы X_1^t имеющих существенные отклонения от нормативных (*высокорисковые*); a_{21} - количество удовлетворительных исходов для группы X_1^t (*нерисковые*); a_m - количество «эталонных» исходов для группы X_1^t .

$$S_j^t = \{ a_{11}, a_{21}, a_m \}$$

Тогда частоты получения результатов выборок по степени достижения распределяются следующим образом

$$\begin{aligned} p_1^* &= \frac{a_{11}}{m}, \\ p_2^* &= \frac{a_{21}}{m}, \\ p_m^* &= \frac{a_m}{m} \end{aligned} \tag{6}$$

где $p_1^*; p_2^*; p_m^*$ - частоты высокорисковых, нерисковых и эталонных вариантов исходов для группы класса дороги А (X_I^I) в период $[t_0; t^*]$, т.е. в период с набором известных статистических данных

Поскольку значение статистической совокупности и прогноза велико, то справедливо считать, что случайная величина X_I^I по теореме Хинчина распределена по нормальному закону, а ее точечные оценки являются *асимптотически эффективными*. При значительном числе измерений (m) частота события a_p стремится к нормальному закону (при этом должно выполняться условие $mp > 4$ и $mq > 4$, где $q = 1 - p$ - вероятность того, что событие не произойдет). Тогда

- дисперсия для показателя X_I^I :

$$\sigma_p^2 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (x_i - M_x)^2 \quad (7)$$

- математическое ожидание для показателя X_I^I :

$$M_x = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_i p_i^* \quad (8)$$

где x_i - генеральная совокупность случайной величины X_I^I ;

Задача прогнозирования значений параметров автодороги класса А сводится к отысканию вероятности возникновения заданного события при известной случайной величине x_i (0,2, 0,6, 0,9)

Имеем

$$P(|p^* - p| < \xi \beta) = \beta, \text{ (а } \beta = 0,9 \text{ - получено на основе регенерирующего анализа)}$$

Тогда

$$\xi_\beta = \sigma_p \cdot \text{arg}\Phi^* \left(\frac{1 + \beta}{2} \right), \text{ а } t_\beta = \text{arg}\Phi^* + \left(\frac{1 + \beta}{2} \right) \text{ (число среднеквадратичных отклонений, которое нужно отложить вправо и влево от центра рассеивания для того, чтобы вероятность попадания в полученный участок равнялась заданной) определим значение доверительной вероятности через следующее соотношение.}$$

$$\xi_\beta = t_\beta \sigma_p \cdot \quad (9)$$

Зная выражение для определения среднеквадратичного отклонения, а значение табулирующей функции берется из соответствующей таблицы, можно приравнять обе части для доверительной вероятности

$|p^* - p| \approx t_\beta \sigma_p \cdot = t_\beta \left(\frac{1}{m} \sqrt{\sum_{i=1}^m (x_i - M_x)^2} \right)$ В результате преобразований получим

$$p = p^* - t_\beta \left(\frac{1}{m} \sqrt{\sum_{i=1}^m (x_i - M_x)^2} \right) \quad (10)$$

Полная вероятность события при значительном числе наблюдений стремится к ее точечной оценке, следовательно, последние являются *асимптотически эффективными*, что и требовалось доказать

Определим вероятности значений параметров автодороги класса А
- высокорисковые

$$p_1 = p_1^* - t_{\beta} \left(\frac{1}{m} \sqrt{\sum_{i=1}^m \left(0,2 - \frac{(0,3a_{1i} + 0,7a_{2i} + 1a_{mi})}{m} \right)^2} \right), \quad (11)$$

- нерисковые

$$p_2 = p_2^* - t_{\beta} \left(\frac{1}{m} \sqrt{\sum_{i=1}^m \left(0,6 - \frac{(0,3a_{1i} + 0,7a_{2i} + 1a_{mi})}{m} \right)^2} \right), \quad (12)$$

- эталонные

$$p_3 = p_3^* - t_{\beta} \left(\frac{1}{m} \sqrt{\sum_{i=1}^m \left(0,9 - \frac{(0,3a_{1i} + 0,7a_{2i} + 1a_{mi})}{m} \right)^2} \right) \quad (13)$$

По каждому из рассчитываемых параметров выбирается значение прогноза, имеющее наибольшую вероятность. Анализ результатов данной модели позволяет сформировать оптимальные планы обслуживания автодорог

