

ЧЕПИКОВ Николай Александрович

**МОДЕЛЬ, МЕТОД И АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ СОЦИАЛЬНО-
ГИГИЕНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА АВТОТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ ДЛЯ
УПРАВЛЕНИЯ РИСКОМ ЗДОРОВЬЮ**

Специальности:

05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах

05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Курск 2013

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Юго-Западный государственный университет» на кафедре охраны труда и окружающей среды

Научный руководитель:

кандидат технических наук,
профессор
Попов Виктор Михайлович

Официальные оппоненты:

Добрица Вячеслав Порфирьевич
доктор физико-математических наук,
профессор, Юго-Западный
государственный университет,
профессор кафедры защиты
информации и систем связи

Марухленко Сергей Леонидович
кандидат технических наук,
ООО «Энергомонтажладка»,
инженер

Ведущая организация:


МАТИ – Российский государственный
технологический университет
им. К.Э. Циолковского, г. Москва

Защита состоится 25.12.2013 г. в 14.00 на заседании диссертационного совета Д 212.105.02 при Юго-Западном государственном университете по адресу: 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94 (конференц-зал).

С диссертационной работой можно ознакомиться в библиотеке Юго-Западного государственного университета.

Автореферат разослан 22.11.2013 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.105.02



Титенко
Евгений Анатольевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Регион представляет собой сложную социально-экономическую систему, включающую такие важнейшие подсистемы, как социально-демографическую, экономическую, транспортную и другие. Функционирование региональной социально-экономической системы (СЭС) определяется характером и качеством связей между ее элементами (подсистемами). Ключевым элементом, обеспечивающим связь отдельных элементов региональной системы, является транспортная сеть, обеспечивающая протекание важнейших социально-экономических процессов и определяющая эффективность функционирования и темпы роста социальных, экономических и иных показателей региона. Сложность управления региональной СЭС обусловлена высокой динамикой взаимодействия подсистем, значительными объемами разнородных данных большой размерности, обособленностью или избыточностью иерархических связей отдельных подсистем, неравномерностью распределения ресурсов, нечетким заданием критериев оценки рисков, ограниченностью информации о результатах мониторинга с учетом социальных, экономических, экологических и других аспектов. При этом транспортная сеть региона характеризуется распределенной пространственной структурой, в описании которой используются нечеткие показатели.

Выбросы автотранспорта в атмосферный воздух приводят к возрастанию величины риска здоровью населения, снижению вследствие этого производительности труда, увеличению затрат на мероприятия здравоохранения и социального обеспечения, являясь косвенной причиной снижения величины валового внутреннего продукта на душу населения и уменьшения эффективности функционирования региональной системы в целом. Задача оценки степени воздействия автотранспортных выбросов на здоровье населения и выработки управленческих мер, направленных на снижение этого воздействия, входит в функции социально-гигиенического мониторинга (СГМ).

В связи с высокой динамикой изменения концентраций веществ от автотранспортных выбросов в приземном слое атмосферы (из-за малой высоты источника выбросов, слабого рассеивания выбросов, а также при неблагоприятных метеорологических условиях), для обеспечения оперативной обработки данных целесообразно использовать программно-аппаратные комплексы, реализующие геоинформационные технологии в качестве средства сбора, обработки, отображения и интеграции пространственно-координированных данных, а также средства всесторонней поддержки принятия решений с целью повышения качества управления.

В настоящее время автоматизированные информационные системы (АИС) мониторинга негативного воздействия транспортной сети на здоровье населения преимущественно понимаются как расчетно-логические системы оценки риска здоровью. В результате существующие АИС имеют ряд ограничений, не позволяющих обеспечить оперативную и полноценную поддержку принятия управленческих решений по результатам СГМ. Основным недостатком существующих АИС СГМ является ограничение формирования управляющих воздействий. При этом задача выработки управленческих решений возлагается на лицо, принимающее решение (ЛПР).

Вопросами управления рисками посвящены работы Б.Г. Литвака, В.Н. Буркова, Д.А. Новикова, В.А. Акимова, Н.П. Тихомирова, А.М. Дуброва, Б.А. Лагоши. Данные работы являются методологической основой

диссертационной работы, однако в них недостаточно внимания уделено вопросам разработки методов и средств автоматизации обработки разнородных и нечётких данных внешней среды при оценке риска здоровью. Методы и модели обработки нечётких данных рассмотрены в работах Л.А. Заде, А. Кофмана, А. Пегата, Л. Рутковского, Д. Рутковской, М. Пилинского, С.Д. Штовбы и др.

Таким образом, в настоящее время имеет место **противоречие**, состоящее в том, что, с одной стороны, существует необходимость оперативного управления риском здоровью от выбросов автотранспорта, с другой стороны, существующие методы и средства оценки и управления риском здоровью обладают ограниченными возможностями.

Одним из путей преодоления вышеприведенного противоречия является использование системы автоматизированной обработки данных СГМ в деятельности органов государственной власти.

В связи с этим актуальной является **научная задача**, заключающаяся в разработке модели, метода, алгоритма и структурно-функциональной организации системы поддержки принятия решений при управлении риском здоровью на основе обработки многомерных нечетких данных социально-гигиенического мониторинга.

Работа выполнена в рамках приоритетного направления развития науки, технологий и техники Юго-Западного государственного университета (проект № 1.77.09П/48).

Целью диссертационной работы является повышение обоснованности и оперативности принятия решений по управлению риском здоровью на основе автоматизации процесса мониторинга транспортной структуры региона.

Для достижения поставленной цели в диссертационной работе решены следующие **задачи**:

1. Анализ состояния вопроса управления риском здоровью населения от выбросов автотранспорта на основе обработки нечетких данных социально-гигиенического мониторинга. Выбор и обоснование направлений исследований.
2. Разработка математической модели оценки риска здоровью населения от выбросов автотранспорта, основанной на положениях теории нечеткой логики, а также модифицированного метода кластеризации данных.
3. Разработка алгоритма и структурно-функциональной организации системы поддержки принятия решений для управления риском здоровьем, обусловленного выбросами автотранспорта.
4. Экспериментальная оценка результатов исследований.

Объект исследования – система управления риском здоровьем населения на основе социально-гигиенического мониторинга.

Предмет исследования – модель, метод и алгоритм поддержки принятия решений органом государственной власти при управлении риском здоровьем населения.

Научная новизна работы и положения, выносимые на защиту:

1. Математическая модель оценки риска здоровью населения, обусловленного выбросами автотранспорта, отличающаяся учетом расширенного набора нечетких данных социально-гигиенического мониторинга и иерархической организацией решающих правил (05.13.10).
2. Модифицированный метод кластеризации автомагистралей по величине риска здоровью, основанный на использовании «горного» метода кластеризации, отличающийся учетом социально-гигиенического статуса территории и

позволяющий объединять территориально распределенные участки автомагистралей в кластеры (05.13.01).

