



Электронный научный журнал  
Южного федерального  
университета

УПРАВЛЕНИЕ В  
ЭКОНОМИЧЕСКИХ  
И СОЦИАЛЬНЫХ  
СИСТЕМАХ

2023

№1(15)

ISSN 2686-9802

Online scientific journal  
Southern Federal University



MANAGEMENT IN  
ECONOMIC AND  
SOCIAL SYSTEMS

2023

No 1(15)

ISSN: 2686-9802



Институт управления в экономических,  
экологических и социальных системах

# УПРАВЛЕНИЕ В ЭКОНОМИЧЕСКИХ И СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Электронный научный журнал

№ 1 (15), 2023

<http://journal-mes.ru>

Издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи,  
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Свидетельство о регистрации: Эл № ФС 77-74261 от 23.11.2018 г.

Учредитель: Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования “Южный федеральный университет”

ISSN 2686-9802

## ● Главный редактор

Горелова Г.В. - д-р техн. наук, профессор,  
Южный федеральный университет  
(Таганрог, Россия)

## ● Заместитель главного редактора

Павлов П.В. - д-р экон. наук, д-р юрид. наук,  
профессор, Южный федеральный университет  
(Таганрог, Россия)

## ● Ответственный секретарь

Бабикова А.В. - канд экон. наук, доцент,  
Южный федеральный университет  
(Таганрог, Россия)

## ● Ответственный редактор

Кобец Е.А. - канд экон. наук, доцент,  
Южный федеральный университет  
(Таганрог, Россия)

## ● Редакционная коллегия

Андреесен Д.-Э.	профессор, Остфолдский университет (Халден, Норвегия).
Бакаларчик С.	PhD, профессор, Лодзинский технологический университет, Глава Комитета по инновациям и развитию при ЕС (Лодзь, Польша).
Гомес Дж. Ф.С.	PhD, профессор, Университет Лиссабона, Лиссабонская школа экономики и менеджмента (Лиссабон, Португалия).
Гушев В.А.	PhD, профессор, Софийский университет Святого Климента Орхидского (София, Болгария).
Лутовац М.	д-р техн. наук профессор, Объединенный университет Никола Теслы (Белград, Сербия).
Станиславский Р.	PhD, профессор, Лодзинский технологический университет (Лодзь, Польша).
Вертакова Ю.В.	д-р экон. наук, профессор Курский филиал Финансового университета при Правительстве РФ (Курск, Россия).
Клочков В.В.	д-р ист. наук, доцент, Южный федеральный университет (Таганрог, Россия).
Костенко М.А.	канд. юрид. наук, доцент, Южный федеральный университет (Таганрог, Россия).
Кочергина Т.Е.	д-р экон. наук, профессор, Российская таможенная академия (Ростов-на-Дону, Россия).
Малько А.В.	д-р юрид. наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ, Институт государства и права Российской академии наук (г. Саратов, Россия).
Макареня Т.А.	д-р экон. наук, доцент, Южный федеральный университет (Таганрог, Россия).
Рачипа А.В.	д-р социол. наук, профессор, Южный федеральный университет (Таганрог, Россия).
Рыльская М.А.	д-р юрид. наук, профессор, Финансовый университет при Правительстве РФ (г. Москва, Россия).
Саак А.Э.	д-р техн. наук, доцент, Южный федеральный университет (Таганрог, Россия).
Таранов П.В.	д-р экон. наук, профессор, Ростовский государственный экономический университет (РИНХ) (Ростов-на-Дону, Россия).

Периодичность выпуска: 4 раза в год.

Языки: русский, английский.

Посвящен исследованиям: экономики и управления,  
права и общества.

Основное содержание: результаты оригинальных  
научных исследований и аналитические обзоры.

В журнале публикуются статьи проблемного и  
научно-практического характера по следующим  
научным направлениям:

05.13.01 Системный анализ, управление и обработка  
информации (по отраслям);

08.00.00 Экономические науки;

12.00.00 Юридические науки;

22.00.00 Социологические науки.

Авторы: ведущие ученые в области социально-  
гуманитарных наук, преподаватели, аспиранты,  
магистранты, представители бизнеса.

Основная аудитория: преподаватели, обучающиеся  
вузов, руководители органов власти,  
представители бизнеса.





# MANAGEMENT IN ECONOMIC AND SOCIAL SYSTEMS

Online scientific journal

No 1 (15), 2023

<http://journal-mes.ru>

The journal is registered by the Federal Service for Supervision of Communications,  
Information Technology and Mass Communications (Roskomnadzor)

Registration certificate: ЭЛ № ФС 77-74261 from 23.11.2018

Founder: Federal State Education Institution of Higher Education  
“Southern Federal University”

ISSN 2686-9802

## ● Editor-in-chief

Gorelova G.V. - Doctor of Technical Sciences,  
professor, Southern Federal University  
(Taganrog, Russia)

## ● Deputy of the editor-in-chief

Pavlov P.V. - Doctor of Economics, Doctor of  
Law, professor, Southern Federal University  
(Taganrog, Russia)

## ● Executive secretary

Babikova A.V. - Candidate of Economics (PhD),  
associate professor, Southern Federal University  
(Taganrog, Russia)

## ● Executive editor

Kobets E.A. - Candidate of Economics (PhD),  
associate professor, Southern Federal University  
(Taganrog, Russia)

