

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 004.032.26:778.35-045.64

Шелег
Сергей Вадимович

СЕМАНТИЧЕСКАЯ СЕГМЕНТАЦИЯ АЭРОФОТОСНИМКОВ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА БАЗЕ
СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание степени магистра

по специальности 1-40 80 01 Компьютерная инженерия. Хранение и
обработка данных

Научный руководитель

Дудкин Александр Арсентьевич
д.т.н., профессор кафедры ЭВМ,
БГУИР

Минск 2021

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

С помощью дистанционных методов мониторинга могут быть решены задачи в различных отраслях и направлениях агропромышленного комплекса. Решение большинства задач начинается с семантической сегментации изображений, полученных в ходе аэрофотосъемки интересующего участка земной поверхности. Современные методы аэрофотосъемки предоставляют изображения с различными характеристиками: спектр, детализация, разрешение. Наиболее доступным методом мониторинга сегодня является использование беспилотных летательных аппаратов, производящих съемку в видимом спектре электромагнитного излучения. Стоит отметить, что обработка таких данных в автоматическом режиме требует более сложного алгоритма, в сравнении, например, с мультиспектральной съемкой. Однако, метод мультиспектральной съемки является более дорогостоящим. Потому разработка эффективного алгоритма семантической сегментации аэрофотоснимком сельскохозяйственной растительности является важной с практической и экономической точек зрения. Сама по себе задача семантической сегментации не нова, и часто встречается в самых различных направлениях: картография, медицина, системы автопилотирования автомобилем, обработка фото и видео и др. Наибольшую эффективность при решении данной задачи показывают алгоритмы, основанные на сверточных нейронных сетях.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Целью исследования является повышение точности семантической сегментации цифровых аэрофотоснимков различного пространственного разрешения сельскохозяйственной растительности на основе сверточных нейронных сетей.

Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие задачи:

1. Исследование особенностей аэрофотоснимков сельскохозяйственной растительности.
2. Изучение существующих вариантов решения задачи семантической сегментации изображений с применением нейронных сетей.
3. Разработка сверточной нейронной сети и алгоритма на ее основе для семантической сегментации изображений аэрофотоснимков сельскохозяйственной растительности.
4. Программная реализация алгоритма в системе технического зрения для обработки аэрофотоизображений и выделения на них участков сельскохозяйственной растительности.

Объект исследования. Изображения сельскохозяйственных полей, полученные с помощью цифровой аэрофотосъемки.

Предмет исследования. Методы и алгоритмы анализа сельскохозяйственных полей, растительности и их состояния на аэрофотоснимках.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

Предложенная модификация сверточной нейронной сети семантической сегментации U-Net позволяет снизить искажение цветовых характеристик изображений окрестностей пикселей при попадании в него растительности и почвы. Ключевыми отличиями от лучшей известной СНС для приложения точного земледелия (Ganchenko, V. Image Semantic Segmentation Based on Convolutional Neural Networks for Monitoring Agricultural Vegetation / V. Ganchenko, A. Doudkin // Communications in Computer and Information Science, Springer, 2019. – Ch. 5. – V. 1055. – 2019. – P. 52-63.) являются увеличенный размер входного слоя (512×512 в предлагаемой сети против 256×256 у сети-прототипа и глубина нейронной сети (4 пары «энкодер-декодер» против 3 пар у прототипа). Они прямо влияют на количество обучаемых параметров и, как следствие, качество сегментации.

Данная модификация может быть применена для повышения эффективности распознавания сельскохозяйственной растительности за счет построения новых комбинированных нейросетевых алгоритмов сегментации. Во-первых, это разработка уникальных архитектур нейронных сетей. В этом случае разработанная сеть может реализовывать постобработку (корректировку) результата основной сети (в качестве последней, в частности, может быть и упоминаемая выше сеть-прототип) либо результат работы сети можно использовать как дополнительные входные данные для создания новой сети, решающей задачу многоклассового распознавания. Во-вторых, предложенная сеть может быть компонентой ансамбля нейронных сетей, в которых решение принимается на основании усредненных результатов работы составляющих ансамбль сетей.

Положения, выносимые на защиту:

1. Алгоритм на базе сверточной нейронной сети семантической сегментации аэрофотоснимков сельскохозяйственной растительности, который позволяет осуществлять более точное выделение участков с неоднородной окраской (соответствующих границе растительности и почвы, в особенности в местах, где небольшие участки почвы окружены растительностью, создающей на этом участке почвы тень) по сравнению с традиционными алгоритмами. Экспериментально показано, что прирост точности предложенной модификации составляет 1,4 % (98,3 % против 96,9 %) несмотря на то, что вторая реализация обучалась на меньшем общем количестве изображений.

2. Экспериментальная программная система технического зрения, реализующая предложенный алгоритм семантической сегментации.

Научная значимость результатов. Полученные в диссертации результаты являются новым решением важной научно-технической задачи сегментации изображений для дальнейшего формирования карт сельскохозяйственной растительности для их использования в точном земледелии.

Практическая значимость полученных результатов. Разработанный нейросетевой алгоритм семантической сегментации может быть использован в системах принятия решений аппаратно-программных комплексов мониторинга состояния сельскохозяйственной растительности по данным ДЗЗ.

Личный вклад соискателя: результаты, приведенные в диссертации, получены соискателем лично.