В пятом параграфе рассматривается модель функционирования СЭАМ с возможностью мониторинга, анализа и корректировки основных показателей деятельности

Работа модели осуществляется в два этапа

На первом этапе строится модель представления знаний на основе семантической сети и проводится анализ реального положения дел в дорожной отрасли с возможным определением причин низких показателей функционирования СЭАМ. За основу берется атрибутивная семантическая сеть, представляющая собой набор сетей, определяемых через систему унарных отношений, определяемых одноместным предикатом или свойством, относящемуся к описываемому понятию. Совокупность атрибутов вместе с их множествами задания определяют объект (СЭАМ) как нечто целое в виде отношения

$$R = \{ (A_1 = a11, a12, a1n), (A_2 = a21, a22, a2m) \}$$

В нашем случае атрибутивное задание осуществим путем позиционирования атрибутов, т.е. фиксации места каждого атрибута в общем описании

$$R = (\text{Имя атр } \begin{matrix} A_1 & A_2 & A_3 \\ \text{поз 0} & \text{поз 1} & \text{поз 2} & \text{поз 3} \end{matrix})$$

Такое представление задает свёртку n унарных отношений в одном T е происходит определение описания каждого объекта или вершины CC как отношение с перечнем атрибутов и областями их определения. Если обозначить область определения каждого атрибута как *domen*, то можно написать

$$R = \{ A_1 \text{ DOM}(A_1), A_2 \text{ DOM}(A_2) \dots A_n \text{ DOM}(A_n) \}$$

R (имя объекта) задает статическую, или *интенциональную*, составляющую, конкретные факты ($INT(R_i) = \langle A_j \text{ DOM}(A_j) \rangle$), F_1, F_2 – динамическую, или *экстенциональную*, составляющую описания ($EXT(R_i) = \{ F_1, F_2, F_k \dots F_n \}$)

Тогда атрибутивную семантическую сеть опишем как множество пар вида $\langle INT(R_i), EXT(R_i) \rangle$, $(i = 1, 2, 3 \dots n)$ по всему множеству отношений R_i $CC(R_i) = \langle INT(R_i), EXT(R_i) \rangle$, $i = 1, 2, \dots, n$

Графически атрибутивную СС можно представить в виде звездчатых графов (рис 2)

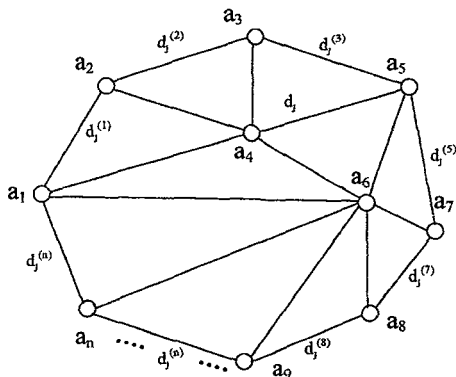


Рисунок 2 – Атрибутивная семантическая сеть для представления СЭАМ

Для решения задачи выбора решающих правил при анализе ситуаций возникающих в дорожном хозяйстве определим следующие исходные данные дана семантическая сеть СЭАМ в виде взвешенного графа $G = \langle M, R \rangle$, имеющего n – вершин (количество узлов в компьютерной сети) Зададим матрицу весов $W = (\omega_{ij})$, $\omega_{ij} \in R$, a_1 – управление СЭАМ (расстояние, M)

Тогда необходимо построить такой остоновый подграф G' графа G , чтобы каждый узел a_i был связан с соседними не менее двумя альтернативными маршрутами $d_j^{(i)}$, $C(G') = \min_{G \in X} \{C(G)\}$, т.е. необходимо построить ост-

товый подграф G' , чтобы сумма весов, входящих в $C(G')$ была минимальной При стоимостных ограничениях

Решение этой задачи проведем, используя алгоритм Форда – Беллмана

Шаг 1 Зададим строку

$$D^{(1)} = (d_1^{(1)}, d_2^{(1)}, \dots, d_n^{(1)}),$$

полагая

$$d_1^{(1)} = 0, d_j^{(1)} = \omega_{ij}, i \neq j$$

$$d_j^{(1)} (j \neq i)$$

В этой строке есть вес ω_{ij} дуги (a_i, a_j) , если (a_i, a_j) существует и $d_j^{(1)} \Leftrightarrow \infty$, если $(a_i, a_j) \in R$