## ● Editorial board

Andreassen J-E	Professor, Østfold University Colledge / Hogskolen i Østfold (Halden, Norway).
Bakalarczyk S.	PhD, Professor, Lodz University of Technology, Head of EU Committee for Innovation and Development, (Lodz, Poland).
Gomes Jg. F.S.	PhD, professor, associate professor of Lisbon school of Economics & Management Universidade de Lisboa (Lisbon, Portugal)
Gushev V.A.	PhD, Professor, Sofia Unoversity ST. Kliment Ohridski (Sofia, Bulgaria).
Lutovac M.	Doctor of Technical Sciences, Professor, University "Union Nikola Tesla" (Belgrade, Serbia)
Stanisławski R.	PhD, Professor, Lodz University of Technology (Lodz, Poland).
Klochkov V.V.	Doctor of History, associate professor, Southern Federal University (Taganrog, Russia).
Kostenko M.A.	Candidate of Law (PhD), associate professor, Southern Federal University (Taganrog, Russia).
Kochergina T.E.	Doctor of Economics, Professor, Russian Customs Academy (Rostov-on-Don, Russia).
Mal'ko A.V.	Doctor of Law, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Institute of State and Law Russian Academy of Sciences (Saratov, Russia).
Makarenya T.A	Doctor of Economics, Professor, Southern Federal University (Taganrog, Russia).
Rachipa A.V.	Doctor of Sociological Science, Professor, Southern Federal University (Taganrog, Russia).
Ryl'skaya M.A.	Doctor of Law, Professor, Financial University under the Government of the Russian Federation (Moscow, Russia).
Saak A.E.	Doctor of Technical Sciences, associate professor, Southern Federal University (Taganrog, Russia)
Taranov P.V.	Doctor of Economics, Professor, Rostov State Economic University (Rostov-on-Don, Russia).
Vertakova Yu.V.	Doctor of Economics, Professor, Kursk Branch of the Financial University under the Government of the Russian Federation (Kursk, Russia)

Release frequency: 4 issues per year

Languages: Russian, English.

Dedicated to research: economics and management,  
rights and societies.

Main content: original results research and analytical  
reviews. The journal publishes articles of problem and  
scientific and practical nature of the following  
scientific areas:

05.13.01 System analysis, management and processing  
information (by industry);

08.00.00 Economic Sciences;

12.00.00 Jurisprudence;

22.00.00 Sociological Sciences.

Authors: leading scientists in the field of humanities,  
teachers, graduate and master students, business representatives.

Main audience of the journal: teachers, students enrolled at  
universities, heads of government, business representatives.

# СОДЕРЖАНИЕ

Безземельная Ю. А.	Особые экономические зоны как современный институт развития автомобильной и авиационной отраслей	5
Bezzemel'maya Yu. A.	Special economic zones as a modern institute for the development of the automobile and aviation industries	
<hr style="width: 10%; margin: 0 auto;"/>		
Егоров А. Д.	Концепт «экономическая безопасность» в современных условиях	11
Egorov A. D.	The concept of «economic security» in modern conditions	
<hr style="width: 10%; margin: 0 auto;"/>		
Линченко М.Г.	Инновационные методы управления человеческим капиталом	19
Linchenko M. G.	Innovative methods of human capital management	
<hr style="width: 10%; margin: 0 auto;"/>		
Махонько Я.В., Петряева А.А., Верясов А.В., Казаков В.П., Ершов А.С., Коломейцев А.М.	Обзор нейросетевого подхода и методов автоматического обнаружения дорог на космических снимках	24
Makhonko Ia.V., Petryaeva A.A., Veriasov A.V., Kazakov V.P., Ershov A.S., Kolomeitsev A.M.	Review of neural network approach and methods of automatic road detection on space images	
<hr style="width: 10%; margin: 0 auto;"/>		
Роменская А. С., Арутюнова Д. В.	Формирование концептуальных основ управления персоналом на базе принципов коучинга	33
Romenskaya A.S., Arutyunova D.V.	Formation of the conceptual foundations of personnel management based on the principles of coaching	
<hr style="width: 10%; margin: 0 auto;"/>		
Beduev V.L., Korsakova T.V.	Organizational HR policy in conditions of changes in the external and internal environment	41
Бедуев В.Л., Корсакова Т. В.	Кадровая политика организации в условиях изменения внешней и внутренней среды	
<hr style="width: 10%; margin: 0 auto;"/>		
Vitchenko M. A.	Some problems of modern Russian exports and methods of their solution	48
Витченко М. А.	Некоторые проблемы современного российского экспорта и пути их решения.	

Научная статья  
УДК 004.85

## ОБЗОР НЕЙРОСЕТЕВОГО ПОДХОДА И МЕТОДОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ ДОРОГ НА КОСМИЧЕСКИХ СНИМКАХ

**Махонько Я. В.<sup>1</sup>, Петряева А. А.<sup>2</sup>, Верясов А. В.<sup>3</sup>, Казаков В. П.<sup>4</sup>,  
Ершов А. С.<sup>5</sup>, Коломейцев А. М.<sup>6</sup>**

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
техник

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
специалист

<sup>3</sup> Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
специалист

<sup>4</sup> Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
инженер

<sup>5</sup> ГБОУ школа № 315 Пушкинского района Санкт-Петербурга,  
ученик

<sup>6</sup> ГБОУ школа № 315 Пушкинского района Санкт-Петербурга,  
ученик

В данной работе рассмотрено применение технологий дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) разной точности в дорожно-транспортной системе на примере использования машинного обучения – нейронных сетей для распознавания разных классов объектов и мониторинга за ходом строительства или его планирования. Мониторинг объекта дорог может выявить множество проблем на разных этапах работы и эксплуатации дорожного покрытия с использованием спутниковых снимков разной детальности: сверхвысокого и низкого разрешения. Снимки сверхвысокого разрешения характеризуются большим разрешением, они используются для мониторинга локальных проблем, например, отслеживание нарушений дорожного покрова: ямы, обрушение дороги. Низкое разрешение же предназначено для большего охвата территории и чаще всего используется для мониторинга общей картины дорог, например, загруженности дорог, аварии, процесс строительства. В рамках исследования были проанализированы статьи базы научных публикаций Scopus. Результаты данного исследования могут быть использованы руководителями подразделений при подборе инструмента моделирования для решения задач сегментирования и классификации отдельных участков, учитывая разные классы, задачи и отрасли.

