

Министерство образования Республики Беларусь  
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ П.М. МАШЕРОВА»  
(ВГУ ИМЕНИ П.М. МАШЕРОВА)

УДК 528:681.3:711

Рег.№ 20201266

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе,  
профессор

\_\_\_\_\_ Е.Я. Аршанский

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

ОТЧЕТ  
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Алгоритм геоэкологического районирования территорий средствами геоинформационных систем на основе информации открытых источников и данных дистанционного зондирования

(заключительный)

договор с БРФФИ № Х20МВ-020 от 04.05.2020 г.

Руководитель НИР,  
ответственный исполнитель,  
младший научный сотрудник

\_\_\_\_\_

Е.В. Соколовский

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель НИР  
мл. н. сотрудник

---

Е.В. Соколовский  
(введение, гл. 1, гл. 2, п. 2.1,  
2.2, 2.4, заключение)

Исполнитель  
магистрант каф. экологии  
и географии, ст. мл. н.  
сотрудника

---

В.В. Кривко  
(реферат, введение, гл.2, п. 2.2,  
2.3, заключение)

Исполнитель  
магистрант каф. экологии  
и географии, ст. мл. н.  
сотрудника

---

Д.В. Новиков  
(реферат, введение, гл.2, п. 2.3,  
2.5, заключение)

Нормоконтроль

---

Т.В. Харкевич

## РЕФЕРАТ

Отчет 39 с., 1 кн., 1 табл., 7 рис., 26 источников

### ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ, ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ, ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, НЕЙРОННЫЕ СЕТИ, АЛГОРИТМ

Объектом исследования являются урбанизированные и природные территориальные комплексы.

Цель работы – разработка алгоритма автоматизированного районирования территорий в сфере оценки природных условий, ресурсов, состояния окружающей среды и природопользования.

Методы исследования: картографический, геоинформационного анализа, описательно-аналитический, сравнительно-сопоставительный, статистический.

В результате проведенных исследований разработан алгоритм районирования территориальных комплексов, базирующийся на анализе информации открытых сетевых источников и использовании инструментария геоинформационных систем с элементами нейросетевого анализа. Предлагаемая методика включает анализ первичных данных, создание набора векторных слоёв с необходимой пространственной и атрибутивной информацией в геоинформационной среде, формирование карты на основе сгенерированных буферных зон вокруг каждого объекта (близкие, примыкающие и пересекающиеся буферные зоны объектов одного типа и подтипа объединяются при этом в один результирующий полигон); разрешение спорных ситуаций распределения территорий в конфликтных зонах; окончательное установление границ по базовым параметрам в пределах «свободных» границ. Сформирована система параметров, по которым в автоматизированном режиме определяется принадлежность объектов, участков к тому или иному типу, а также устанавливаются четкие границы типологически однородных территорий. Каждый параметр снабжается коэффициентом значимости, определяющим степень смещения границы соответствующего объекта на итоговой карте.

Алгоритм апробирован в ходе эколого-функционального зонирования, картографировании озеленения городов, определении актуальных границ природных территорий, подлежащих специальной охране. Методика легла в основу мезоклиматического и эколого-геоморфологического районирования территории города Витебска, применялась при картографировании земельных угодий сельскохозяйственных предприятий.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	5
Основная часть.....	7
1 Материал и методы исследований.....	7
2 Результаты исследований .....	11
2.1 Классификатор и структура базы данных геоинформационной системы .....	11
2.2 Формирование алгоритма районирования по градостроительным характеристикам городской среды .....	17
2.3 Районирование территорий по характеристикам природно-антропогенных факторов и состоянию городской среды.....	22
2.4 Прикладные аспекты применение алгоритма автоматизированного распознавания объектов и районирования в хозяйстве и научных исследованиях.....	27
2.5 Перспективы дальнейшего развития идей автоматизированного анализа и интерпретации данных дистанционного зондирования и практического использования полученных результатов.....	30
Заключение.....	32
Список использованных источников.....	35

## ВВЕДЕНИЕ

Одна из актуальных задач современного геоэкологического картографирования - проведение автоматического районирования, основанного на использовании определенного инструментария и массива данных об изучаемом регионе. Встроенные модули районирования в геоинформационных системах чаще всего используют четко ограниченные объемы исходных данных, поэтому объективность и точность проводимых границ в условиях урбанизированных территорий являются, как правило, недостаточными. При этом, на основе синтеза возможностей современных геоинформационных систем и нейронных сетей, доступа к открытым источникам геоэкологической информации и данным дистанционного зондирования возможно создание алгоритма, который позволит проводить автоматическое районирование территорий по множеству отобранных критериев с высокой степенью объективности проводимых границ [1, 2].