3. Алгоритм обработки нечетких данных социально-гигиенического мониторинга, основанный на системе нечеткого вывода Мамдани и кластеризации автомагистралей по величине риска здоровью, обеспечивающий выработку управляющих воздействий (05.13.01).

4. Структурно-функциональная организация системы поддержки принятия решений органами государственной власти для управления риском здоровью, отличающаяся введением блока нечеткого моделирования, блоков кластеризации и генерации управляющих воздействий, а также связей между ними (05.13.10).

Практическая значимость.

Повышение оперативности поддержки принятия управленческих решений органами государственной власти по результатам СГМ на 25,4% за счёт иерархической организации расширенного набора показателей и обоснованности на 15% за счет учета в процессе оценки риска нечетких параметров.

Возможность получать обоснованную оценку величины риска здоровью, осуществлять кластеризацию автомагистралей региона по величине риска с помощью разработанной математической модели, основанной на обработке разнородных нечетких переменных.

Возможность осуществлять комплексный анализ параметров внешней среды, оценку степени воздействия вредных веществ на здоровье населения, генерацию для лица принимающего решение альтернатив в виде комплекса организационных мер по снижению воздействия автотранспорта на здоровье человека на основе разработанной структурно-функциональной организации системы поддержки принятия решений в процессе управления риском здоровью населения, отличающейся введением блока нечеткого моделирования, что позволяет повысить качество управления риском.

Реализация результатов исследований. Основные научно-технические результаты диссертационного исследования внедрены в практическую деятельность Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзора) по Курской области, а также используются в учебном процессе Юго-Западного государственного университета при изучении дисциплин «Геоинформационные системы», «Социальная информатика», «Системный анализ», «Теория системного анализа и принятия решений».

Соответствие паспорту научной специальности. Диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 05.13.10 – «Управление в социальных и экономических системах» по п. 4 области исследования: «Разработка методов и алгоритмов решения задач управления и принятия решений в социальных и экономических системах», п. 6 области исследования: «Разработка и совершенствование методов получения и обработки информации для задач управления социальными и экономическими системами» в части разработки математической модели оценки риска здоровью населения, обусловленного выбросами автотранспорта, и структурно-функциональной организации системы поддержки принятия решений (СППР) для управления транспортной сетью региональной СЭС, а также разработки ее математического и программного обеспечения.

Диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации» по п. 4 «Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации» в части разработки модифицированного метода кластеризации автомагистралей по величине риска здоровью и алгоритма обработки нечетких данных, основанного на системе нечеткого вывода Мамдани и кластеризации автомагистралей по величине риска здоровью, обеспечивающего выработку управляющих воздействий, направленных на снижение величины риска.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались, обсуждались и получили положительную оценку на VIII Международной конференции «Распознавание – 2008г.» (Курск, 2008 г.); VI Международной научно-технической конференции «Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации» (Курск, 2008 г.); X юбилейной Международной научно-практической конференции «Техносферная безопасность, надежность, качество, энерго- и ресурсосбережение» (Ростов-на-Дону, 2008 г.); Международной молодежной научной конференции XXXV Гагаринские чтения (Москва, 2009 г.); XVI Всероссийской научно-методической конференции «Телематика-2009» (Санкт-Петербург, 2009 г.); Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Приоритетные направления развития современной Российской науки глазами молодых ученых» (Рязань, 2009 г.); II Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии и охраны труда» (Курск, 2010 г.), I Региональной научно-технической конференции «Информационные системы и технологии» (Курск, 2012), Региональной научно-практической конференции «Интеллектуальные информационные системы: тенденции, проблемы, перспективы» (Курск, 2013 г.), IV Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и перспективы преподавания математики» (Курск, 2013).

Публикации. Результаты диссертационного исследования отражены в 13 научных работах, из них 4 статьи в ведущих рецензируемых научных журналах, 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Личный вклад автора. Все научные результаты диссертационного исследования получены автором лично. В работах, опубликованных в соавторстве, лично автором проведен анализ воздействия автотранспорта на состояние атмосферного воздуха и здоровье человека и анализ состояния вопроса управления риском здоровью населения от выбросов автотранспорта [1, 6, 8], разработана математическая модель оценки риска здоровью населения от выбросов автотранспорта, основанная на положениях теории нечеткой логики [10], разработаны алгоритм и структурно-функциональная организация системы поддержки принятия решений для управления риском здоровью, обусловленного выбросами автотранспорта [4, 5], разработана архитектура программного обеспечения системы поддержки принятия решений для управления риском в рамках СГМ [7, 9, 12].

Структура и объем диссертационной работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников (121 наименование) и приложения. Основная часть диссертации изложена на 117 страницах машинописного текста, содержит 12 таблиц и 20 рисунков.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы исследования, определены цели и задачи работы, ее научная новизна и практическая значимость; определены способы решения сформулированных задач; приведены сведения об апробации результатов работы.

В первой главе показано, что основным механизмом оценки риска здоровью населения является система социально-гигиенического мониторинга. СГМ является организационной системой, осуществляющей наблюдение, анализ, оценку и прогнозирование состояния здоровья населения региона, а также выработку альтернатив и управленческих решений, направленных на минимизацию риска здоровью. При проведении социально-гигиенического мониторинга происходит сбор, накопление, обработка и анализ больших объемов разнородных данных, в большинстве случаев имеющих пространственную привязку, при этом многие из этих данных являются нечеткими. Для решения задач СГМ целесообразно использование современных интеллектуальных информационных технологий. В связи с этим в первой главе проведен анализ АИС, направленных на решение задач СГМ, показавший, что общим недостатком существующих систем (наиболее распространенные АИС - «СГМ» НПО «Криста», ГИС «СГМ» ФГУП «Уралгеоинформ») является отсутствие возможности обработки нечетких данных, наличие которой позволило бы расширить множество принимаемых решений.

Величина риска здоровью является интегральным показателем степени негативного воздействия транспортной сети на здоровье человека. В связи с этим целесообразно рассматривать эту величину в качестве обобщенного параметра управления региональной СЭС на основе социально-гигиенического мониторинга.

По результатам сравнительного анализа методов оценки риска выявлены их преимущества и ограничения, а также сделан вывод, что для оценки риска здоровью населения целесообразно применение методов, позволяющих учитывать нечеткие показатели.