*Ключевые слова:* нейронные сети; машинное обучение; космические снимки; датасет; дороги и улицы.

Original article

## REVIEW OF NEURAL NETWORK APPROACH AND METHODS OF AUTOMATIC ROAD DETECTION ON SPACE IMAGES

**Makhonko Ia. V.<sup>1</sup>, Petryaeva A. A.<sup>2</sup>, Veriasov A. V.<sup>3</sup>,  
Kazakov V. P.<sup>4</sup>, Ershov A. S.<sup>5</sup>, Kolomeitsev A. M.<sup>6</sup>**

<sup>1</sup> Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University,  
technician

<sup>2</sup> Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University  
specialist

<sup>3</sup> Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University  
specialist

<sup>4</sup> Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University  
engineer

<sup>5</sup> School №315 of Pushkinsky District of St.Petersburg  
pupil

<sup>6</sup> School №315 of Pushkinsky District of St.Petersburg  
pupil

This paper considers the use of Earth remote sensing (ERS) technologies of different accuracy in the road transport system using machine learning as an example – neural networks for recognizing different classes of objects and monitoring the progress of construction or its planning. Monitoring of a road object can reveal many problems at different stages of work and operation of the road surface using satellite images of different detail: ultra-high and low resolution. Ultra-high resolution images are characterized by high resolution, they are used to monitor local problems, for example, tracking violations of the road surface: potholes, road collapse. Low resolution is intended for greater coverage of the territory and is most often used to monitor the overall picture of the roads, for example, traffic congestion, accidents, construction progress. As part of the study, articles from the Scopus database of scientific publications were analyzed. The results of this study can be used by department heads when selecting a modeling tool to solve the problems of segmenting and classifying individual sections, taking into account different classes, tasks and industries.

*Keywords: neural networks; machine learning; satellite images; dataset; roads and streets.*

Спутниковые снимки [1, 2] являются эффективным средством для сбора информации и применяются в различных отраслях: строительство, метеорология, экология и так далее. Благодаря ним можно осуществлять дистанционное зондирование Земли [3], анализировать почвы, наблюдать за сейсмической активностью, отслеживать пожары, вырубку лесов, выпадение осадков и других явлений природного и антропогенного характера. В связи с доступностью актуальных снимков, обеспечением их приёма и обработки выросла популярность их использования. Данный тип источника данных позволяет проводить глубокий анализ потребления природных ресурсов, планировать их использование и отслеживать технические процессы, составляют полную картину местности, где проводятся работы.

Особое применение спутниковые снимки нашли в картографических приложениях. Известные примеры Yandex maps и Google maps, которые берут в Сети из каталога, формируемого SpacImage, DigitalGlobe, OrbImage, ImageSat International и другими, доступные изображения земной поверхности [4]. Но основным недостатком взятия снимков из картографических приложений, является то, что они разделяют политику конфиденциальности данных для тех мест, которые запретили публиковать данные об их обустройстве. Кроме того, требуется Интернет-соединение для доступа к ним или просмотра, поэтому стоит брать снимки напрямую из архивов.

Большой объём [5] информации требует тщательного анализа, в котором могут использоваться нейронные сети, являющиеся эффективным и современным инструментом для осуществления данной задачи, однако при этом требуется конкретизация объектов анализа, то есть что будет вычисляться, и какая задача должна стоять перед нейронной сетью. Такой подход применяется в классификации сельскохозяйственных культур [6], облаков, обнаружение аварий. С использованием технологий обработки космических снимков [7] можно выполнить решение различных задач, но в данной работе будет рассматриваться анализ строительства дорог и наблюдение за ними с использованием нейронных сетей. Под задачей обнаружения и классификации, известной также как семантическая сегментация, подразумевается выделение на изображении локальных областей, соответствующим различным объектам [8]. Данные для анализа могут быть представлены в различных моделях, таких как векторные или растровые. Первые используются при анализе транспортных сетей, так как это помогает представлять данные в виде графа [9]. Для планирования строительства дорог требуется учёт большего количества факторов, где уже традиционно используется растровая модель, так как она позволяет использовать «алгебру карт».

### **Материалы и методы.**

В рамках исследования был выполнен обзор статей базы научных публикаций Scopus и РИНЦ по ключевым словам: «сегментация», «дороги и улицы», «пиксель», «глубокое обучение», «снимки высокого разрешения» и «анализ изображения». Благодаря анализу найденных статей был проведено сравнение алгоритмов автоматического обнаружения и модели нейронных сетей, позволяющие поднять эффективность обнаружения.



## Результаты.

Для задачи выделения класса «дороги» были рассмотрены представленные ниже архитектуры нейросетей и методы автоматической сегментации.

В статье [10] утверждается, что спутниковые снимки являются хорошим и эффективным средством для обзорного анализа. Он уже применяется в экологическом контроле водных объектов. Снимки, полученные с космических аппаратов, могут быть многозональными, гиперспектральными космическими снимками различного пространственного, временного, сверхвысокого, высокого, среднего и низкого разрешения. Для цели определения дорог нужно определить каналы получения данных в RGB.

В поставленной задаче обнаружения дорог будет использоваться RGB и основываясь на этом будет строиться исследование.

Первый алгоритм [11] основан на методе опорных векторов (SVM), где главным признаком выделения была спектральная отражательная способность [12] дороги. Это позволяло отличить дорогу от недороги, но иногда алгоритм выдавал ошибки из-за схожести значений по этому признаку, поэтому пришлось добавить морфологические признаки для уточнения. Были проведены эксперименты по предложенному подходу. Была проведена классификация для SVM (Support Vector Machine, метод опорных векторов) и GMLC (Gaussian maximum likelihood classifier, Гауссовский классификатор максимального правдоподобия), соответственно. Эксперимент выявил, что предложенный подход имеет точность 99%, а Гауссовский 96%, из чего можно сделать вывод, что SVM в данной задаче подходит лучше всего.

