

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ОЦИФРОВКИ АРХИВНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ

Б.И. Григорьев¹, С.А. Сазонова¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В работе рассматриваются основные этапы и проблемы оцифровки архивных геологических карт и возможности применения искусственного интеллекта для их решения. Рассмотрены возможности компьютерного зрения с применением свёрточной нейронной сети с описанием основных этапов процесса распознавания и классификации образов.

Ключевые слова: геологическая карта, искусственный интеллект, оцифровка, компьютерное зрение, свёрточная нейронная сеть, геоинформационные системы.

THE POSSIBILITIES OF USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO DIGITIZE ARCHIVAL GEOLOGICAL MAPS

B.I. Grigorev¹, S.A. Sazonova¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The paper discusses the main stages and problems of digitization of archival geological maps and the possibility of using artificial intelligence to solve them. The possibilities of computer vision using a convolutional neural network with a description of the main stages of the image recognition and classification process are considered.

Keywords: geological map, artificial intelligence, digitization, computer vision, convolutional neural network, geoinformation systems.

Для перевода бумажной геологической карты в цифровой вид специалисту по оцифровке, в зависимости от выбранного им способа, приходится проходить через основные этапы работы:

1. После подготовки исходных данных, так как некоторые архивные карты могут быть в плохом состоянии, проводится сканирование картографического материала с установкой соответствующего.

2. Отсканированные изображения карт подвергаются обработке с применением фильтров для улучшения изображения с последующей привязкой к географическим координатам.

3. Предполагая, что с картой будут проводиться дальнейшие работы, её необходимо перевести в векторный вид, путем построения векторных объектов на основе исходного растрового изображения. Данный процесс называется - векторизацией.

4. К каждому объекту на векторной карте необходимо добавить его атрибутивные данные (качественные и количественные характеристики пространственных объектов). Добавленные атрибутивные характеристики вносятся в базу данных пространственных объектов.

5. Качество и точность оцифрованных данных зависит от каждого этапа, поэтому на завершающем этапе оцифровки производится тщательная проверка на возможные несоответствия и их корректировка по необходимости.

Решение проблем оцифровки архивных геологических карт может принести ряд значительных выгод и преимуществ:

- Увеличение доступности и удобства использования: оцифрованные геологические карты становятся легко доступными через цифровые платформы, что упрощает поиск, доступ и использование геологической информации.

- Сохранение и защита исторической информации: процесс оцифровки позволяет сохранить ценные архивные данные, которые могут быть подвержены разрушению или утрате из-за времени, износа материалов и других факторов.

- Улучшение анализа и интерпретации данных: цифровые формы геологических карт позволяют легче проводить анализ, сравнение и объединение данных, что помогает улучшить интерпретацию геологических процессов и явлений.

- Интеграция с геоинформационной системой (ГИС): оцифрованные карты могут быть легко интегрированы с ГИС для создания многослойных пространственных аналитических моделей и улучшения принятия решений.

- Увеличение точности и надежности данных: цифровые карты позволяют улучшить точность и надежность геологических данных за счет исключения ошибок, связанных с ручным переносом информации.

– Облегчение обмена информацией: оцифрованные геологические карты могут быть легко распространены и переданы коллегам, научным группам или заинтересованным сторонам, способствуя обмену знаний и совместной работе.

– Создание базы для дальнейших исследований и проектов: оцифрованные геологические карты могут стать основой для проведения дальнейших исследований, моделирования геологических процессов и планирования геологических проектов.

В отличие от традиционных методов оцифровки, которыми являются как ручной метод оцифровки, используемый, и в сторонних программах, и в продуктах геоинформационных систем (ГИС), так и полуавтоматический и автоматический методы оцифровки, используемые в ГИС - метод с использованием искусственного интеллекта (ИИ) имеет наибольший потенциал.

ИИ может применяться в агропромышленности в прогнозировании развития площади эродированных земель, их локализация на местности, тип агроландшафта, на котором они возникают, зависимость от наличия элементов противоэрозионного устройства территории и т.д.[1] Также на основе определенного набора данных с помощью алгоритмов машинного обучения имеется возможность прогнозировать урожайность основных сельскохозяйственных культур. [1]

Большое поле возможностей для ИИ открывают возможности мониторинга в кадастре и землеустройстве, мониторинг пожаров для их предупреждения и устранения. В военном деле, где ИИ может прогнозировать сценарии ведения боя, разведывать территории, планировать и координировать операции. [2]

Решение задач, связанные с оцифровкой геологических карт можно успешно решать с помощью компьютерного зрения. Компьютерное зрение - это область искусственного интеллекта, которая изучает разработку систем, способных анализировать, понимать, интерпретировать и обрабатывать изображения и видео таким образом, как это делает человеческий зрительный аппарат. В качестве примера использования компьютерного зрения в ГИС могут служить решения задач, связанные с анализом спутниковых снимков, аэрофотоснимков, снимков с дронов, такие как: классификация объектов на изображении, поиск объектов, семантическая сегментация и т.д. [3]

Одним из возможных алгоритмов для распознавания и классификации объектов на изображении является – нейронная свёрточная сеть (англ. convolutional neural network, CNN). Применительно к геологическим картам необходимо вы-

полнять такие задачи, как: распознавать числовые значения, изолинии и их дальнейшая векторизация, условные обозначения, разбивка участков карты по цветам.