Эффективным инструментом для решения задач социально-гигиенического мониторинга являются геоинформационные системы (ГИС), реализующие механизмы для сбора, анализа, обработки, синтеза и управления пространственно-координированными и иными видами данных, а также позволяющие агрегировать и визуализировать для ЛПР данные результатов СГМ и варианты управляющих воздействий, что позволит обеспечить оперативность управления риском здоровью в условиях высокой динамики изменения ситуации.

С целью совершенствования системы СГМ был проведен обратный инжиниринг процесса, который выявил следующие недостатки:

1. Невозможность информационного обмена между элементами системы из-за отсутствия средств накопления, интеграции, обработки и хранения разнородных данных мониторинга.

2. Отсутствие системы поддержки принятия управленческих решений. Как следствие, невозможность принятия обоснованного решения из-за отсутствия полной информации.

Недостатки существующей системы СГМ, выявленные в ходе обратного инжиниринга, обусловили необходимость прямого инжиниринга рассматриваемой модели с целью определения направлений ее реорганизации (модернизации), результатом которого стало внедрение в структуру модели социально-гигиенического мониторинга блоков нечеткого моделирования и

геоинформационных систем (ГИС) как элементов поддержки принятия решений при оценке воздействия автотранспортных выбросов на здоровье человека.

Контекстная диаграмма разработанной системно-структурной модели представлена на рисунке 1.

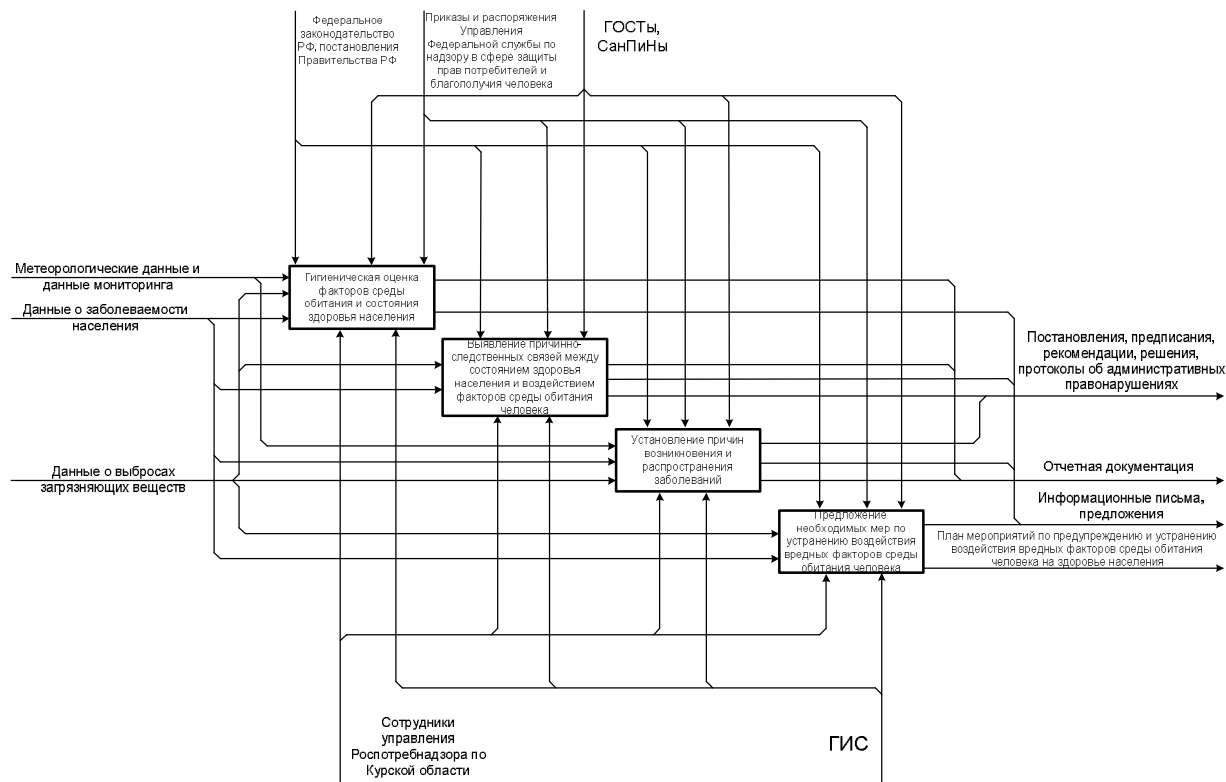


Рисунок 1 - Контекстная диаграмма системно-структурной модели ТО-ВЕ

Разработанная новая системно-структурная модель позволяет:

1. Разрабатывать альтернативные управляющие воздействия, реализуемые ЛПР в процессе проведения СГМ, направленные на снижение негативных эффектов выбросов автотранспорта.
2. Обеспечивать эффективный информационный обмен между элементами системы.

На основании проведенных анализов были обоснованы направления диссертационного исследования.

Во второй главе разработана нечеткая иерархическая модель оценки риска здоровью человека от автотранспортных выбросов с последующей на ее основе кластеризацией областей риска.

При оценке нечетких параметров, определяющих величину риска здоровью, в условиях неполной информации полагалось, что область значений этих параметров размыта (нечёткая). Основными элементами нечётких моделей являются база правил и механизм вывода. База правил содержит логические правила, которые задают имеющие место в системе причинно-следственные отношения между нечёткими значениями её входных и выходных величин.

Величина риска здоровью зависит от шести параметров, для которых в силу большого объема и постоянно меняющегося набора значений выборки затруднительно получение точного или средневзвешенного числового значения, поэтому для оценки данных показателей целесообразно использовать методы нечёткой логики.

Параметры риска, в свою очередь также зависят от множества факторов, в том числе и нечётких, поэтому для получения их оценки также целесообразно построение нечётких логических моделей. Тем не менее, в силу большого числа факторов возникает проблема экспоненциального роста числа вариантов решений и сложности обработки данных. Решение в этом случае возможно на основе иерархической системы нечёткого вывода. В таких системах выход одной базы знаний подаётся на вход другой, более высокого уровня иерархии. Следовательно, оценка уровня риска здоровью требует построения нечёткой иерархической модели (рисунок 2).

Математическая модель оценки риска здоровью имеет вид:

$$R_i = \tilde{f}(C, CR, ED, EF, BW, BE), \quad (1)$$

R_i – величина риска здоровью, CR – скорость поступления воздействующей среды (воздуха), ED – продолжительность воздействия, EF – частота воздействия, BW – масса тела человека, BE – возраст.

Укрупненные показатели риска при этом определяются следующими факторами:

$$C = \tilde{f}(M, Q, \Delta T), \quad (2)$$

где C – величина концентрации загрязняющего вещества в воздушной среде; M – величина массового выброса загрязняющего вещества в воздушную среду; Q – средний объемный расход газов на выходе из источника; ΔT – разность температур газа в источнике и окружающей среды;

$$M = \tilde{f}(M_{II}, G, k), \quad (3)$$

где M_{II} – величина удельного выброса загрязняющего вещества; G – интенсивность транспортного потока/численность автомобилей в зоне перекрестка; k – скорость транспортного потока.