В статье [13] рассматривалось обнаружение дорог по аэрокосмическим снимкам, представляющее собой автоматический метод обнаружения, который состоит из двух этапов. Первый этап представляет из себя сегментацию по цвету в цветовом пространстве HSV, по цветовому признаку H: от 0 до 255. Используются двумерные цепи Маркова [14] для формирования контурной сегментации. Результирующий снимок получается однородным по цвету. Также видны перепады значений, формирующие разные тона. Вычисляется среднее значение цвета и уже от него идёт определение – принадлежит ли сегмент дороги к классу или нет. Так как с первого этапа появляется излишнее обозначение класса из-за схожести значения по среднему цвету [15], на втором этапе происходит уточнение результатов на основе геометрических признаков. Для их вычисления требуется деление на сегменты. Они состоят из индекса формы, который зависит от формы сегмента, линейности (отношение длины к ширине), удлинения, которое является степенью удлинения по эллипсу, и эксцентриситета (отклонение от круга). В статье [16] также упоминается выделение в два этапа в ходе алгоритма классификации дорог. Первый этап опирается на контраст дороги по отношению к фону, вытянутую форму и их однородность, что позволяет выделить признаки на изображении достаточно быстро. На втором этапе, как и в прошлых алгоритмах, идёт уточнение, так как в предложенном подходе есть недочёты, состоящие в том, что не выделяются некоторые части дороги. Например, закрытые тенью или другими объектами. В ходе этого этапа используются другие характеристики: разрыв в структуре, параллельность границ дорог, отсутствие резких углов, полносвязность, длина. В статье [17] была предложена архитектура свёрточных нейронных сетей, основанная на двух других свёрточных сетях. Первая обеспечивает высокую точность, а вторая высокий отклик на обоих шагах используется сеть U-net. Изображение 512x512 подаётся на вход U-net, подвергаясь трём операциям свёртки с функцией активации [18] после каждой операции. Операция подвыборки по максимальному значению (max-ropooling) с шагом 2 используется для понижения разрешения, выбирая наибольшее значение пикселя из матрицы 2x2. Из-за этого формируется новая матрица вдвое меньше предыдущей для упрощения дальнейшего процесса. Чтобы результирующее изображение вернуло своё качество и размерность, нужно повысить дискретизацию [19] перед каждым слоем, удваивая размер вывода. Слои свёртки 1x1 используются для сопоставления векторов с векторами признаков одного из двух классов. Результат этой обработки повторяется во второй раз, после чего является окончательным.



В одной из рассмотренных работ был использован датасет с дорогами штата Массачусетс [20]. Метрики для измерения точности классификации использованы следующие: показатель точности позитивно предсказанных результатов из всех положительных (precision), охват фактически положительных результатов из ложноотрицательных и правильно положительных (recall), а также метрика, позволяющая определить проблему дисбаланса классов (F1). Было проведено сравнение нескольких архитектур с предложенной: CRF, FCN, RSRCNN, SegNet, U-Net, LR-UNet, ELU-UNet. В ходе эксперимента предложенная сеть показала наилучший результат: Accuracy = 0.981, Precision = 0.879, Recall = 0.893, F-score = 0.886.

Предложенный метод в статье [21] основан на архитектуре CNN. Свёрточный слой состоит из различных операторов: свёртки, нелинейной трансформации и подвыборки (pooling). В данном методе архитектура состоит из 5 свёрточных слоёв, где первый и второй разделены max-pooling-ом, а между собой слоём среднего pooling-a, за которым следует функция классификации. На вход подаётся картинка, разделённая на части, с размерностью 64x64 с тремя каналами. Выходом же является 768-мерный вектор, который определяет 3 класса: дорога, здание и фон. Для получения итоговой карты вероятности может понадобиться контекстная информация об окружающих «классах», поэтому используются большие снимки на входе. Благодаря этому решению облегчается задача определения больших классов. Стратегия одновременного предсказания нескольких классов [22] выбрана из-за того, что она является более точной, сравнивая с независимым прогнозированием одного класса, при правильной корреляции. Кроме того, входные данные проходят через процесс нормализации [23], делающийся путём вычитания среднего значения и деления на стандартное отклонение. Говоря о последнем слое, стоит упомянуть, что он сопровождается глобальным усреднением (GAP, Global Average Pooling), который усредняет карты признаков. Так сделано из-за того, что полносвязный слой обычно является объединением всех карт признаков последнего слоя, что приводит к перебору из-за параметров, а для его уменьшения требуется оптимизация при настройке параметров, GAP, в свою очередь, не требует оптимизации. В таблице 1 представлены результаты аналитического обзора.

Таблица 1 – Результаты анализа проанализированных источников

	Сегментация SVM	Обнаружение на основе цвета и геометрии	Выделение по признакам	Двухуровневая свёрточная нейронная сеть	CNN + GAP
<b>Автоматические алгоритмы</b>	да	да	да	нет	нет
<b>Нейронные сети</b>	нет	нет	нет	да	да
<b>Выделение по признакам</b>	Отражательная способность	Цвет и геометрия	Характеристика дорог	есть	есть
<b>Требует уточнений</b>	да	да	да	нет	нет

Были рассмотрены модели и методы по задаче выделения дорожного покрытия [24]. Способы выделения можно разделить с помощью автоматических алгоритмов и нейронных сетей. В ходе анализа нескольких статей было выявлено следующее: для методов автоматического выделения нужно как минимум два признака определения дорог, иначе будут выявлены неточности, как, например, с методом опорных векторов [25], основанный на одноимённом алгоритме компьютерного зрения [26], где выбран один признак (отражательная способность). В ходе его работы могут быть выявлены ложные дороги, имеющие похожий индекс.