Существует множество архитектур свёрточных нейронных сетей, которые имеют различную точность распознавания объектов, но в данной статье рассматривается общее строение (рис.1) и процесс работы анализа изображений.

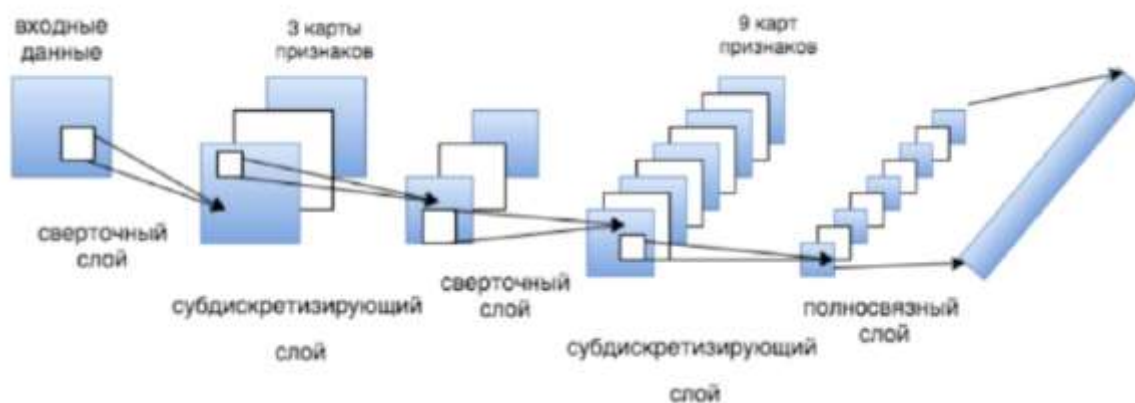


Рисунок 1 – Пример строения свёрточной нейронной сети

Можно выделить четыре основных этапа в процессе работы свёрточной нейронной сети:

1. Свёртка – на этом этапе свёрточные слои применяют фильтр (ядро свёртки) для сканирования входных данных и выделения определенных характеристик, таких как границы, текстуры или цвета. Математически операцию свертки можно представить в виде формулы:

$$V_{k,l} = \sum_i^3 \sum_j^3 x_{i+k,j+l} * \varphi_{ij} + \varphi_0,$$

где V – выходное значение, x – входное значение, φ – значение ядра свёртки, φ_0 – величина смещения.

2. Активация - используется для введения нелинейности в модель и повышения её способности изучать сложные зависимости в данных. Существует несколько типов нелинейных операций, самые популярные из которых [4]:

- ReLU: $f(x) = \max(0, x)$;
- Сигмоида: $f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$;
- Гиперболический тангенс: $f(x) = \frac{e^{2x}-1}{e^{2x}+1}$;

3. Пулинг (pooling) или субдискретизирующий слой - на этом этапе происходит уменьшение размерности полученного изображения за счет выбора

наибольшего или наименьшего значения в наборе пикселей. Это позволяет уменьшить количество параметров и ускорить вычисления.[5]

4. Полносвязный слой – на последнем этапе происходит классификация полученных признаков с помощью полносвязного слоя, который принимает на вход выходные данные предыдущих слоев и выдает итоговый результат.[5]

Сверточные нейронные сети, также, как и полносвязные [6], обучаются путем применения алгоритма обратного распространения ошибки. Процесс обучения начинается с передачи входных данных через сеть от входного слоя к выходному. Затем вычисляется ошибка на выходном слое, и эта ошибка распространяется обратно через сеть. На каждом слое вычисляются градиенты по обучаемым параметрам, которые затем используются для корректировки весов с помощью градиентного спуска. Этот процесс итеративно повторяется, пока модель не достигнет желаемого уровня точности.

Для определения типов геологических объектов на изображениях, сверточные нейронные сети обучаются на обширном наборе изображений с уже известными классами объектов. После обучения модель можно применить для точной классификации новых изображений геологических объектов. Однако количество обучающей выборки может быть недостаточно, тогда для обучения можно использовать синтетические и аугментированные данные (слегка измененные исходные данные).

