

## ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЙРОСЕТЕВОГО АНАЛИЗА В ГИС

© 2022 А. Н. Веретенников, А. В. Линкина

*Воронежский институт высоких технологий (Воронеж, Россия)*

*В статье раскрываются возможности нейронного анализа и глубокого обучения. Отмечается использование инструментов и алгоритмов машинного обучения применительно к инструментам геообработки. Раскрывается возможность использовать векторные машинные алгоритмы для создания слоев в геоинформационных системах. Приводятся понятия глубокого обучения, нейросетевого анализа, компьютерного зрения в контексте геоинформатики и работы с пространственными данными.*

*Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, системы обучения, нейросети, кластеризация, географически взвешенная регрессия, глубокое обучение, ArcGIS API.*

В последние годы область искусственного интеллекта (ИИ) быстро развивалась, достигая, или в некоторых случаях даже превосходя человеческую точность в таких задачах, как распознавание изображений, понимание прочитанного и перевод текста. Пересечение искусственного интеллекта и ГИС создает огромные возможности, которые раньше были не реализуемы. Искусственный интеллект, машинное обучение и глубокое обучение помогают нам достигать целей устойчивого развития, помогая, например, увеличить урожайность за счет точного земледелия, предсказать экстремальные природные явления и быть лучше подготовленными к преодолению его последствий.

В широком смысле ИИ – это способность компьютеров выполнять задачи, которые обычно требуют определенного уровня человеческого интеллекта. Машинное обучение – это один из класса методов искусственного интеллекта, основанный не на прямом решении задачи, на множестве решений сходных задач. Он использует алгоритмы, основанные на данных, чтобы обучаться на них и давать нужные ответы. Одним из видов машинного обучения, появившихся в последнее время, является глубокое обучение.

Глубокое обучение – это быстро развивающаяся область, которая позволяет специалистам по обработке данных использовать

передовые исследования, одновременно используя преимущества ГИС промышленного уровня [6].

Python стал языком общения в мире глубокого обучения, а в качестве основного языка программирования были выбраны такие популярные библиотеки, как TensorFlow, PyTorch или CNTK.

ArcGIS API для Python и ArcPy естественным образом подходят для интеграции с этими библиотеками глубокого обучения, предоставляя больше возможностей [8].

**Машинное обучение в ГИС.** Машинное обучение было основным компонентом пространственного анализа в ГИС. Эти инструменты и алгоритмы были применены к инструментам геообработки для решения проблем в трех широких категориях. С помощью классификации имеется возможность использовать векторные машинные алгоритмы для создания слоев классификации растительного покрова. Другим примером является кластеризация, которая позволяет обрабатывать большие объемы входных точечных данных, идентифицировать значимые кластеры внутри них и отделять их от разреженного шума. Алгоритмы прогнозирования, такие как географически взвешенная регрессия, дают возможность моделировать пространственно-изменяющиеся взаимосвязи.

Эти методы хорошо работают в нескольких областях, и их результаты поддаются интерпретации, но им нужны эксперты для выявления или учета тех факторов (или особенностей), которые влияют на результат, который мы пытаемся предсказать [10].

**Глубокое обучение.** В глубокой нейронной сети есть нейроны, которые реагируют на стимулы и связаны друг с другом слоями. Нейронные сети существуют уже несколько десятилетий, но их обучение было непростой задачей. Появление глубокого обучения можно объяснить тремя основными достижениями последних лет – доступностью данных, быстрыми вычислениями и улучшениями алгоритмов.

**Данные:** на современном этапе имеется доступ к огромному количеству данных благодаря Интернету, датчикам и многочисленным спутникам, которые каждый день снимают весь мир.

**Вычисления:** также есть мощные вычислительные ресурсы благодаря облачным вычислениям и графическим процессорам (GPU), которые стали более мощными, чем когда-либо, и подешевели благодаря игровой индустрии [12].

