



СПбГЭТУ «ЛЭТИ»

ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной и инновационной деятельности

СПбГЭТУ «ЛЭТИ» д.т.н, доцент

А. А. Семенов

10 2023 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации федерального государственного автономного образовательного учреждения «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина) на диссертационную работу

Белозеровой Елены Алексеевны

«Геоинформационная система управления геоэкологическим риском»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.20. Геоинформатика, картография

1. Актуальность научной работы

Диссертационная работа посвящена разработке геоинформационной системы для управления рисками истощения и загрязнения водосборной территории на основе разнородной пространственной информации. Актуальность данной темы обусловлена нехваткой водных ресурсов и выработкой стратегии их рационального использования, начиная с уровня муниципальных образований.

В условиях роста темпов урбанизации, увеличения объемов промышленного производства, оптимизации сети наблюдательных постов сети Росгидромет, важным

является вопрос оценки водных ресурсов водосборных территорий, недостаточно обеспеченных гидрологическими данными.

Недостаток исходной информации компенсируется применением алгоритмов и технологий, использующих разнородные данные: географические, гидрологические, гидрохимические, климатические, демографические, а также данные различных типов: текстовые, цифровые, изображения, сигналы и др. в целях анализа и принятия решений для эффективного прогнозирования объемов водных ресурсов и их распределения. Развитие такого рода интеллектуальных систем на основе геоинформационных технологий создает инструментарий для принятия управленческих решений в области водопользования и способствует сохранению эколого – экономического баланса.

2. Состав и содержание диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, списка сокращений, библиографического списка из 213 наименований, изложена на 208 листах, содержит 61 рисунок и 28 таблиц, 3 приложения.

Во введении раскрывается актуальность решаемой научной проблемы, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, обозначен объект и предмет научного исследования. Приведены методы исследования, обзор степени разработанности темы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы. Указаны положения, выносимые на защиту.

В первой главе проанализирована практика применения геоинформационных систем в водопользовании. Обозначены следующие проблемы на пути создания эффективных систем управления водными ресурсами: данные собираются различными организациями и ведомствами в различных форматах, сложность в использовании бассейнового подхода для административно – территориальных единиц. Определена проблема недостатка данных гидрологических характеристик, в частности, расходах воды в реках. Рассмотрено несколько современных подходов к моделированию расходов воды в реках на территориях с недостаточной гидрологической изученностью. В целях повышения достоверности предложено использовать комбинирование методов пространственной интерполяции и физико-географического подобия.

Приведен обзор методов использования для определения фрактальной размерности природных объектов. Установлено, что значения фрактальной размерности могут быть использованы в качестве дополнительного источника атрибутивной информации о речной сети. Практическое применение значений фрактальной размерности требует разработки методологии проведения фрактального анализа.

Указана необходимость разработки геоинформационной системы для поддержки принятия решений при управлении рисками истощения и загрязнения водосборной территории на основе разнородной пространственной информации.

Вторая глава содержит описание р. Уфа, ее притоков, объекта и методов исследования. Представлен перечень и количество исходных данных, используемых для создания геоинформационной системы: гидрологических, гидрохимических, пространственных и демографических, полученных из различных источников. В ходе работы автором сформированы 2 базы данных: «Гидрохимические показатели р. Белая и ее притоков»; «Основные характеристики поймы р. Белая и ее основных притоков». Обоснованы методы исследования, использованные в работе. Приведено подробное описание программных продуктов, используемых для определения фрактальной размерности.

Важно отметить объем, соискателем проанализировано более 197 000 ежедневных данных о расходе, более чем 13 700 ежемесячных проб воды.

В рамках третьей главы соискателем проведена апробация двух методов для определения водных ресурсов в поверхностных водотоках: метод корреляции карт и метод геомоделирования расходов воды в реках по значению модуля стока. Исследование проводилось с использованием данных ежедневных расходов воды в реках на 25 гидрологических створах. В целях исследования было построено 600 карт гидрологической однородности. Рассчитаны значения среднегодовых расходов воды для 101 малой реки.

Соискателем предложена методика геомоделирования расходов воды в реках на территориях, с недостаточной гидрологической изученностью. Методика объединяет в себе метод корреляции карт для больших и средних рек и метод геомоделирования расходов воды в реках по значениям модуля стока – для малых

рек, что позволяет сократить относительную погрешность определения расходов воды для рек до 16%.