Исходя из данного исследования нейронный сети являются лучшим инструментом для поставленной задачи. Однако нужно выбрать архитектуру и параметры обучения. Второе

является уже примерным и для каждого индивидуальным параметром. Так чаще всего нужно определить число эпох, максимальную ошибку, при которой сеть считается успешно обученной и скорость обучения [27]. Выбор архитектуры основывается на связях нейронов, что в статье утверждается нужно использовать связи прямого распространения, и числе нейронов на скрытом слое, которое рассчитывается с помощью геометрического правила пирамиды. Задача семантической сегментации интересна во множестве сфер. Она подразумевает разделение изображения на группы пикселей и соотношение области с каким-либо типом или классом объектов [28, 29]. Для решения подобных задач компьютерного зрения чаще используются современные подходы с применением нейронных сетей, которые показывают высокие результаты точности и эффективности по сравнению с другими методами. Для поставленной задачи классификации используются нейронные сети, имеющие различные архитектуры [30]. К таким относятся FCN8, U-Net, SegNet, DeepLab, FC-DenseNet, RefineNet, PSPNet и множество других. Все они так или иначе содержат в себе классификационную свёрточную нейронную сеть (convolutional neural network — CNN). Было проведено сравнение упомянутых выше примеров и автор статьи утвердил, то что наиболее быстродействующими, но менее точными являются сети: FCN-8, SegNet, U-Net, FC-DenseNet. А RefineNet, DeepLab и PSPNet наоборот более точные, но медленные.

### **Заключение.**

На основании проанализированных статей базы научных публикаций Scopus и РИНЦ был проведён сравнительный анализ методов обнаружения дорог, что в дальнейшем поможет в отслеживании их качества и обеспечит реагирование на ситуации, произошедшие на дорожном полотне. В ходе работы были рассмотрены автоматические алгоритмы и нейронные сети, нацеленные на сегментацию объектов. Было выявлено, что для автоматических алгоритмов нужно минимум 2 признака, так как они очень восприимчивы к данным и есть риск излишней классификации, что в дальнейшем может привести к ошибкам, и потребуются уточнения. В нейронных сетях же используется архитектура CNN, и они самостоятельно формируют карту признаков для сегментации, поэтому такой проблемы не наблюдается. Это делает нейронные сети более надёжным инструментом в выделении дорог.

### **Список источников:**

1. Тормозов В. С. Улучшение работы алгоритма детектирования и классификации транспортных средств на спутниковых снимках путем сокращения области поиска с использованием геоинформации о дорогах //Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. – 2019. – №. 2. – С. 56-63.
2. Burke M. et al. Using satellite imagery to understand and promote sustainable development //Science. – 2021. – Т. 371. – №. 6535. – С. eabe8628.
3. Груздов В.В. Новые технологии дистанционного зондирования Земли из космоса / В.В. Груздов, Ю.В. Колковский, А.В. Криштопов, А.И. Кудря. - Москва: Техносфера, 2019. - 482 с.
4. Кадочников А. А., Токарев А. В. Технология получения и обработки данных публичных каталогов спутниковых снимков для геоинформационного Интернет-портала //Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. – 2008. – Т. 1. – №. 4. – С. 387-398.
5. Павлов А. И. Большие данные в фотограмметрии и геодезии //Образовательные ресурсы и технологии. – 2015. – №. 4 (12). – С. 96-100.
6. Кузьменко Н. И., Асадуллаев Р. Г. Нейронная сеть для классификации сельскохозяйственных культур по многоспектральным данным дистанционного зондирования земли //Информационные технологии в науке, образовании и производстве (ИТНОП-2020). – 2020. – С. 352-357.
7. Кутявина Т. И. и др. Применение методов обработки и анализа космических снимков для изучения эвтрофированных водоёмов (обзор) //Теоретическая и прикладная экология. – 2020. – №. 2. – С. 14-25.
8. Друки А. А. и др. Семантическая сегментация данных дистанционного зондирования Земли при помощи нейросетевых алгоритмов //Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2018. – Т. 329. – №. 1. – С. 59-68.
9. Теселкин А. В. Оптимизация размещения трассы лесной автомобильной дороги //Сборник статей по материалам научно-технической конференции института технологических машин и транспорта леса по итогам научно-исследовательских работ 2018 года. – 2019. – С. 146-155.
10. Как спутниковые снимки помогают выявлять загрязнения рек — и предотвращать их [Электронный ресурс]. – URL: <https://peoplefornature.ru/articles/kak-sputnikovye-snimki-pomogayut-vyyavlyat-zagryazneniya-tek-i-predotvrashchat-ikh>