**Алгоритмические улучшения:** исследователи раскрыли некоторые из наиболее сложных аспектов обучения глубоких нейронных сетей с помощью алгоритмических улучшений и сетевых архитектур.

**Применение компьютерного зрения к геопространственному анализу.** Одна из областей искусственного интеллекта, в которой глубокое обучение преуспело чрезвычайно хорошо – это компьютерное зрение, или способность компьютеров видеть. Это особенно полезно для ГИС, поскольку спутниковые, аэрофотоснимки и снимки с беспилотных летательных аппаратов создаются со скоростью, которая делает невозможным анализ и получение информации с помощью традиционных средств.

На рисунке ниже показаны некоторые из наиболее важных задач или вариантов использования компьютерного зрения и то, как они могут быть применены к ГИС:

Самым простым является классификация изображений, при которой компьютер присваивает изображению метку, например “кошка” или “собака”. Это можно использовать в ГИС для классификации фотографий с геотегами. Одно из изображений выше

было классифицировано как плотная толпа. Эта классификация пешеходной активности может быть использована для планирования пешеходов и организации дорожного движения во время общественных мероприятий.



Рисунок 1. Картинки для анализа

При обнаружении объектов компьютеру необходимо находить объекты на изображении, а также их местоположение. Это очень важная задача в ГИС - найти то, что есть на снимках со спутника, с воздуха или БПЛА, определить его местоположение и нанести на карту. Это может быть использовано для отображения инфраструктуры, обнаружения аномалий и извлечения объектов.

Другой важной задачей в компьютерном зрении является семантическая сегментация, при которой каждый пиксель изображения классифицируется как принадлежащий определенному классу. Например, на первом изображении (рис. 1) кошка изображена в желтых пикселях, зеленые пиксели принадлежат классу земли, а небо выделено синим цветом. В ГИС семантическая сегментация может использоваться для классификации растительного покрова или для извлечения дорожных сетей из спутниковых снимков.

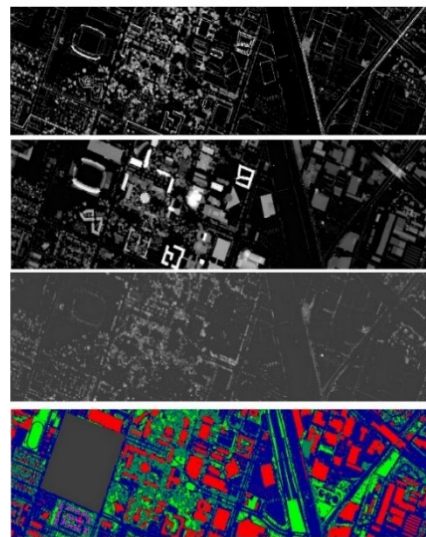


Рисунок 2. Анализ города со спутника

Другим типом сегментации является сегментация экземпляров. Это способствует более точному обнаружению объекта, при котором выделяется точная граница каждого экземпляра. Сегментация экземпляров может использоваться для таких задач, как улучшение базовых карт. Это можно сделать, добавив следы зданий или реконструировав 3D-здания по данным лидара (приборы, использующие технологию измерения расстояний путем излучения света и замера времени возвращения этого отражённого света на приёмник).

**Глубокое обучение для составления карт.** При работе со спутниковыми снимками одним из важных применений глубокого обучения является создание цифровых карт путем автоматического извлечения дорожных сетей и построения следов.

Примером такого использования может быть применение обученной модели глубокого обучения к большой географической области и получение карты, содержащей все дороги в регионе, а затем возможность создавать маршруты движения, используя эту обнаруженную дорожную сеть. Это может быть особенно полезно для развивающихся стран, у которых нет высококачественных цифровых карт, или в районах, где были построены новые объекты.



Рисунок 3. Анализ маршрутов движения

Хорошим картам нужно больше, чем просто дороги - им нужны здания. Модели сегментации экземпляров, такие как Mask R-CNN, особенно полезны для сегментации следа здания и могут помочь создавать следы здания без какой-либо необходимости ручной оцифровки.