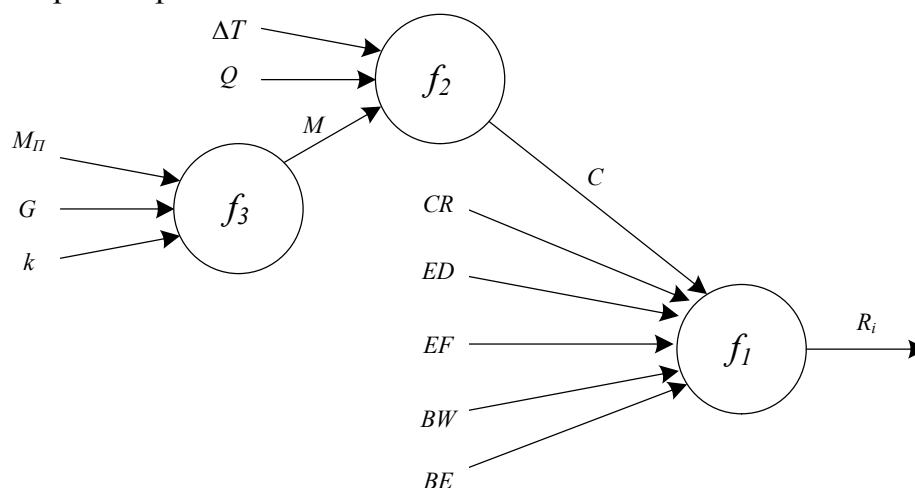


Рисунок 2 – Иерархическая модель оценки риска здоровью

Фрагмент базы решающих правил для оценки риска здоровью имеет вид:

1. ЕСЛИ (C=Высок)И(CR=Высок) ТО (Ri:=Высок)
2. ЕСЛИ (C=Высок)И(CR=Средний) ТО (Ri:=Высок)
3. ЕСЛИ (C=Низок)И(CR=Высок)И(EF=Низок)И(ED=Низок) ТО (Ri:=Низок)
4. ЕСЛИ (C=Низок)И(CR=Высок)И(EF=Низок)И(ED=Средний)ТО(Ri:=Низок)
5. ЕСЛИ (C=Низок)И(CR=Высок)И(EF=Низок)И(BW=Низок) ТО (Ri:=Низок)
6. ЕСЛИ (C=Низок)И(CR=Высок)И(EF=Низок)И(BW=Средний)ТО(Ri:=Низок)

7. ЕСЛИ (С=Низок)И(CR=Средний)И(EF=Низок) ТО (R_i :=Низок)
 8. ЕСЛИ (С=Низок)И(CR=Средний)И(EF=Средний) ТО (R_i :=Низок)
 9. ЕСЛИ (С=Низок)И(CR=Низок) ТО (R_i :=Низок)

Примечание: во всех остальных возможных комбинациях величина риска R принимает значение «Средний».

Граничные значения переменных представлены в таблице 1.

Таблица 1

Лингвистический Терм Переменная	«Низкий»			«Средний»			«Высокий»		
	НГ	В	ВГ	НГ	В	ВГ	НГ	В	ВГ
CR , л/мин	<10	10	17	14	20	27	25	30	>30
ED , лет	<15	15	22	19	30	45	40	55	>55
EF , дней/год	<80	80	130	110	180	250	200	280	>280
BW , кг	<10	10	25	20	40	75	65	90	>90
BE , лет	<7	7	18	14	35	55	50	70	>70
M , г/с	<0,05	0,05	0,5	0,3	1	2,5	2	5	>5
Q , м ³ /ч	<10	10	20	15	50	70	60	100	>100
ΔT , °C	<5	5	15	12	30	40	35	50	>50
M_{Γ} , г/с	<0,01	0,01	0,1	0,07	0,5	0,9	0,7	1,5	>1,5
G	<50	50	100	90	400	650	600	750	>750
k	<10	10	25	20	45	60	55	80	>80

Примечание: НГ – нижняя граница интервала; ВГ – верхняя граница интервала; В – вершина треугольного числа.

Нечёткий вывод осуществляется по алгоритму Мамдани. В качестве треугольной нормы выбрано пересечение множеств. При нечётком выводе дефазификация осуществляется по методу центра тяжести.

После дефазификации величин риска здоровью на каждом участке автомагистрали и на каждом перекрестке была проведена их кластеризация по величине риска с использованием модифицированного метода кластеризации, основанного на горном методе.

Модифицированный метод кластеризации состоит из следующих этапов:

1. Формирование потенциальных центров кластеров, которыми изначально служат геометрические центры объектов кластеризации (автомагистралей и перекрестков).

2. Расчет потенциалов центров кластеров и определение расстояний между потенциальным центром кластера (Z_n) и объектами кластеризации (X_k). Выбор в качестве центров кластеров координат их «вершин» путем назначения точки с наибольшим потенциалом центром текущего кластера.

3. Пересчет значений потенциалов для оставшихся возможных центров кластеров путем вычитания вклада центра только что найденного кластера от текущих значений потенциала, выбор центра следующего кластера по максимальному значению обновленного потенциала и сравнение максимального значения потенциала с пороговым значением потенциала кластера.

Пункты 2, 3 повторяются до тех пор, пока максимальное значение потенциала превышает пороговое.

4. Корректировка величины риска в кластере с учетом социально-гигиенических характеристик территории на основе разработанной системы ранжирования кластеров и ряда поправочных коэффициентов, представленных в таблице 2.

Определение результирующей величины риска по формуле:

$$R = R_i \cdot K_c, \quad (4)$$

где R – итоговая величина риска здоровью от автотранспортных выбросов в данном территориальном кластере; R_i – величина индивидуального канцерогенного риска; K_c – поправочный коэффициент на социальный статус территориального кластера.

Таблица 2

Ранжирование кластеров в зависимости от дифференциации прилегающей территории по социальной значимости

Социально-гигиенический статус территории	Ранг кластера R_k	Поправочный коэффициент K_c
Места условно постоянного пребывания людей группы риска (школы, детские сады, больницы, дома престарелых, жилые дома)	5	2
Общественные здания, организации, предприятия	4	1,5
Места периодического массового скопления людей (стадионы, парки)	3	1,3
Места сезонного нахождения людей (садовые участки, гаражные кооперативы)	2	1,1
Незаселенная территория	1	1

По результатам нечеткого моделирования, кластеризации и окончательной оценки риска для обеспечения функционирования системы поддержки принятия решений разработан комплекс возможных управляющих воздействий, способствующих снижению риска здоровью от автотранспортных выбросов.