11. Song, Mingjun & Civco, Daniel. Road Extraction Using SVM and Image Segmentation. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 2004. Т. - 70. - P.1365-1371. 10.14358/PERS.70.12.1365.
12. Давидович, Ю. С. Изменение спектральной отражательной способности сельскохозяйственных культур в зависимости от степени увлажнения почв / Ю. С. Давидович, Г. С. Литвинович, Ф. Е. Шалькевич // *Геоматика: образование, теория и практика: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры геодезии и космоаэрокартографии и 85-летию факультета географии и геоинформатики БГУ, Минск, 20–22 ноября 2019 года / отв. ред. А. П. Романкевич. – Минск: Белорусский государственный университет, 2019. – С. 111-114. – EDN FJFSWR.*
13. Курбатова, Е. Е. Обнаружение дорог на аэрокосмических снимках на основе информации о цвете и геометрических признаках / Е. Е. Курбатова // *Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2020): Сборник трудов по материалам VI Международной конференции и молодежной школы. В 4-х томах, Самара, 26–29 мая 2020 года / Под редакцией В.В. Мясникова. Том 2. – Самара: Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 2020. – С. 418-426. – EDN LHNZLN.*
14. Медведева Е. В., Варко Е. А. Метод сегментации RGB-D изображений // *Ифровая обработка сигналов и ее применение. DSPA-2020. – 2020. – С. 464-468.*
15. Никифорова М. А., Куликов А. А. Анализ методов распознавания объектов на изображении и их поиска // *Социально-гуманитарные проблемы образования и профессиональной самореализации (Социальный инженер-2020). – 2020. – С. 271-274.*
16. S. Das, T. T. Mirnalinee and K. Varghese, "Use of Salient Features for the Design of a Multistage Framework to Extract Roads from High-Resolution Multispectral Satellite Images," in *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 49, no. 10, pp. 3906-3931, Oct. 2011, doi: 10.1109/TGRS.2011.2136381
17. P. Singh and R. Dash, "A Two-Step Deep Convolution Neural Network for Road Extraction from Aerial Images," 2019 6th International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN), Noida, India, 2019, pp. 660-664, doi: 10.1109/SPIN.2019.8711639
18. Соснин, А. С. Функции активации нейросети: сигмоида, линейная, ступенчатая, relu, tahn / А. С. Соснин, И. А. Суслова // *Наука. Информатизация. Технологии. Образование: Материалы XII международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 25 февраля – 01 2019 года. – Екатеринбург: Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2019. – С. 237-246 .*
19. Юсупов Ш. Н. У., Синько А. А. Интерполяции пиксельной матрицы цветов методом повышения частоты дискретизации и преобразованием цифрового пространства // *Молодежь и XXI век-2022. – 2022. – С. 145-147.*
20. Иванов С. В. Метрики классификации задач машинного обучения // *Актуальные проблемы и перспективы развития экономики. – 2020. – С. 173-174.*
21. Alshehhi R., Marpu P.R., Woon W.L., Mura M. D., Simultaneous extraction of roads and buildings in remote sensing imagery with convolutional neural networks, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Volume 130, 2017, Pages 139-149, ISSN 0924-2716, [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924271617300096>
22. Тарасов А. В. Современные методы оперативного картографирования нарушений лесного покрова // *Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). – 2020. – Т. 25. – №. 3. – С. 201-213.*
23. Бахшиев А. В. и др. Структурная адаптация сегментной спайковой модели нейрона // *Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях. – 2021. – С. 30-33.*
24. Гормозов В. С., Василенко К. А., Золкин А. Л. Настройка и обучение многослойного персептрона для задачи выделения дорожного покрытия на космических снимках города // *Программные продукты и системы. – 2020. – Т. 33. – №. 2. – С. 343-348.*
25. Баев Н. О. Использование метода опорных векторов в задачах классификации // *Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. – 2017. – Т. 2. – №. 2. – С. 17-21.*
26. Адамова А. А., Зайкин В. А., Гордеев Д. В. Методы и технологии машинного обучения и нейросетевых технологий в задачах компьютерного зрения // *Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2021. – Т. 23. – №. 4. – С. 25-39.*
27. Зарубин О. А. Применение нейронных сетей для целей анализа данных дистанционного зондирования Земли // *Современные научные исследования и инновации. – 2016. – №. 8. – С. 319-328.*
28. Горбачёв В. А. и др. Семантическая сегментация спутниковых снимков аэропортов с помощью свёрточных нейронных сетей // *Компьютерная оптика. – 2020. – Т. 44. – №. 4. – С. 636-645.*
29. Wang P. Et al. Understanding convolution for semantic segmentation // *2018 IEEE winter conference on applications of computer vision (WACV). – IEEE, 2018. – С. 1451-1460.*
30. Лебедянцева В. В., Озерова М. И. Влияние архитектуры нейронной сети и исходных данных на работу нейронной сети для задач классификации // *Информационные технологии в науке и производстве. – 2020. – С. 145-152.*

## References:

1. Tormozov V. S. Uluchshenie raboty algoritma detektirovaniya i klassifikatsii transportnykh sredstv na sputnikovykh snimkakh putem sokrashcheniya oblasti poiska s ispol'zovaniem geoinformatsii o dorogakh // *Vestnik*