Рисунок 4. Анализ города со спутника

Рассмотренные нами ранее примеры были сосредоточены на изображениях и компьютерном зрении. Однако, глубокое обучение может быть одинаково хорошо использовано для обработки больших объемов структурированных данных, таких как наблюдения с датчиков или атрибуты из слоя объектов. Применение таких методов к структурированным данным включает в себя прогнозирование вероятности несчастных случаев, прогнозирование продаж, а также маршрутизацию и геокодирование на естественном языке.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Isakov Yu. A. Artificial intelligence / Yu. A. Isakov // *ModernScience*. – 2018. – № 6-1. – С. 25-27.
2. Vadinsky, O An overview of approaches evaluating intelligence of artificial systems / O. Vadinsky // *Acta informatica pragensia*. – 2018. – № 7-1. – С. 74-103.
3. Борисова Е. В. Современный тренд образовательной среды - искусственный интеллект и цифровая педагогика / Е. В. Борисова // *Традиции и новации в профессиональной подготовке и деятельности педагога (Тверь, 29-30 марта 2018 г.)* : сб. науч. трудов Всероссийской научно-практической конференции. – Тверь, 2018. – С. 84-87.
4. Дорофеев А. А. Алгоритмы автоматической классификации: Обзор / А. А. Дорофеев // *Автоматика и телемеханика*. – 1971. – № 12. – С. 78-113.
5. Зиновьев А. Ю. Система визуализации произвольных данных. / А. Ю. Зиновьев, А. А. Питенко // *2-я Всероссийская научно-техническая конференция "Нейроинформатика-2000"*. 4.1. М.: МИФИ. – 2000. – С. 75-80.

6. 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. Великие Луки – 2022. – С. 196-201.

7. Линкина А. В. Реализация механизма обработки больших данных (big data analytics) для обеспечения продовольственной и экологической безопасности / А. В. Линкина // Инновационные научно-технические разработки и исследования молодых учёных для АПК. Материалы III Всероссийской научно-практической конференции, проводимой в рамках Совещания Советов молодых учёных и специалистов аграрных вузов Центрального федерального округа. – 2021. – С. 109-112.

8. Линкина А. В. Перспективы применения AI-технологий в области охраны окружающей среды / А. В. Линкина, Е. Н. Богомолова // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2022. – № 1 (40). – С. 54-57.

9. Потопахин, В. В. Романтика искусственного интеллекта / В. В. Потопахин. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 169 с.

10. Розенберг И. Н. Геоинформационная модель / И. Н. Розенберг // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016.– № 5-4. – С. 675-676.

11. Шмидт Э. Новый цифровой мир : как технологии меняют жизнь людей, модели бизнеса и понятие государств : пер. с англ. / Э. Шмидт, Д. Коэн ; пер. С. А. Филин. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013. – 367 с.

12. Штайгер А.А. Этапы разработки экспертных систем / А. А. Штайгер // Вестник современных исследований. – 2018. – № 6.1 (21). – С. 559-561.

13. Щетинин Е. Ю. Повышение эффективности сетей энергопотребления с применением систем искусственного интеллекта / Е. Ю. Щетинин, М. С. Бережков // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2018. – Т. 7. – № 5. – С. 164-168.

## STATE AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF AIC IN THE VORONEZH REGION IN THE CONTEXT OF DIGITAL TRANSFORMATION

© 2022 A. N. Veretennikov, A. V. Linkina

*Voronezh Institute of High Technologies (Voronezh, Russia)*

*The article reveals the possibilities of neural analysis and deep learning. The use of machine learning tools and algorithms in relation to geoprocessing tools is noted. The possibility of using vector machine algorithms for creating layers in geoinformation systems is disclosed. The concepts of deep learning, neural network analysis, computer vision in the context of geoinformatics and work with spatial data are given.*

*Keywords: artificial intelligence, machine learning, learning systems, neural networks, clustering, geographically weighted regression, deep learning, ArcGIS API.*