Пусть U_{ij} – управляющее воздействие, где i – уровень риска здоровью, j – порядковый номер управляющего воздействия.

Тогда можно выделить следующие альтернативы: U_{11} - увеличение продолжительности разрешающего сигнала светофора на магистралях без перекрестков и на магистралях, имеющих второстепенные перекрестки; U_{12} - на магистралях, оборудованных подземными или надземными пешеходными переходами, - перевод перекрестков в нерегулируемое состояние (желтый мигающий сигнал светофора); U_{21} - сокращение числа маршрутных транспортных средств малой вместимости, увеличение численности транспортных средств большой вместимости, использующих в качестве топлива природный газ; U_{22} - увеличение числа электрифицированного транспорта (троллейбусы, трамваи); U_{23} - в организациях: усиление контроля за выбросами механических транспортных средств путем проверки состояния и регулирования работы двигателей, определения содержания оксида углерода в выхлопных газах, отмена рейсов, не являющихся абсолютно необходимыми; U_{31} - запрещение работы специальной техники на городских автомагистралях в часы пик (кроме случаев проведения аварийных и других неотложных работ); U_{32} - изменение схем маршрутов и периодичности движения маршрутных транспортных средств.

Таким образом, правила генерирования управляющих воздействий имеют вид:

$$\begin{cases} (10^{-6} < R < 10^{-4}) \rightarrow (U_{11} \vee U_{12}) \\ (10^{-4} \leq R < 10^{-3}) \rightarrow (U_{11} \vee U_{12}) \wedge (U_{21} \vee U_{22} \vee U_{23}) \\ (R \geq 10^{-3}) \rightarrow (U_{11} \vee U_{12}) \wedge (U_{21} \vee U_{22} \vee U_{23}) \wedge (U_{31} \vee U_{32}) \end{cases}$$

На основе полученных значений величин риска и правилами генерирования управляющих воздействий, по результатам СГМ органом государственной власти в сфере благополучия человека разрабатывается комплекс организационных мер по снижению воздействия автотранспортных выбросов на состояние здоровья населения.

В третьей главе разработаны алгоритм обработки нечетких данных СГМ, структурно-функциональная организация и программное обеспечение системы поддержки принятия управленческих решений, предназначенной для управления уровнями рисков здоровью от автотранспортных выбросов.

Блок-схема алгоритма обработки нечетких данных СГМ представлена на рисунке 3.

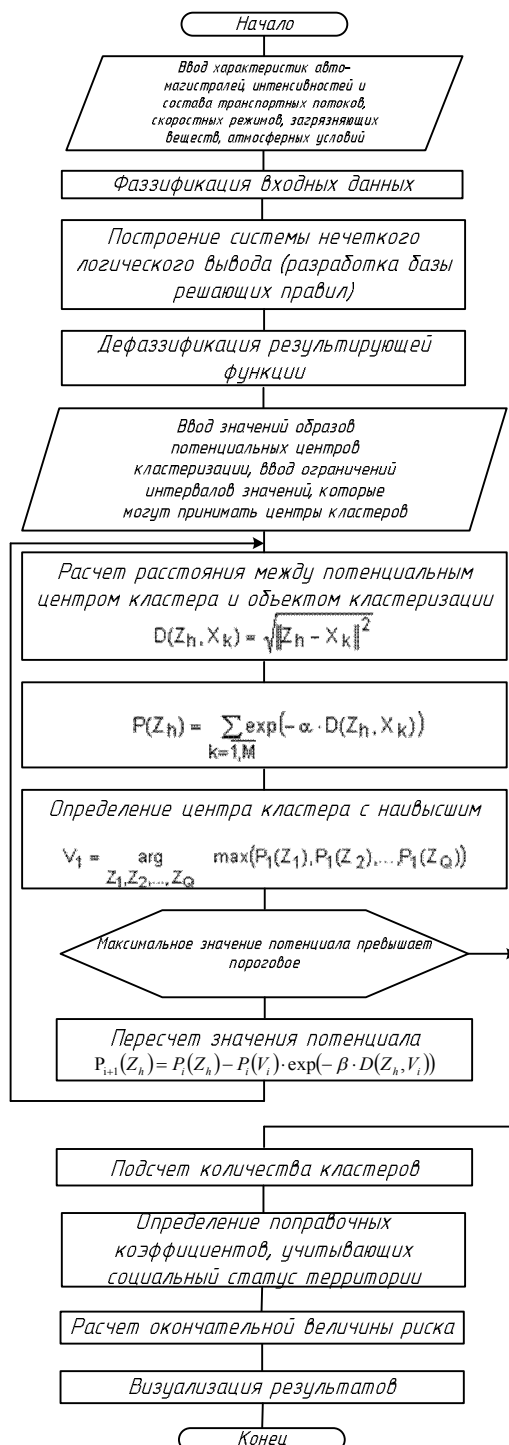


Рисунок 3 – Блок-схема алгоритма обработки нечетких данных СГМ

Алгоритм обработки нечетких данных СГМ состоит из трех основных блоков:

1. Блок оценки уровня риска на основе нечеткого моделирования, включающий в себя процедуры фаззификации входных переменных, построения базы правил и дефаззификации результирующей функции величины риска здоровью, а также оценку уровня риска по каждому из веществ для каждого участка магистрали и перекрестка.

2. Блок кластеризации, объединяющий участки магистралей и перекрестков в кластеры, однородные по величине риска здоровью.

3. Блок визуализации, позволяющий представить результаты расчетов в виде карты с нанесенными на нее участками автомагистралей и перекрестками, объединенными в кластеры по величине уровня риска с помощью цвето-графических средств ГИС MapInfo.

На основе разработанной модели, метода и алгоритма обработки разнородных данных социально-гигиенического мониторинга синтезирована структурно-функциональная организация системы поддержки принятия решений органами государственной власти для управления риском здоровью, схема которой представлена на рисунке 4.