Шаг 2 Теперь определим строку $D^{(2)} = (d_1^{(2)}, d_2^{(2)}, \dots, d_n^{(2)})$,

полагая $d_j^{(2)} \Leftrightarrow \min\{d_j^{(1)}, d_k^{(1)} + \omega_{kj}\}$, $k=1, \dots, n$

Нетрудно заметить, что $d_j^{(2)}$ - min из весов (a_i, a_j) - маршрутов, состоящих не более чем из двух дуг

Шаг 3 Вычисляем нижнюю оценку стоимости семантической сети с M ребрами $Z^* = (Z_1^* + Z_2^*)/2$ (оценка делится пополам, т.к. полученное решение содержит $2M$ ребер, а в решении должно быть M ребер)

Шаг 4 Проверяем ограничения $Z_{gr} \leq Z_{min}$. Если ограничения не выполняются, то генерируется очередной граф с M ребрами, проверяются ограничения и далее действия повторяются

Вышеуказанные операции можно сформулировать по блочно - вычисление нижней границы числа ребер в графе, - генерируются остовные двух-связные подграфы графа G , - вычисляется нижняя оценка стоимости сети, - проверяются ограничения

Шаг 5 Определив кратчайшие маршруты (a_i, a_j) получаем оптимальную машину вывода для анализа состояний СЭАМ

На втором этапе получив набор решающих правил о возможных причинах неудовлетворительного состояния СЭАМ необходимо принять минимальный набор управленческих решений корректирующего плана, причем вырабатывается комплекс необходимых мер для устранения указанных несоответствий и тот орган управления, который будет проводить корректировку. Зададим для каждого органа управления СЭАМ (O_i^j) диапазон возможных управленческих решений (A_i^j) , в качестве которых будут выступать те действия, которые обеспечивают максимум его целевой функции $\Phi(y, B) = H(y) - C(B)$, где $B^* = \arg \max_{B \in 2^A} \max_{y \in C(f, B)} \Phi(f, B)$ - множество допустимых действий, а $H(y)$ - функция дохода, $C(B)$ - затраты

Тогда задача оптимального институционального управления формулируется следующим образом

$$x_{opt}^* = \arg \max_{y \in A} [H(y) - C(y)] \quad (14)$$

При этом эффективность институционального решения оценивается

$$K_{эфф} = H(x_{opt}^*) - C(x_{opt}^*) \quad (15)$$

Тогда задача управления может быть сформулирована следующим образом при минимальных затратах органа управления (руководителя соответствующего звена СЭАМ) на институциональное управление получить максимальное значение его целевой функции. Для этого необходимо выполнить следующую последовательность действий: определение множества действий для каждого руководителя (a_i^j) по параметрам регламентов (x_i^j) ; составление

платежную матрицу в горизонтальной строке отложим возможные состояния СЭАМ, а в вертикальной - варианты множеств действий. Тогда выигрышами будут выступать затраты, которые данный орган управления должен затратить на обеспечение указанных состояний СЭАМ, повторяем указанные действия для всех остальных органов управления СЭАМ, выберем оптимальную стратегию для каждого органа управления СЭАМ, рассчитав среднее взвешенное выигрышей и риски их обуславливающие r_{ij}' по формуле $r_{ij}' = C - a_{ij}'$, где C - среднее взвешенное значение максимумов столбцов (выбор стратегии осуществим на основе критерия пессимизма-оптимизма Гурвица, т.к. данный критерий позволяет при определенных условиях переходить и к пессимистической оценке Вальда и к минимаксному Эвиджа), работаем с остальными органами управления СЭАМ, сравниваем значения выбранных управленческих решений по корректировке параметров бизнес-процессов СМК по минимуму необходимых действий. По формулам (14) и (15) оцениваем эффективность институционального управления.