- Rossiiskogo novogo universiteta. Seriya: Slozhnye sistemy: modeli, analiz i upravlenie. – 2019. – №. 2. – S. 56-63.
2. Burke M. et al. Using satellite imagery to understand and promote sustainable development //Science. – 2021. – T. 371. – №. 6535. – S. eabe8628.
  3. Gruzdov V.V. Novye tekhnologii distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa / V.V. Gruzdov, Yu.V. Kolkovskii, A.V. Krishtopov, A.I. Kudrya. - Moskva: Tekhnosfera, 2019. - 482 s.
  4. Kadochnikov A. A., Tokarev A. V. Tekhnologiya polucheniya i obrabotki dannykh publichnykh katalogov sputnikovykh snimkov dlya geoinformatsionnogo Internet-portala //Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Tekhnika i tekhnologii. – 2008. – T. 1. – №. 4. – S. 387-398.
  5. Pavlov A. I. Bol'shie dannye v fotogrammetrii i geodezii //Obrazovatel'nye resursy i tekhnologii. – 2015. – №. 4 (12). – S. 96-100.
  6. Kuz'menko N. I., Asadullaev R. G. Neironnaya set' dlya klassifikatsii sel'skokhozyaistvennykh kul'tur po mnogosppektral'nym dannym distantsionnogo zondirovaniya zemli //Informatsionnye tekhnologii v nauke, obrazovanii i proizvodstve (ITNOP-2020). – 2020. – S. 352-357.
  7. Kutyavina T. I. i dr. Primenenie metodov obrabotki i analiza kosmicheskikh snimkov dlya izucheniya evtrofirovannykh vodoemov (obzor) //Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya. – 2020. – №. 2. – S. 14-25.
  8. Druki A. A. i dr. Semanticheskaya segmentatsiya dannykh distantsionnogo zondirovaniya Zemli pri pomoshchi neirosetyvykh algoritmov //Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov. – 2018. – T. 329. – №. 1. – S. 59-68.
  9. Teselkin A. V. Optimizatsiya razmeshcheniya trassy lesnoi avtomobil'noi dorogi //Sbornik statei po materialam nauchno-tekhnicheskoi konferentsii instituta tekhnologicheskikh mashin i transporta lesa po itogam nauchno-issledovatel'skikh rabot 2018 goda. – 2019. – S. 146-155.
  10. Kak sputnikovye snimki pomogayut vyyavlyat' zagryazneniya rek — i predotvrashchat' ikh [Elektronnyi resurs]. – URL: <https://peoplefornature.ru/articles/kak-sputnikovye-snimki-pomogayut-vyyavlyat-zagryazneniya-rek-i-predotvrashchat-ikh>
  11. Song, Mingjun & Civco, Daniel. Road Extraction Using SVM and Image Segmentation. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. 2004. T. - 70. - P.1365-1371. 10.14358/PERS.70.12.1365.
  12. Davidovich, Yu. S. Izmenenie spektral'noi otrazhatel'noi sposobnosti sel'skokhozyaistvennykh kul'tur v zavisimosti ot stepeni uvlazhneniya pochv / Yu. S. Davidovich, G. S. Litvinovich, F. E. Shal'kevich // Geomatika: obrazovanie, teoriya i praktika: materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 50-letiyu kafedry geodezii i kosmoaerokartografii i 85-letiyu fakul'teta geografii i geoinformatiki BGU, Minsk, 20–22 noyabrya 2019 goda / otv. red. A. P. Romankevich. – Minsk: Belorusskii gosudarstvennyi universitet, 2019. – S. 111-114. – EDN FJFSWR.
  13. Kurbatova, E. E. Obnaruzhenie dorog na aerokosmicheskikh snimkakh na osnove informatsii o tsvete i geometricheskikh priznakakh / E. E. Kurbatova // Informatsionnye tekhnologii i nanotekhnologii (ITNT-2020): Sbornik trudov po materialam VI Mezhdunarodnoi konferentsii i molodezhnoi shkoly. V 4-kh tomakh, Samara, 26–29 maya 2020 goda / Pod redaktsiei V.V. Myasnikova. Tom 2. – Samara: Samarskii natsional'nyi issledovatel'skii universitet imeni akademika S.P. Koroleva, 2020. – S. 418-426. – EDN LHNZLN.
  14. Medvedeva E. V., Varko E. A. Metod segmentatsii RGB-D izobrazhenii //iifrovaya obrabotka signalov i ee primenenie. DSPA-2020. – 2020. – S. 464-468.
  15. Nikiforova M. A., Kulikov A. A. Analiz metodov raspoznavaniya ob"ektov na izobrazhenii i ikh poiska //Sotsial'no-gumanitarnye problemy obrazovaniya i professional'noi samorealizatsii (Sotsial'nyi inzhener-2020). – 2020. – S. 271-274.
  16. S. Das, T. T. Mirmalinee and K. Varghese, "Use of Salient Features for the Design of a Multistage Framework to Extract Roads from High-Resolution Multispectral Satellite Images," in IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 49, no. 10, pp. 3906-3931, Oct. 2011, doi: 10.1109/TGRS.2011.2136381
  17. P. Singh and R. Dash, "A Two-Step Deep Convolution Neural Network for Road Extraction from Aerial Images," 2019 6th International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN), Noida, India, 2019, pp. 660-664, doi: 10.1109/SPIN.2019.8711639
  18. Sosnin, A. S. Funktsii aktivatsii neiroseti: sigmoida, lineinaya, stupenchataya, relu, tahn / A. S. Sosnin, I. A. Suslova // Nauka. Informatizatsiya. Tekhnologii. Obrazovanie: Materialy XII mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Ekaterinburg, 25 fevralya – 01 2019 goda. – Ekaterinburg: Rossiiskii gosudarstvennyi professional'no-pedagogicheskii universitet, 2019. – S. 237-246.
  19. Yusupov Sh. N. U., Sin'ko A. A. Interpolyatsii piksel'noi matritsy tsvetov metodom povysheniya chastoty diskretizatsii i preobrazovaniem tsifrovogo prostranstva //Molodezh' i XXI vek-2022. – 2022. – S. 145-147.
  20. Ivanov S. V. Metriki klassifikatsii zadach mashinnogo obucheniya //Aktual'nye problemy i perspektivy razvitiya ekonomiki. – 2020. – S. 173-174.
  21. Alshehhi R., Marpu P.R., Woon W.L., Mura M. D., Simultaneous extraction of roads and buildings in remote sensing imagery with convolutional neural networks, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 130, 2017, Pages 139-149, ISSN 0924-2716, [Elektronnyi resurs]. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924271617300096>
  22. Tarasov A. V. Sovremennye metody operativnogo kartografirovaniya narushenii lesnogo pokrova //Vestnik SGUGiT (Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta geosistem i tekhnologii). – 2020. – T. 25. – №. 3. – S. 201-213.