В связи с этим *целью* данного исследования является разработка алгоритма автоматизированного районирования территорий в сфере оценки природных условий, ресурсов, состояния окружающей среды и природопользования.

Для достижения поставленной цели решались две сопряженные *задачи*. Во-первых, был выделен комплекс территориально определенных параметров окружающей среды и их характеристик, которые находят четкое отражение в открытых источниках геоинформации и материалах дистанционного зондирования для их дальнейшего использования в качестве исходной базы данных в алгоритме автоматического районирования. Причем предлагаемая методика ориентирована на использование всего комплекса доступных к изучению значимых параметров среды, а не её отдельные характеристики или комплексных производных показателей, как это предлагается сегодня в большинстве геоинформационных систем.

Во-вторых, на основе совмещения возможностей открытых геоинформационных систем, элементов нейросетевого анализа (обработки) данных, информационного поля открытых источников геоинформации и ДДЗ создана информационно-аналитическая система, позволяющая оперативно и максимально объективно проводить районирование территорий исходя из условий запроса. Система с таким уровнем интеграции перечисленных инструментов для решения задач районирования предлагается впервые.

Надо отметить, что в области применения нейросетевого анализа, искусственного интеллекта, машинного зрения и машинного обучения в современной науке присутствует ряд проблем. Так, большинство нейросетей с открытым исходным кодом ориентированы на потребителей информации преимущественно в области развлечений. Применение таких комплексов в науке требует внесения значительных изменений и дополнений, стоимость

разработки которых сравнима с разработкой полностью самостоятельного продукта. Однако, при этом развитие искусственных нейронных сетей достигло такого уровня, при котором использование уже готовых вариантов ИНС, а также программных модулей, основанных на технологии машинного обучения в картографировании и анализе данных дистанционного зондирования стало не только возможно, но и необходимо.

Таким образом, в настоящем исследовании предлагается вариант интеграции инструментария открытых геоинформационных систем, доступных обычному исследователю возможностей нейросетевого анализа и массива разнообразных данных дистанционных наблюдений за земной поверхностью и их производных, для автоматизации процесса определения объективных границ и параметров в окружающей среде. На основе этого, становится возможным многократно ускорить процесс анализа и районирования поверхностей.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Антипова, Е. А. Опыт использования ГИС-технологий в географии населения // Е.А. Антипова / Вестник Белорусского государственного университета. Сер. 2, Химия. Биология. География. – 2007. - № 3. – С. 87-93.
2. Барлиани, И.Я. Возможности использования ГИС-технологий в системе планирования и управления территорией / И.Я. Барлиани // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр.: Междунар. науч. конф. «Глобальные процессы в региональном измерении: опыт истории и современность»: сб. материалов в 2 т., Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г. – Новосибирск, СГУГиТ, 2016. - Т. 1. – С. 247–250.
3. **Соколовский Е.В.** Векторизация и идентификация растровых геоданных ГИС средствами искусственных нейронных сетей / Е.В. Соколовский // Молодость. Интеллект. Инициатива: материалы VIII Международной научно-практической конференции студентов и магистрантов, Витебск, 22 апреля 2020 г. / Витеб. гос. ун-т ; редкол.: И.М. Прищепа (гл. ред.) [и др.]. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2020. – С.103-104.
4. **Соколовский Е.В.** Создание векторной карты дорог с помощью искусственной нейронной сети / Е.В. Соколовский // XIV Машеровские чтения : материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Витебск, 21 октября 2020 г. / Витеб. гос. ун-т ; редкол.: Е.Я. Аршанский (гл. ред.) [и др.]. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2020. – С.133-
5. **Соколовский, Е.В.** Алгоритм работы искусственной нейронной сети при выделении территорий сельскохозяйственного назначения / Е.В. Соколовский, А.Б. Торбенко // Наука – образованию, производству, экономике : материалы 73-й Региональной научно-практической конференции преподавателей, научных сотрудников и аспирантов, Витебск, 11 марта 2021 г. / Витеб. гос. ун-т ; редкол.: Е.Я. Аршанский (гл. ред.) [и др.]. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2021. – С.126-128.
6. **Кривко, В.В., Соколовский Е.В.** Определение уровня антропогенной нарушенности природных территорий, подлежащих специальной охране г. Витебска / В.В. Кривко, Е.В. Соколовский // Экологический мониторинг опасных промышленных объектов: современные достижения, перспективы и обеспечение экологической безопасности населения: сборник научных трудов по материалам 2-й

Всероссийской научно-практической конференции. — Саратов: Амирит, - 2020. - С. 69-72

7. **Кривко, В.В.** Определение границ зон затопления на основе гидродинамического моделирования // В.В. Кривко, Т.А. Дьяконова, Е.О. Агафонникова, А.Ю. Кликунова, **Е.В. Соколовский**, Е.С. Савин Е.С. / Математическая физика и компьютерное моделирование. Том 23 № 3 – Волгоград, ВолГУ, 2020. – С. 12-22.