В третьей главе рассмотрены методологические основы разработки и внедрения моделей и механизмов эксплуатации автомобильных дорог на примере управления «Мосавтодор»

В первом параграфе представлены механизмы формирования целей «Мосавтодора». Стратегическими целями определены следующие: снижение времени и транспортных издержек при движении автотранспортных средств по автомобильным дорогам и улицам Московской области, повышение безопасности движения транспортных средств по автомобильным дорогам и улицам Московской области, оптимизация и повышение эффективности расходования бюджетных средств, направляемых на развитие, ремонт и содержание сети автомобильных дорог и улиц Московской области. Тактические цели расшифровывают каждую стратегическую, а оперативные задачи определяют последовательность реализации тактических целей. Для каждой цели и задачи определены критерии эффективности (например, для стратегической цели 1 - время движения по маршрутам и средняя скорость движения по маршрутам, техническое состояние автомобильных дорог и улиц, эксплуатационное состояние автомобильных дорог и улиц).

Внедрение моделей СЭАМ позволило произвести классификацию автомобильных дорог с учетом особенностей Московской области, что описывается во втором параграфе. В результате за Московской областью закреплена сеть дорог, действительно имеющих региональное и межмуниципальное значение (45 - 65% существующей сети), остальные дороги, фактически имеющие муниципальное значение, переданы в муниципальную собственность. Данные мероприятия позволили существенно сократить управленческие издержки и оптимизировать структуры управления.

В третьем параграфе рассматривается вариант работы управления Мосавтодор при использовании механизмов прогнозирования и планирования в разных аспектах своей деятельности.

В четвертом параграфе приводятся примеры синтезированного программного обеспечения информационной системы поддержки принятия решений при управлении Мосавтодором (рис. 3).

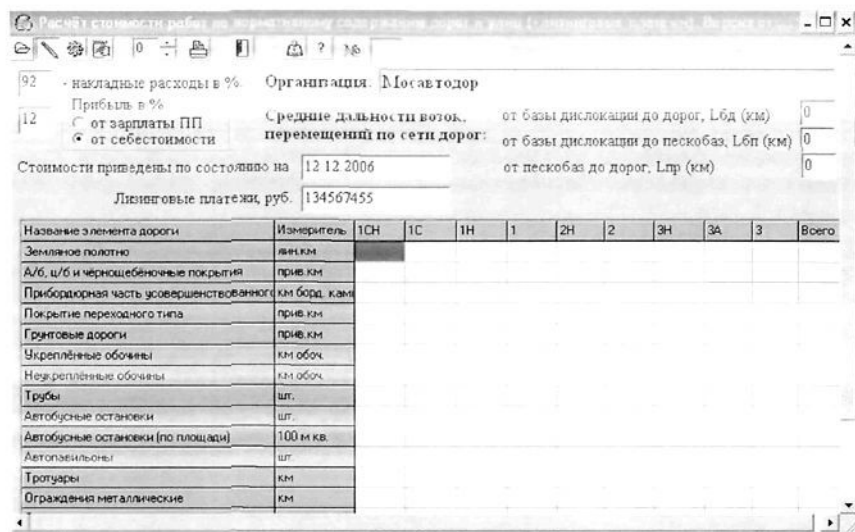


Рисунок 3 – Пример прикладной программы Мосавтодора

В пятом параграфе дается оценка эффективности разработанным моделям и механизмам, которые обеспечивает снижение временных затрат руководителей при осуществлении функциональных обязанностей на 27 %. В целом разработанные модели и механизмы позволяют достигнуть заданных целей с затратами на 18% ниже, чем модели СЭАМ, построенные по иерархическому принципу.

В заключении приводятся основные теоретические и практические результаты и выводы диссертационной работы. Приложение содержит материалы о внедрении результатов диссертации.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ РАБОТЫ

В ходе выполнения диссертационного исследования получены следующие основные результаты:

1. проанализированы существующие системы управления дорожным хозяйством мегаполисов;
2. разработана модель для определения стратегических и тактических целей развития дорожного хозяйства с возможностью формирования конкретных оперативных задач выполняемых целевых программ;

3 синтезирован механизм для классификации автодорог мегаполиса, позволяющий определить требования к состоянию автодорог и перечня работ по их содержанию,

4 разработана имитационная модель загрузки дорожной сети мегаполиса и с ее помощью определены оптимальные варианты работ по нормативному содержанию,

5 построен механизм для прогнозирования состояний дорожной сети в целях определения объема нормативных работ по содержанию,

6 сформирована семантическую модель для анализа возможных причин расхождений между планируемыми и реальными состояниями дорожной сети при ее эксплуатации,