Четвертая глава посвящена разработке методологии определения фрактальной размерности водосборной территории. В целях выработки методологии выполнен сравнительный анализ программных продуктов, находящихся в открытом доступе: FrakOut, HarFa, Frac, Imagej, Frac_Lac, QGIS. Для устранения недостатков, имеющихся в существующих программах, соискателем разработана программа Автоматизированный расчет фрактальной размерности (АРФР) на основе MATLAB R2020b. Основными отличиями АРФР от аналогов является: автоматическая обработка и минимизация субъективного фактора при определении фрактальной размерности, возможность работы с изображениями в формате jpg, отсутствие влияния цветового диапазона исследуемого изображения на результаты расчета, снижение трудозатрат при расчете. В рамках настоящего исследования получено 675 значений фрактальных размерностей (9 водосборов в 5 масштабах, 7 программ (15 различных режимов)).

Согласно разработанной методологии фрактальную размерность предлагается рассчитывать с помощью АРФР методом box – counting, использовать растровое изображение водосборов разрешением 100 dpi., минимальным достаточным масштабом исследуемого водосбора является 1:200000, географическая ориентация изображения водосбора сохраняется, расчетная сетка накладывается на прямую проекцию гидрографической сети без поворотов.

Также, впервые фрактальная размерность представлена в качестве интегрального показателя состояния водосбора, объединяющего в себе информацию: о разветвленности речной сети, водности водосборной территории (коэффициент наводнений), о расходах воды в реках.

В пятой главе описана методика определения геоэкологического риска, адаптированная для муниципальных образований. Приведены результаты расчета геоэкологического риска поверхностных водных ресурсов для каждого района расположенного на территории водосборного бассейна р. Уфа. Создана геоинформационная система для поддержки принятия решений по управлению водными ресурсами в условиях административно-территориального деления.

Предложен комплекс рекомендации для муниципальных образований по снижению рисков загрязнения и истощения водных ресурсов.

В заключении приведены результаты работы, определены направления дальнейших исследований.

3. Достоверность и обоснованность результатов и выводов диссертационной работы подтверждаются корректным использованием методов математической статистики и системного анализа, результатами математического и геоинформационного моделирования, экспериментальными данными, а также апробацией на научных конференциях и публикациями в открытой печати.

4. Научная новизна полученных результатов

К основным результатам диссертационного исследования, обладающего научной новизной, относятся следующие положения и разработки:

1. Методика геомоделирования расходов воды в реках на территориях с недостаточной гидрологической изученностью.

2. Методология определения фрактальной размерности гидрографической сети.

3. Фрактальная размерность гидрографической сети, как тип данных, используемых в геоинформационных системах при характеристике водосборной территории.

3. Зависимости между фрактальной размерностью гидрографической сети и: разветвленностью речной сети, водностью водосборной территории (коэффициент наводнений) и расходами воды в реках.

4. Геоинформационная система прогнозирования риска истощения и загрязнения водосборной территории на основе разнородных пространственных данных.

В качестве методов анализа использовались:

Методы определения расходов воды в водотоках недостаточно обеспеченных гидрологическими данными, в частности:

- геостатистический метод определения расходов воды в реках на основе цифровой модели рельефа (метод корреляции карт);

- метод геомоделирования расходов воды в реках по значению модуля стока;

- фрактальный анализ гидрографической сети водосборного бассейна в пяти масштабах (на примере р. Уфа).

5. Личный вклад автора

Основные результаты, выносимые на защиту, получены лично соискателем.

Соискатель непосредственно участвовал в постановке задач, проведении расчетов, анализе и интерпретации результатов. К личному вкладу соискателя относятся формулирование методологии определения фрактальной размерности водосборной территории, методики оценки состояния водосборных территорий при недостаточности данных гидрометрических наблюдений, обработке данных и проведении расчетов.

6. Значимость полученных в диссертации результатов

Теоретическая значимость исследований. Раскрыты особенности прогнозирования расходов воды в реках на территории с недостаточной гидрологической изученностью. Доказано, что пространственная близость водотоков не является универсальным критерием для выбора реки-аналога при определении расходов воды. Изложен подход к прогнозированию расходов воды в реках, основанный на их классификации.

Изучены факторы, влияющие на расчет фрактальной размерности гидрографических сетей. Изложена методология определения фрактальной размерности водосборной территории при исследовании водных ресурсов. Доказана взаимосвязь фрактальной размерности гидрографической сети с такими параметрами как: разветвленность речной сети, водность водосборной территории (коэффициент наводнений) и среднего расхода воды в реках, что расширяет границы применения полученных результатов. В частности, делает возможным использование фрактальной размерности гидрографической сети в качестве интегральной характеристики водосборной территории.

Проведена модернизация модели по управлению геоэкологическими рисками на водосборной территории. Изложена модель геоинформационной системы для определения геоэкологического риска на водосборной территории, основанная на обработке разнородных пространственных данных.

Практическая значимость работы:

Созданы базы данных и внедрены в учебный процесс:

Гидрохимические показатели р. Белая и ее притоков;

Основные характеристики поймы р. Белая и ее основных притоков.