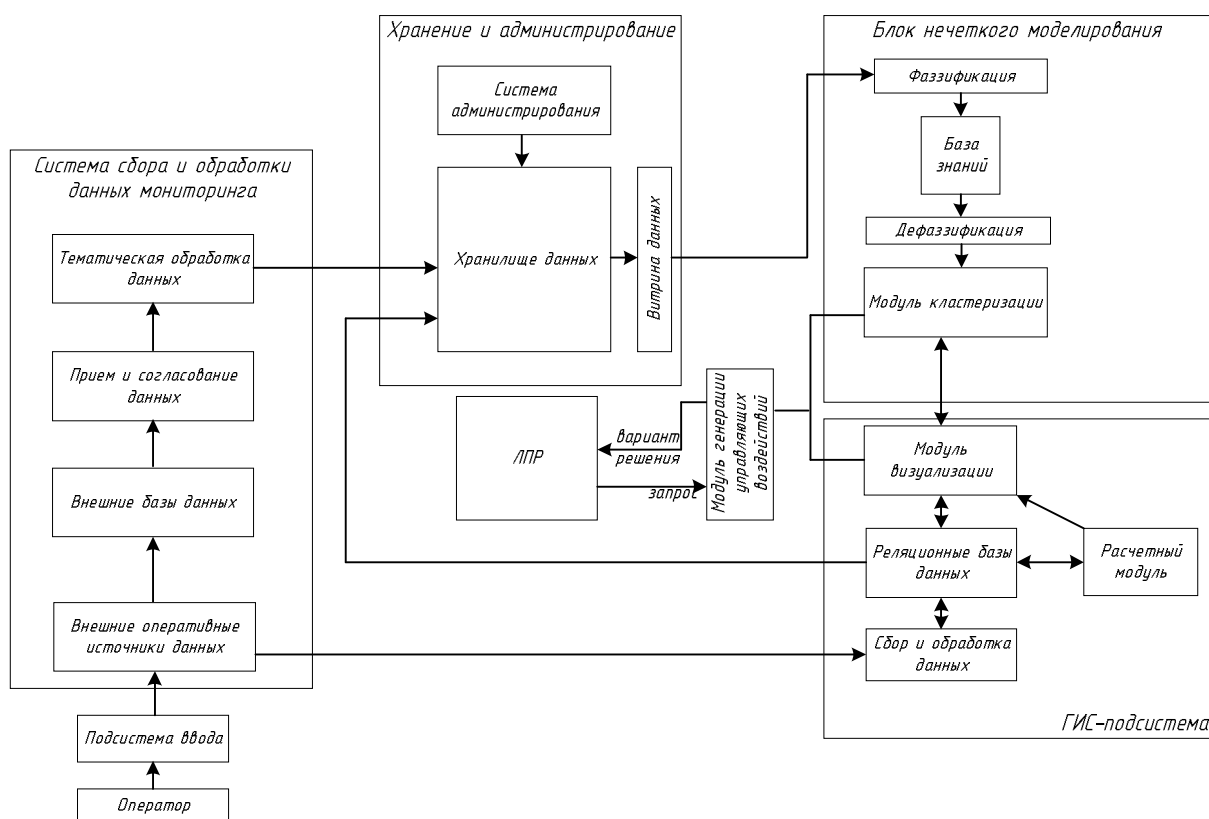


Рисунок 4 – Схема структурно-функциональной организации СППР

Отличительными особенностями структурно-функциональной организации являются: блок нечеткого моделирования, позволяющий проводить оценку риска здоровью; модуль кластеризации, реализующий модифицированный метод кластеризации участков автомагистралей по величине риска здоровью; модуль генерации управляющих воздействий, направленных на снижение воздействия выбросов автотранспорта на величину риска здоровью и позволяющий

осуществлять выработку управленческих решений; ГИС-подсистема, позволяющая проводить визуализацию результатов оценки величин риска на электронной карте.

На основе структурно-функциональной организации разработана СППР, выполняющая следующие функции: 1) ввод, хранение и обработку данных социально-гигиенического мониторинга; 2) оценку величины риска здоровью населения от выбросов автотранспорта на основе обработки многомерных нечетких данных СГМ; 3) на основании проведенных расчетов кластеризацию автомагистралей по степени воздействия на здоровье человека; 4) визуализацию на электронной карте объектов загрязнения, пятен рисков здоровью от выбросов автотранспорта для обеспечения поддержки принятия решений по результатам СГМ; 5) выработку на основе полученных данных комплекса управляющих воздействий, направленных на снижение риска здоровью населения от выбросов автотранспорта.

В четвертой главе проведена экспериментальная оценка риска здоровью на автомагистралях г. Курска.

На основе разработанной математической модели проведена оценка величин риска здоровью от выбросов автотранспортных средств на основных автомагистралях г. Курска с использованием вычислительной среды Matlab 7.10 со встроенным пакетом Fuzzy Logic Toolbox.

После количественной оценки величин риска здоровью проведена кластеризация автомагистралей с помощью модифицированного метода кластеризации с последующей визуализацией ее результатов в ГИС MapInfo, обеспечивающей графическое представление кластеров на электронной карте за счет их цветовой дифференциации в зависимости от величины риска (рисунок 5).