8. **Кривко, В.В.** Инвазия борщевика в Витебском районе Витебской области // В.В. Кривко, А.Б. Торбенко, Ю.И. Высоцкий, Л.М. Мержвинский, И.М. Морозов / «Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта. №3(108) / Витебск. гос. ун-т им. Машерова; редкол.: В.В. Богатырёва (гл. ред) [и др.] . – Витебск, ВГУ имени П.М. Машерова, 2020 – С. 69-77.

9. **Кривко, В.В.** Загрязнение природных территорий г. Витебска, подлежащих специальной охране, борщевиком Сосновского // В.В. Кривко, А.Б. Торбенко / Молодость. Интеллект. Инициатива : материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. студентов и магистрантов, Витебск, 22 апреля 2020 г. / [редкол.: И. М. Прищепа (гл. ред.) [и др.]] ; М-во образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Витебский государственный университет имени П. М. Машерова". - Витебск: ВГУ имени П. М. Машерова, 2020. – С. 76-77.

10. **Кривко В.В.** Распространение инвазии борщевика Сосновского, золотарника канадского, бальзамина железистого в городе Витебске и его окрестностях / В.В. Кривко // Экологическая культура и охрана окружающей среды: III Дорофеевские чтения : материалы международной научно-практической конференции, Витебск, 28–29 октября 2020 г. / Витеб. гос. ун-т ; редкол.: Г.Г. Сушко (отв. ред.) [и др.]. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2020. – С.131-13.

11. Высоцкий Ю.И., Мержвинский Л.М., Торбенко А.Б., **Кривко В.В.** Распространение гигантских борщевиков на территории Глубокского района Витебской области / Ю.И. Высоцкий, Л.М. Мержвинский, А.Б. Торбенко, В.В. Кривко // Наука – образованию, производству, экономике : материалы 73-й Региональной научно-практической конференции преподавателей, научных сотрудников и аспирантов, Витебск, 11 марта 2021 г. / Витеб. гос. ун-т ; редкол.: Е.Я. Аршанский (гл. ред.) [и др.]. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2021. – 634 с.

12. **Кривко В.В.** Проблемы выделения эколого-функциональных зон урбанизированных территорий на примере г. Витебска / В.В. Кривко // XIV Машеровские чтения: материалы международной научно-практической



конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Витебск, 21 октября 2020 г. / Витеб. гос. ун-т ; редкол.: Е.Я. Аршанский (гл. ред.) [и др.]. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2020. – С.110-112.

13. Галкин, А.Н., Тимошкова А.Д., Красовская И.А., Торбенко А.Б. Особенности проявления современных экзогенных процессов на территории Витебска // Літасфера. 2007, №1 (26), с. 73–77.

14. Торбенко, А.Б. Особенности влияния рельефа Витебска на климатические параметры / А.Б. Торбенко, А.Н. Галкин, **Д.В. Новиков**, И.Н. Иванова-Логвинова // Вестник Воронежского государств. ун-та. Серия: География. Геоэкология. №3, 2021 г. – С.13-24.

15. **Новиков Д.В.** Анализ загрязнения атмосферного воздуха г. Витебска / Д.В. Новиков // Молодость. Интеллект. Инициатива: материалы VIII Международной научно-практической конференции студентов и магистрантов, Витебск, 22 апреля 2020 г. / Витеб. гос. ун-т; редкол.: И.М. Прищепа (гл. ред.) [и др.]. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2020. – С.85 -86.

16. **Новиков, Д.В.** Ведущие источники загрязнения атмосферного воздуха г. Витебска / Д.В. Новиков, А.Б. Торбенко // XIV Машеровские чтения междунар. научн.-практ. конф. Студентов, аспирантов и молодых учёных, Витебск, 21 октября 2020 г. / Витеб. гос. ун-т; редкол.: Е.Я. Аршанский (гл. ред.) [и др.]. – Витебск: ВГУ им. П.М. Машерова, 2020. – С. 124 – 125.