Разработаны программы для ЭВМ и внедрены в практическую деятельность:

– автоматизированный расчет фрактальной размерности;

– расчет геоэкологического риска количественного и качественного истощения водных ресурсов;

– определение доли рек с длинами заданного диапазона на основе фрактальной размерности водосборного бассейна;

– моделирование расходов воды в реках на основе данных эталонного поста.

Разработана геоинформационная система для оценки риска истощения и загрязнения поверхностных вод с использованием разнородных пространственных данных.

Представлена методология использования пространственных данных разных типов для проектирования систем поддержки принятия решений для управления геоэкологическим риском в границах хозяйствующего субъекта.

7. Рекомендации по использованию результатов работы

Методика геомоделирования расходов воды в реках на территориях с недостаточной гидрологической изученностью может применяться при прогнозировании водных ресурсов на территориях, планируемых для промышленного или хозяйственного освоения.

Методология определения фрактальной размерности гидрографической сети может использоваться в целях дальнейших научных исследований в области развития геосистем во временном и пространственном отношениях, для выявления скрытой регулярности и упорядоченности геосистем.

Фрактальная размерность гидрографической сети, как тип данных, используемых в геоинформационных системах при характеристике водосборной территории – новый тип атрибутивной интегральной информации о географических объектах.

Выявленные зависимости между фрактальной размерностью гидрографической сети и разветвленностью речной сети, водностью водосборной территории (коэффициент наводнений) и расходами воды в реках могут быть использованы для прогноза гидрологических характеристик.

Разработанная геоинформационная система прогнозирования риска истощения и загрязнения водосборной территории на основе разнородных пространственных данных может быть использована в качестве инструмента для принятия решений в области рационального использования водных ресурсов, может быть применима к любому уровню административно-территориального деления (район, субъект, федеральные округ и др.)

Также научные результаты работы могут применяться в образовательной деятельности в рамках курсов по геоэкологии и геоинформатике.

8. Недостатки диссертационной работы

- 8.1. Рисунки 2.5, 2.6 и 2.8 качественно отображают анализируемые зависимости, но было бы лучше представить результаты конкретного эксперимента или моделирования.
- 8.2. Выводы по главе 3 не подчеркивают новизну полученных результатов, хотя новые результаты получены.
- 8.3. На стр. 62 выражения (2.2) – (2.8) не обозначены единицы измерений.
- 8.4. Следовало уточнить, каков размер ячейки растра карты водосбора масштаба 1:200 000 и какая точность получается при использовании данных радарной топографической съемки Земли SRTM (Shuttle radar topographic mission).
- 8.5. Недостаточна представлена информация о структуре баз данных и хранящихся в ней характеристиках исследуемой водосборной территории.
- 8.6. Описание работы программных продуктов для определения фрактальной размерности стр. 74 – 85 следовало бы привести в Приложении.
- 8.7. Недостаточно описан функционал разработанной ГИС, из описания не ясно с какой регулярностью происходит обновление исходных данных в системе?

Указанные недостатки незначительно снижают качество работы, однако не затрагивают важность научных и практических результатов автора, полученных в ходе исследования.

9. Заключение

Диссертация Белозеровой Елены Алексеевны является законченной, логично обоснованной, самостоятельно выполненной научно-исследовательской работой. Содержание автореферата соответствует содержанию работы.

По теме диссертации опубликовано 22 работы, в том числе 7 статей в журналах, включенных в перечень рекомендованных ВАК РФ, 2 статьи в изданиях, индексируемых в реферативных базах Web of Science и Scopus, 2 электронные базы данных и 4 программы для ЭВМ.

Диссертация Белозеровой Елены Алексеевны выполнена на хорошем научном уровне, соответствует паспорту специальности 1.6.20. Геоинформатика, картография и отвечает п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а её автор заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.20. Геоинформатика, картография.

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании кафедры информационно-измерительных систем и технологий Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (протокол № 9 от 17.10.2023 г.).

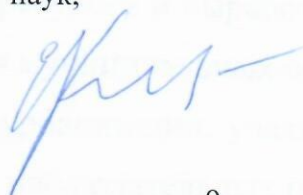
Заведующий кафедрой Информационно-измерительных систем и технологий Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина), доктор технических наук, профессор, специальность: 05.11.16



Королев Павел Геннадьевич

197022, Санкт-Петербург, ул. профессора Попова, д.5, литера Ф.
Тел: (812)234-93-93
E-mail: pgkorolev@etu.ru

Ученый секретарь кафедры Информационно-измерительных систем и технологий, кандидат технических наук, доцент, специальность: 05.11.16



Бишард Екатерина Георгиевна