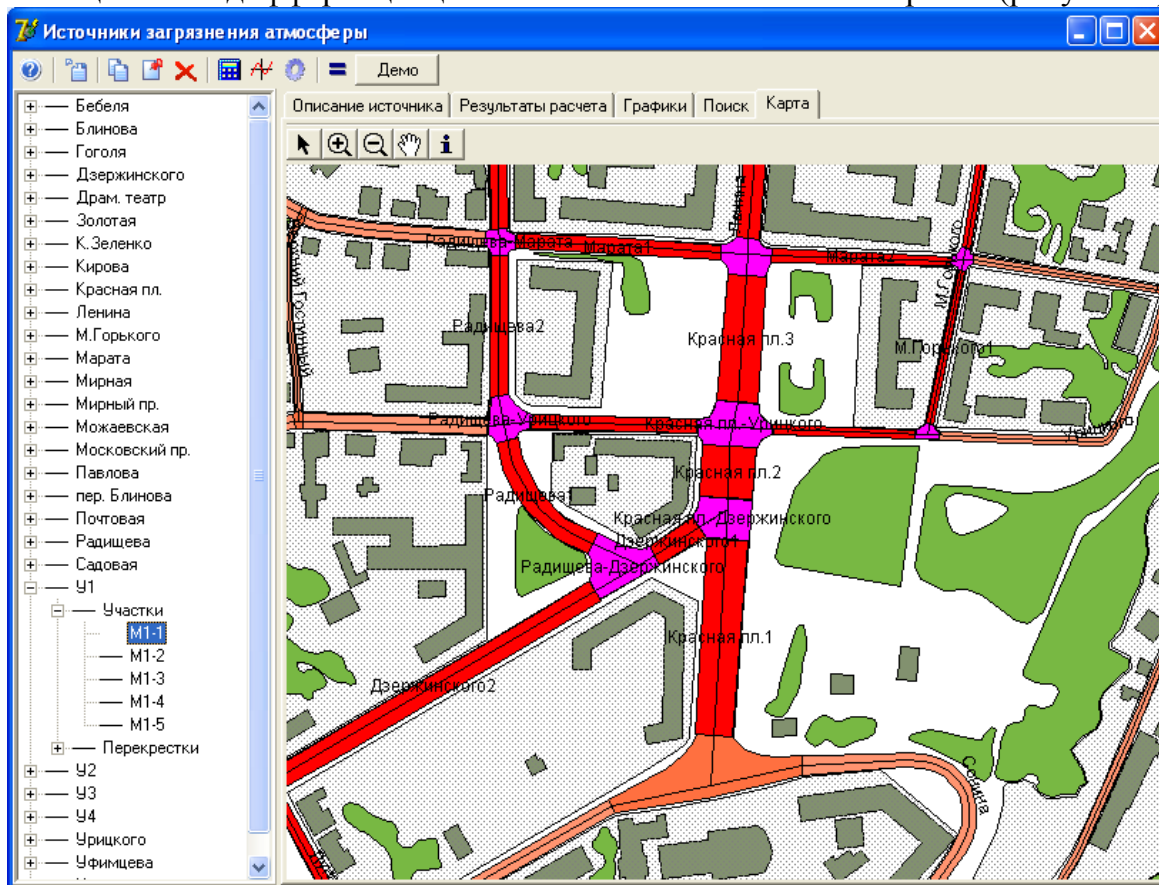


Рисунок 5 – Кластеризация магистралей и перекрестков в зависимости от величины риска здоровью

Важным аспектом экспериментальной оценки риска является проверка адекватности полученных результатов, которую целесообразно провести путем сравнения величин, полученных с использованием разработанной модели, с величинами, полученными эмпирическим путем.

Для величины риска здоровью невозможно получение эмпирического значения, однако величину концентрации загрязняющего вещества в заданной точке пространства можно определить экспериментально. В связи с этим представляется целесообразным оценить адекватность нечеткой модели методом сравнения величины риска, определенной путем моделирования с использованием эмпирических данных о концентрации, и величины риска, определенной путем моделирования с использованием концентраций, рассчитанных по разработанной модели.

Критерием адекватности модели является величина суммарного отклонения расчетных и экспериментальных данных.

Отклонение расчетных и эмпирических данных для значений концентраций, вычисленных с использованием разработанной математической модели, составило 8.08%. Кроме того, вычисленные величины рисков мажорируют эмпирические данные, что в методологии оценки риска более предпочтительно. Таким образом, можно сделать вывод, что разработанная нечеткая модель, предназначенная для оценки риска здоровью от автотранспортных выбросов, является адекватной.

График изменения сравниваемых величин представлены на рисунке 6.

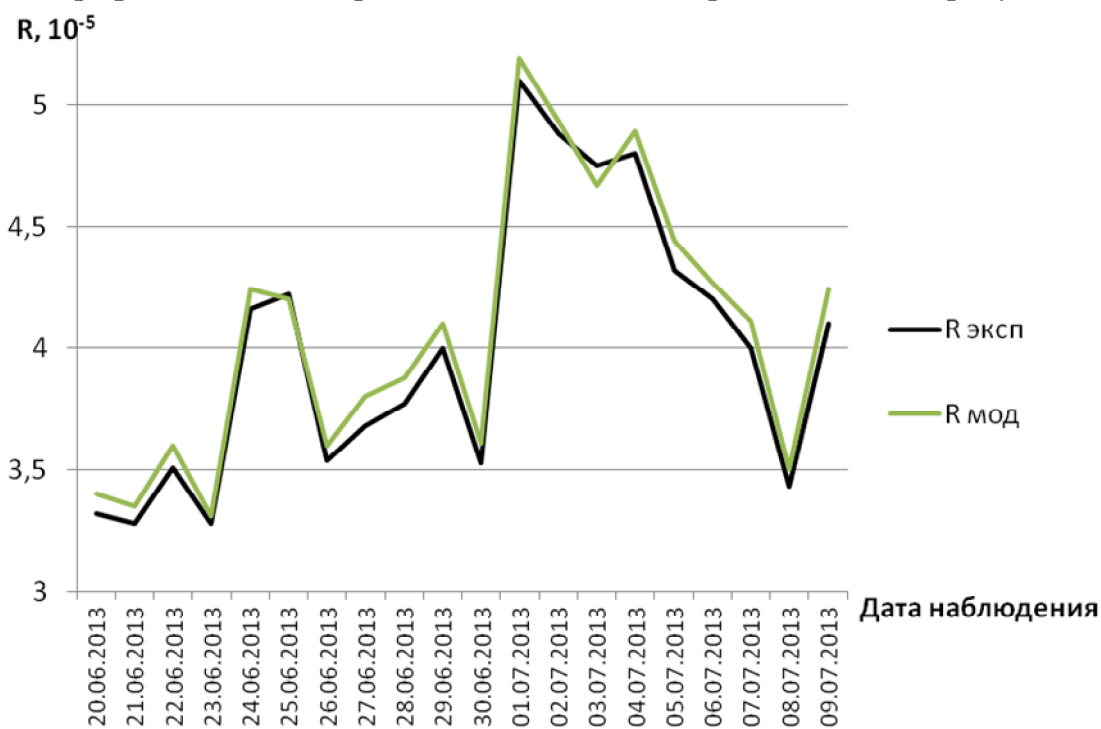


Рисунок 6 – графики изменений величины риска здоровью от выбросов автотранспортом оксида углерода (II) на участке магистрали (ул. Ленина), г. Курск

$R_{\text{эксп}}$ – величина риска, определенная путем моделирования с использованием эмпирических данных о концентрации; $R_{\text{мод}}$ – величина риска, определенная путем моделирования с использованием концентраций, рассчитанных по нечеткой иерархической модели

Обоснованность и оперативность управленческих решений с использованием разработанной СППР были определены с помощью экспертных оценок, обработка которых осуществлялась методом Дельфи. К оценке были

привлечены девять экспертов. В результате обработки данных двух туров опросов, после достижения согласованности мнений экспертов (коэффициент вариации – 0,17, коэффициент конкордации – 0,21) было установлено, что применение разработанной системы увеличивает обоснованность принимаемых управленческих решений на 15%, а их оперативность повышается на 25,4%.

Таким образом, в результате диссертационного исследования были улучшены два показателя качества управления: обоснованность – за счет учета в процессе оценки риска нечетких параметров, и оперативность – за счёт иерархической организации расширенного набора показателей и автоматизации процесса обработки разнородных данных.

В заключении излагаются основные результаты и выводы, полученные в диссертационной работе.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Диссертационная работа посвящена решению научной задачи – разработке модели, метода, алгоритма и структурно-функциональной организации системы поддержки принятия решений при управлении риском здоровью на основе обработки многомерных нечетких данных социально-гигиенического мониторинга.