17. **Новиков, Д.В.** Характеристика типов мезоклимата г. Витебска / Д.В. Новиков // Мониторинг и охрана окружающей среды: сб. материалов Респ. науч.-практ. конф. студентов, магистрантов, аспирантов, Брест, 25 марта 2021 г./ Брест, БрГУ имени А.С. Пушкина; редкол.: А.С. Домась, Н.В. Шкуратова, М.В. Левковская. – Брест: БрГУ, 2021. – С.91-93

18. **Новиков Д.В.** Построение и актуализация цифровой модели рельефа г. Витебска / Д.В. Новиков // Экологическая культура и охрана окружающей среды: III Дорофеевские чтения : материалы международной научно-практической конференции, Витебск, 28–29 октября 2020 г. / Витеб. гос. ун-т ; редкол.: Г.Г. Сушко (отв. ред.) [и др.]. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2020. – С.37-39.

19. **Соколовский Е.В.** Особенности создания векторной карты застройки территорий городов с помощью ИНС / Е.В. Соколовский // Экологическая культура и охрана окружающей среды: III Дорофеевские чтения : материалы международной научно-практической конференции, Витебск, 28–29 октября 2020 г. / Витеб. гос. ун-

т ; редкол.: Г.Г. Сушко (отв. ред.) [и др.]. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2020. – С.58-60

20. Казак, А.В. Перспективы использования системы высокотехнологичного мониторинга земель в «точном земледелии» / А.В. Казак, **Д.В. Новиков** // Молодость. Интеллект. Инициатива: материалы IX Международной научно-практической конференции студентов и магистрантов, Витебск, 23 апреля 2021 г. / Витеб. гос. ун-т; редкол.: Е.Я. Аршанский (гл. ред.) [и др.]. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2021. – 521 с.

21. **Новиков, Д. В.** Использование ГИС для выявления потенциальных мест гнездования редких видов птиц на примере дербника (*Falco columbarius*) / Д.В. Новиков, А. Б. Торбенко, В.В. Ивановский // ГИС-технологии в науках о Земле: материалы респ. науч.-практ. семинара студентов и молодых ученых, Минск, 18 нояб. 2020 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: Н. В. Жуковская (отв. ред.) [и др.]. – Минск: БГУ, 2020. – С. 54-57.

22. **Новиков, Д.В.** Анализ гнездовых участков дербника (*falco columbarius*) средствами ГИС / Д.В. Новиков // Устойчивое развитие: региональные аспекты: сб. материалов XIII Международной науч.-практ. конф. молодых ученых, Брест, 22-23 апреля 2021 г. / Брест, БрГТУ. - Брест: БрГТУ, 2021. – С. ....

23. **Новиков, Д.В.** Апробация методики выявления потенциальных мест гнездования редких видов птиц на примере дербника (*Falco columbarius*) / Д.В. Новиков // (II Китайско-белорусский молодежный конкурс научно-исследовательских и инновационных проектов: сб. материалов конкурса, Минск, 20-21 мая 2021 г. - Минск, БНТУ, 2021. – С.156.

24. **Новиков, Д.В.** Использование алгоритма автоматизированного картографирования при анализе географии гнездовых территорий птиц / Д.В. Новиков, **Е.В. Соколовский** // Географические аспекты устойчивого развития регионов [Электронный ресурс]: IV Международная научно-практическая конференция (Гомель, 27–29 мая 2021 года): сборник материалов / М-во образования Республики Беларусь, Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины, Воронежский гос. ун-т, Гомельский обл. отдел обществ. об-ния «Белорусское геогр. о-во», Рос. центр науки и культуры в Гомеле; редкол. : А. И. Павловский (гл. ред.) [и др.]. – Электрон. текст. данные (74,2 МБ). – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2021. - С.422-425.

25. **Новиков, Д.В.** Структурная организация гнездовых участков скопы в Верхнедвинском и Россонском районах Витебской области / Д.В. Новиков // XV Машеровские чтения: материалы международной научно-практической

конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Витебск, 22 октября 2021 г.: в 2 т. / Витеб. гос. ун-т ; редкол.: Е.Я. Аршанский (гл. ред.) [и др.]. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2021. – Т. 1.- С.76-77

26. Ивановский, В. В. Опыт выявления потенциальных мест гнездования хищных птиц с использованием ГИС-технологий (на примере дербника *falco columbarius*) / В. В. Ивановский, А. Б. Торбенко, **Д. В. Новиков** // Русский орнитологический журнал. – 2021. – Т. 30, № 2024. – С. 217–226.