7 разработана модель и алгоритм функционирования системы управления эксплуатацией и содержания автодорог (СЭАМ) с возможностью мониторинга и корректировки основных показателей

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

Статьи, опубликованные в изданиях, определенных ВАК РФ:

1 Ерохин А В Повышение качества продукции с использованием методов прогнозирования /Белоусов В Е , Ерохин А В , Гловтов Т И // ВЕСТНИК ВГТУ, Том 3, №3, 2007 – С 30-33

2 Ерохин А В Выбор целей развития организационной системы в области качества/ Белоусов В Е , Ерохин А В , Коротаева Т В // ВЕСТНИК ВГТУ Том 3, №5, 2007 – С 34-37

3 Ерохин А В Модель принятия решений на основе нечетких отношений / Мясичев Р Ю , Ерохин А В , Новиков А А // ВЕСТНИК ВГТУ Том 3, №7, 2007 – С 37 – 43

Статьи, материалы конференций

4 Ерохин А В Имитационная модель определения «эталонных» вариантов организации бизнес-процессов качества продукции/ Белоусов В Е , Ерохин А В , Шабанов А В // Материалы международной научной конференции Сложные системы управления и менеджмент качества, Том 2, Старый Оскол 2007г– С 60-64

5 Ерохин А В Оценка эффективности мероприятий по управлению качеством продукции строительного предприятия / Белоусов В Е , Беляев Ю А , Ерохин А В // «Системы управления эволюцией организации» Четвертая международная конф , Санья, Китайская Народная республика, 2007 – С 140-147

6 Ерохин А В Анализ текущего состояния объектов контроля на основе метода нечеткого логического вывода/ Белоусов В Е , Беляев Ю А , Ерохин А В // «Системы управления эволюцией организации» Четвертая международная конф , Санья, Китайская Народная республика, 2007 – С 147-151

7 Ерохин А В Модели эффективного управления временем /В кн Модели и методы управления строительными проектами /Баркалов С А ,

Буркова И В , Курочка П Н , Ерохин А В , Коротаева Т В // М , ООО «Уланов – пресс», 2007 – С 217-229

8 Ерохин А В Информационные технологии в управлении проектами //В кн. Модели и методы управления проектами в дорожном строительстве. / Баркалов С А , Курочка П Н , Половинкина А И , Ерохин А В – М , ООО «Уланов – пресс» 2007 – С 135-139

9 Ерохин А В Современные методы и средства организационного моделирования проектов //В кн. Модели и методы управления проектами при реформировании и реструктуризации предприятий / Баркалов С А , Бурков В Н , Ерохин А В , Курочка П Н – М , ООО «Уланов – пресс» 2007 – С 362– 369

10 Ерохин А В Факторный анализ систем на основе метода группового учета аргументов /Белоусов В Е , Ерохин А В , Лысов А М // Материалы VI Всероссийской научно – практической конференции «Системы автоматизации в образовании, науке и производстве», Том 2, Новокузнецк, СибГИУ, 2007 – С 138-141

11 Ерохин А В На два шага впереди /Ерохин А В //Отраслевой журнал, М Издательство «Автомобильные дороги», №5, 2001 - С 36-37

12 Ерохин А В Основные принципы содержания сети автомобильных дорог управления «Мосавтодор» /Ерохин А В , Черноусов И Е , Славущий М А //Отраслевой журнал, М Издательство «Автомобильные дороги», № 7, 2003 - С 44-49

13 Ерохин А В Новые наработки в системе обеспечения качества зимнего содержания сети автомобильных дорог управления «Мосавтодор» /Ерохин А В , Черноусов И Е , Славущий М А //Отраслевой журнал, М Издательство «Автомобильные дороги», № 3, 2006 - С 38-40

14 Ерохин А В Гарантия надежности /Ерохин А В //Отраслевой журнал, М Издательство «Автомобильные дороги», № 1, 2007 - С 51

Подписано в печать 28 09 2007 Формат 60x84 1/16 Уч – изд л 1,0 Усл -печ 1,1 л
Бумага писчая Тираж 100 экз Заказ № 506

Отпечатано в отделе оперативной полиграфии Воронежского государственного архитектурно-строительного университета
394006, Воронеж, ул 20-летия Октября, 84