В ходе решения поставленной задачи были получены следующие результаты:

1. Проведен сравнительный анализ существующих методов оценки риска здоровью, на основании которого показано, что для оценки этой величины целесообразно применение моделей, позволяющих осуществлять обработку нечетких данных. На основе анализа автоматизированных информационных систем, предназначенных для поддержки принятия решений органом государственной власти в процессе социально-гигиенического мониторинга, сделан вывод, что для обеспечения процесса управления риском здоровью необходима разработка системы поддержки принятия решений, осуществляющей обработку нечетких данных социально-гигиенического мониторинга с использованием геоинформационных систем в качестве средства визуализации.

2. Разработана математическая модель оценки риска здоровью человека от выбросов автотранспорта, основанная на положениях теории нечеткой логики, отличающаяся учетом расширенного набора нечетких данных социально-гигиенического мониторинга и иерархической организацией правил.

3. Проведена модификация «горного» метода кластеризации автомагистралей по величине риска здоровью, особенностью которой является учет социально-гигиенического статуса территории. На основании моделирования и кластеризации предложен набор правил генерирования управляющих воздействий, направленных на снижение величины риска здоровью населения.

4. Разработан алгоритм обработки нечетких данных социально-гигиенического мониторинга, включающий систему нечеткого логического вывода Мамдани, кластеризацию автомагистралей по величине риска с использованием модифицированного «горного» метода, осуществляющий выработку управляющих воздействий.

5. Разработана структурно-функциональная организация системы поддержки принятия решений органами государственной власти для управления риском здоровью, особенностью которой является введение блока нечеткого моделирования и модулей кластеризации и визуализации. Система поддержки

принятия решений для управления риском здоровью осуществляет автоматизированную обработку разнородных данных социально-гигиенического мониторинга, отличительной особенностью которой является выработка управляющих воздействий по его результатам.

6. Проведена экспериментальная оценка риска здоровью на автомагистралях г. Курска и проверка адекватности разработанной математической модели, в результате оценки выявлено, что среднее отклонение расчетных и эмпирических значений величин рисков составляет 8.08%, что подтверждает адекватность разработанной модели. На основании обработки экспертных оценок установлено, что применение разработанной системы увеличивает обоснованность принимаемых управленческих решений на 15%, а их оперативность повышается на 25,4% за счёт иерархической организации расширенного набора показателей.

СПИСОК НАУЧНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Научные работы в ведущих рецензируемых научных журналах:

1. Чепиков, Н.А. Использование геоинформационных технологий в системе управления воздухоохранной деятельностью среднего города [Текст]/ В.М. Попов, И.О. Рыкунова, Н.А. Чепиков и др. // Известия Орловского государственного технического университета. Серия Строительство. Транспорт. – 2009. - №2/22 (554). – С. 49-52.

2. Чепиков, Н.А. Совершенствование системы социально-гигиенического мониторинга региона с использованием геоинформационных технологий / Н.А. Чепиков // Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета. – 2011. - № 4(20) Ч.1. URL: <http://scientific-notes.ru/pdf/022-004.pdf> № государственной регистрации 0421100068\0143.

3. Чепиков, Н.А. Совершенствование системы социально-гигиенического мониторинга региона с использованием IDEF-моделирования и ГИС [Текст]/ Н.А. Чепиков // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. - №1 (40). – С. 219-228

4. Чепиков, Н.А. Метод и алгоритм поддержки принятия управленческих решений в системе социально-гигиенического мониторинга [Текст]/ Н.А. Чепиков, В.М. Попов, В.В. Юшин // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. - №2. Ч2. – С. 153-161

Научные публикации в других изданиях:

5. Чепиков, Н.А. Управление процессами воздействия загрязнения атмосферы на состояние здоровья населения с помощью геоинформационных технологий [Текст] / Н.А. Чепиков, И.О. Рыкунова // Управление в социальных и экономических системах: сборник статей VI Международной научно-практической конференции. – Пенза: РИО ПГСХА, 2008 – С. 183-185.

6. Чепиков, Н.А. Управление качеством атмосферного воздуха в районах автомагистралей с помощью геоинформационных технологий [Текст]/ В.М. Попов, И.О. Рыкунова, Н.А. Чепиков // Техносферная безопасность: научные труды X юбилейной Международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону, 2008. – С. 83-87.

7. Чепиков, Н.А. Решение задач социально-гигиенического мониторинга на основе геоинформационных технологий [Текст]/ В.М. Попов, И.О. Рыкунова, Н.А. Чепиков // Современные инструментальные системы, информационные технологии

и инновации: материалы VI Международной научно-технической конференции. – Курск: КурскГТУ, 2008. – С. 140-143.

8. Чепиков, Н.А. Исследование загрязненности воздушной среды г. Курска выбросами автотранспорта с использованием геоинформационных систем [Текст] / Н.А. Чепиков, И.О. Рыкунова // Приоритетные направления современной науки глазами молодых ученых: материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – Рязань: Ряз. гос. ун-т им. С.А. Есенина, 2009. – С. 223-225.

9. Чепиков, Н.А. ГИС-приложение «Передвижные источники выбросов загрязняющих веществ в воздушную среду» как интеграционная основа поддержки принятия решений при управлении состоянием воздушного бассейна г. Курска [Текст] / Н.А. Чепиков // Актуальные проблемы экологии и охраны труда: материалы II Международной научно-практической конференции. – Курск: КурскГТУ, 2010. – С. 226-229.

10. Чепиков, Н.А. Оценка риска здоровью населения от выбросов автотранспорта на основе нечеткой логики [Текст] / Н.А. Чепиков, Ю.А. Халин // Интеллектуальные информационные системы: тенденции, проблемы, перспективы: сборник материалов Региональной заочной научно-практической конференции. – Курск: ЮЗГУ, 2013. – С. 128-131

11. Чепиков, Н.А. Математическая модель оценки риска здоровью населения от выбросов автотранспорта [Текст] / Н.А. Чепиков // Актуальные проблемы и перспективы преподавания математики: сборник научных статей IV Международной научно-практической конференции. – Курск, ЮЗГУ, 2013. – С.177-180

12. Чепиков, Н.А. ГИС-приложение «Передвижные источники выбросов загрязняющих веществ в воздушную среду». Свидетельство государственной регистрации программы для ЭВМ № 2009615148. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 18.09.2009 г.

13. Чепиков, Н.А. Поддержка принятия решений органами государственной власти в системе социально-гигиенического мониторинга. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012618281. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 12 сентября 2012 г.

Подписано в печать _____ 2013 г. Формат 60х84 1/16. Печ.л. 1,0.
Тираж 100 экз. Заказ _____.
Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