23. Bakhshiev A. V. i dr. Strukturnaya adaptatsiya segmentnoi spaikovoi modeli neirona //Nelineinaya dinamika v kognitivnykh issledovaniyakh. – 2021. – S. 30-33.
24. Tormozov V. S., Vasilenko K. A., Zolkin A. L. Nastroyka i obuchenie mnogoslainnogo perseptrona dlya zadachi vydeleniya dorozhnogo pokrytiya na kosmicheskikh snimkakh goroda //Programmnye produkty i sistemy. – 2020. – T. 33. – №. 2. – S. 343-348.
25. Baev N. O. Ispol'zovanie metoda opornykh vektorov v zadachakh klassifikatsii //Mezhdunarodnyi zhurnal informatsionnykh tekhnologii i energoeffektivnosti. – 2017. – T. 2. – №. 2. – S. 17-21.
26. Adamova A. A., Zaikin V. A., Gordeev D. V. Metody i tekhnologii mashinnogo obucheniya i neurosetevykh tekhnologii v zadachakh komp'yuternogo zreniya //Neirokomp'yutery: razrabotka, primenenie. – 2021. – T. 23. – №. 4. – S. 25-39.
27. Zarubin O. A. Primenenie neironnykh setei dlya tselei analiza dannykh distantsionnogo zondirovaniya Zemli //Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovatsii. – 2016. – №. 8. – S. 319-328.
28. Gorbachev V. A. i dr. Semanticheskaya segmentatsiya sputnikovykh snimkov aeroportov s pomoshch'yu svertochnykh neironnykh setei //Komp'yuternaya optika. – 2020. – T. 44. – №. 4. – S. 636-645.
29. Wang P. Et al. Understanding convolution for semantic segmentation //2018 IEEE winter conference on applications of computer vision (WACV). – IEEE, 2018. – S. 1451-1460.
30. Lebedyantsev V. V., Ozerova M. I. Vliyanie arkhitektury neironnoi seti i iskhodnykh dannykh na rabotu neironnoi seti dlya zadach klassifikatsii //Informatsionnye tekhnologii v nauke i proizvodstve. – 2020. – S. 145-152.

**Благодарности:** Исследование выполнено при поддержке Фонда содействия инновациям.

**Acknowledgement:** The study was supported by the Innovation Promotion Fund.

**Для цитирования:**

Махонько Я. В., Петряева А. А., Верясов А. В., Казаков В. П., Ершов А. С., Коломейцев А. М. Обзор нейросетевого подхода и методов автоматического обнаружения дорог на космических снимках // Электронный научный журнал «Управление в экономических и социальных системах». 2023. № 1 (15). URL: <http://www.journal-mes.ru>.

**For citation:**

Makhonko Ia. V., Petryaeva A. A., Veriasov A. V., Kazakov V. P., Ershov A. S., Kolomeitsev A. M. Review of neural network approach and methods of automatic road detection on space images // Online scientific journal «Management in economic and social systems». 2023. № 1 (15). URL: <http://www.journal-mes.ru>.

**Сведения об авторах:**

*Махонько Яна Викторовна*, техник, Лаборатория «Промышленные системы потоковой обработки данных» Центра НТИ Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия.  
*Контактная информация:* [yana.mahonko@spbpu.com](mailto:yana.mahonko@spbpu.com).

*Петряева Александра Андреевна*, специалист, Лаборатория «Промышленные системы потоковой обработки данных» Центра НТИ Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия.  
*Контактная информация:* [alexandra.petryaeva@spbpu.com](mailto:alexandra.petryaeva@spbpu.com).

*Верясов Артем Вячеславович*, специалист, Лаборатория «Промышленные системы потоковой обработки данных» Центра НТИ Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия.  
*Контактная информация:* [artem.veriasov@spbpu.com](mailto:artem.veriasov@spbpu.com).

*Казаков Василий Петрович*, инженер Лаборатория «Промышленные системы потоковой обработки данных» Центра НТИ Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия.  
*Контактная информация:* [vasilii.kazakov@spbpu.com](mailto:vasilii.kazakov@spbpu.com).

*Ершов Александр Сергеевич*, ученик, ГБОУ школа № 315 Пушкинского района г. Санкт-Петербурга, Санкт-Петербург, Россия.  
*Контактная информация:* [ershovsanek.centri@yandex.ru](mailto:ershovsanek.centri@yandex.ru)

*Коломейцев Арсений Михайлович*, ученик, ГБОУ школа № 315 Пушкинского района г. Санкт-Петербурга, Санкт-Петербург, Россия.  
*Контактная информация:* [arseniy.kolomeytsev@gmail.com](mailto:arseniy.kolomeytsev@gmail.com).

**Bio Notes:**

*Yana V. Makhonko*, technician, Laboratory «Industrial Systems for Streaming Data Processing» of the NTI Center, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia.

Contact information: [yana.mahonko@spbpu.com](mailto:yana.mahonko@spbpu.com).

*Petryaeva Alexandra Andreevna*, Specialist, Laboratory «Industrial Systems for Streaming Data Processing» of the NTI Center, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia.

Contact information: [alexandra.petryaeva@spbpu.com](mailto:alexandra.petryaeva@spbpu.com).

*Veryasov Artem Vyacheslavovich*, Specialist, Laboratory «Industrial Systems for Streaming Data Processing» of the NTI Center, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia.

Contact information: [artem.veriasov@spbpu.com](mailto:artem.veriasov@spbpu.com)

*Kazakov Vasily Petrovich*, Engineer, Laboratory «Industrial Systems for Streaming Data Processing» of the NTI Center, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia.

Contact information: [vasilii.kazakov@spbpu.com](mailto:vasilii.kazakov@spbpu.com)

*Ershov Alexander Sergeevich*, student, school № 315, Pushkinsky district, St. Petersburg, Russia.

Contact information: [ershovsanek.cent@yandex.ru](mailto:ershovsanek.cent@yandex.ru)

*Kolomeitsev Arseniy Mikhaylovich*, student, school № 315 of Pushkinsky district of St. Petersburg, St. Petersburg, Russia.

Contact information: [arseniy.kolomeytsev@gmail.com](mailto:arseniy.kolomeytsev@gmail.com)

Статья поступила в редакцию 09.03.2023; одобрена после рецензирования 15.03.2023; принята к публикации 16.03.2023.

The article was submitted 09.03.2023; approved after reviewing 15.03.2023; accepted for publication 16.03.2023.



© 2023, Южный федеральный университет