Список литературы

1. Линкина А.В. Применение методов искусственного интеллекта при работе с геопространственными данными / А.В. Линкина // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы XVII Международной научно-практической конференции, 7 апреля 2022 г. / Великолукская ГСХА. - Великие Луки : РИО ВГСХА, 2022. С. 196-201 – ISBN 978-5-8047-0110-0

2. Геоинформационные системы военного назначения: теория и практика применения : материалы IX Респ. науч.-практ. конф., Минск, 12 мая 2023 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: А. М. Бахарь (гл. ред.) [и др.] ; под общ. ред. А. С. Черенко. – Минск : БГУ, 2023. – С. 98-102.

3. Селлин, А. Ю. Актуализация геоинформационных систем посредством интеграции нейронных сетей / А. Ю. Селлин, О. Н. Панамарева // Состояние и перспективы развития современной науки по направлению «Геоинформационные платформы военного назначения» : Сборник статей I Всероссийской научно-

технической конференции, Анапа, 17 марта 2021 года. – Анапа: Федеральное государственное автономное учреждение "Военный инновационный технополис "ЭРА", 2021. – С. 195-205. – EDN GHCCMY.

4. Стоянов, С. Ф. Обзор моделей классификации изображений на основе свёрточных нейронных сетей / С. Ф. Стоянов // Сборник тезисов докладов научно-практической конференции студентов Курганского государственного университета, Курган, 20 марта – 01 2022 года. Том ВЫПУСК XXIII. – Курган: Курганский государственный университет, 2022. – С. 273-274. – EDN AVZJHD.

5. Томилин, О. С. Применение свёрточной нейронной сети для распознавания объектов на изображении / О. С. Томилин // Актуальные вопросы современной науки : Сборник научных статей по материалам II Международной научно-практической конференции, Уфа, 02 июня 2023 года. Том Часть 1. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Научно-издательский центр "Вестник науки", 2023. – С. 63-66. – EDN BCPCLI.

6. Создание поведенческой модели LDMOS транзистора на основе искусственной MLP нейросети и ее описание на языке Verilog-A / С.А. Победа, М.И. Черных, Ф.В. Макаренко, К.В. Зольников // Моделирование систем и процессов. – 2021. – Т. 14, № 2. – С. 28-34. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-2-28-34.

7. Полуэктов А.В., Макаренко Ф.В., Ягодкин А.С. Использование сторонних библиотек при написании программ для обработки статистических данных // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 2. – С. 33-41.

References

1. Linkina A.V. Application of artificial intelligence methods when working with geospatial data / A.V. Linkina // Scientific and technical progress in agricultural production : materials of the XVII International Scientific and Practical Conference, April 7, 2022 / Velikiye Luki State Agricultural Academy. - Velikiye Luki : RIO HCSA, 2022. pp. 196-201 – ISBN 978-5-8047-0110-0.

2. Geoinformation systems for military purposes: theory and practice of application : materials of the IX Rep. Scientific and Practical Conference, Minsk, May 12, 2023 / Belarusian State University ; editorial board: A.M. Bakhari (Chief Editor), etc.]; under the general editorship of N. A. S. Cherenkov. - Minsk : BSU, 2023. – pp. 98-102.

3. Sellin, A. Yu. Actualization of geoinformation systems through the integration of neural networks / A. Yu. Sellin, O. N. Panamareva // The state and prospects of development of modern science in the field of "Military geoinformation platforms" :

Collection of articles of the I All-Russian Scientific and Technical Conference, Anapa, March 17, 2021. Anapa: Federal State Autonomous Institution "Military Innovative Technopolis "ERA", 2021. – pp. 195-205. – EDN GHCCMY.

4. Stoyanov, S. F. Review of image classification models based on convolutional neural networks / S. F. Stoyanov // Collection of abstracts of the scientific and practical conference of students of Kurgan State University, Kurgan, March 20 – 01 2022. VOLUME ISSUE XXIII. – Kurgan: Kurgan State University, 2022. – pp. 273-274. – EDN AVZJHD.

5. Tomilin, O. S. The use of a convolutional neural network for recognizing objects in an image / O. S. Tomilin // Actual issues of modern science : A collection of scientific articles based on the materials of the II International Scientific and Practical Conference, Ufa, June 02, 2023. Volume Part 1. – Ufa: Limited Liability Company "Scientific Publishing Center "Bulletin of Science", 2023. – pp. 63-66. – EDN BCPCLI.

6. Creation of a behavioral model of an LDMOS transistor based on an artificial MLP neural network and its description in the Verilog-A language / S.A. Pobeda, M.I. Chernykh, F.V. Makarenko, K.V. Zolnikov // Modeling of systems and processes. - 2021. – Vol. 14, No. 2. – pp. 28-34. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-2-28-34.

7. Poluektov A.V., Makarenko F.V., Yagodkin A.S. The use of third-party libraries when writing programs for processing statistical data // Modeling of systems and processes. - 2022. – Vol. 15, No. 2. – pp. 33-41.