Апробация результатов диссертации. Основные теоретические и практические результаты докладывались на следующих конференциях:

– 56-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов, апрель-май 2020 г., г. Минск;

– 57-я научная конференции аспирантов, магистрантов и студентов, апрель-май 2021 г., г. Минск;

– Седьмая Международная научно-практическая конференция «BIG DATA and Advanced Analytics. BIG DATA и анализ высокого уровня», 19-20 мая 2021 г., г. Минск;

– XI Международная научно-техническая конференция «Информационные технологии в промышленности, логистике и социальной сфере», 26-27 мая 2021 г., г. Минск.

Результаты, полученные в ходе диссертационного исследования, были опубликованы в 4 докладах конференций, в т. ч. двух международных.

Структура и объем диссертации. Диссертация представлена на 52-х страницах и имеет следующую структуру: Введение, 1. Обзор литературы, 2. Архитектура сверточной сети сегментации изображений сельскохозяйственной растительности. 3. Экспериментальный раздел, Заключение, Список использованных источников, Список публикаций автора. Содержит 22 рисунка, 2 таблицы, 1 приложение. Ссылается на 31 литературный источник.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введение рассмотрены отрасли и направления деятельности агропромышленного комплекса и их задачи, которые могут быть решены с помощью методов точно земледелия (в частности, методом дистанционного мониторинга). Показана роль семантической сегментации в решении данных

задач. Обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цели и задачи исследования.

В первой главе рассмотрены как классические методы решения задачи семантической сегментации, так и методы с применением свёрточных нейронных сетей.

В обзоре классических методов были подробно рассмотрены алгоритмы сегментации изображений, способы перевода изображения в пространство признаков и методы классификации признаков, применяемых наиболее часто при решении задач компьютерного зрения.

Были рассмотрены принципы работы и приведены результаты следующих алгоритмов сегментации:

- сегментации по водоразделам (Watershed);
- MeanShift;
- FloodFill;
- GrabCut.

Во второй части этой главы был произведен обзор алгоритмов выделения признаков изображений (особые точки и их дескрипторы). К рассмотренным алгоритмам относятся:

- FAST (Features from Accelerated Segment Test);
- BRIEF (Binary Robust Independent Elementary Features);
- ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF);
- SURF (Speeded-Up Robust Features);
- BRISK (Binary robust invariant scalable keypoints);
- AKAZE (Accelerated-KAZE);
- LDB (Local Difference Binary).

После рассматриваются принципы работы наиболее распространенных алгоритмов классификации:

- бустинг;
- бэггинг;
- машина опорных векторов.

В следующей части рассматриваются нейросетевые алгоритмы семантической сегментации. К рассмотренным отнеслись:

- FCN (Fully Convolutional Network);
- U-Net;
- DenseNet;
- Pyramid Scene Parsing (PSPNet);
- DeepLabv3.

В пункте 1.3 приводятся примеры использования нейросетевых алгоритмов семантической сегментации используемые при решении задач точного земледелия. Среди них:

- сегментация инжирных плантаций (на базе сети SegNet);

- сегментация корней и почвы (U-Net и Frangi-Net);
- сегментация с целью нахождения сорняков (один из примером использует свёрточную нейронная сеть, содержащая 3 свёрточных слоя и 2 полносвязных слоя, другой комбинацию из FCDenseNets и FCN).

Во второй главе магистерской диссертации подробно рассматривается нейронная сеть U-Net, приводится описание предлагаемой нейронной сети, а также даётся формальное описание алгоритма семантической сегментации. В конце данного раздела дано обоснование, почему именно данная архитектура легла в основу решения задач, поставленных в магистерской диссертации. Ниже приведены основными факторы выбора именно этой архитектуры:

- высокая точность;
- простота архитектуры и, как следствие, малое потребление ресурсов в работе и при обучении;
- даже при небольшой обучающей выборке достигаются приемлемые результаты;
- хорошо справляется с сегментацией изображений при наличии соприкасающихся объектов одного класса, которые должны быть разделены.

В пункте 3.1 рассмотрен процесс подготовки к обучению нейронной сети и само обучение. Для аугментации набора данных использовались следующие преобразования:

- случайное изменение масштаба от 90% до 110%;
- случайный поворот изображение от -75 до +75 градусов;
- случайное отражение изображения по горизонтали.

Длительность обучения составила 51 эпоху (2958 итераций). В качестве loss-функции использовался DiceLoss. В качестве метода оптимизации используется Адам.

В пункте 3.2 описан метод сравнения алгоритмов сегментации. В качестве метрики был выбран коэффициент Жаккара. Сравнение проводилось с другими архитектурами нейронных сетей, а также с другой, заранее обученной, реализацией U-Net. В результате испытаний точность при обучении(валидации) составила 98.3%. Точность при тестировании – 97.2%.

В выводе экспериментального раздела делается предположение, что могло оказать влияние на результат:

Ключевыми отличиями, повлиявшие на результат, являются: размер входного слоя (512×512 в предлагаемой сети против 256×256) и глубина нейронной сети (4 пары «энкодер-декодер» против 3). Они прямо влияют на количество обучаемых параметров и, как следствие, качество сегментации. Из негативных последствий таких изменений можно отметить большее потребление ресурсов.

В разделе 4 описана разработка системы технического зрения, полученные характеристики, процесс высокоуровневого проектирования, компонентный состав системы и детали реализации.

Структурная схема приведена на рисунке 1. В качестве фреймворка для нейронных сетей использовался PyTorch. Для работы с изображениями использовалась библиотека OpenCV. Блок предобработки, блок сегментации, блок постобработки были объединены в python-модуль. Унификация интерфейсов, форматов входных и выходных данных позволяет заменить реализацию алгоритма сегментации на другой подходящий (в случае проведения дальнейших исследований).



Рисунок 1 – Структурная схема системы

Результат работы системы продемонстрирован на рисунке 2.

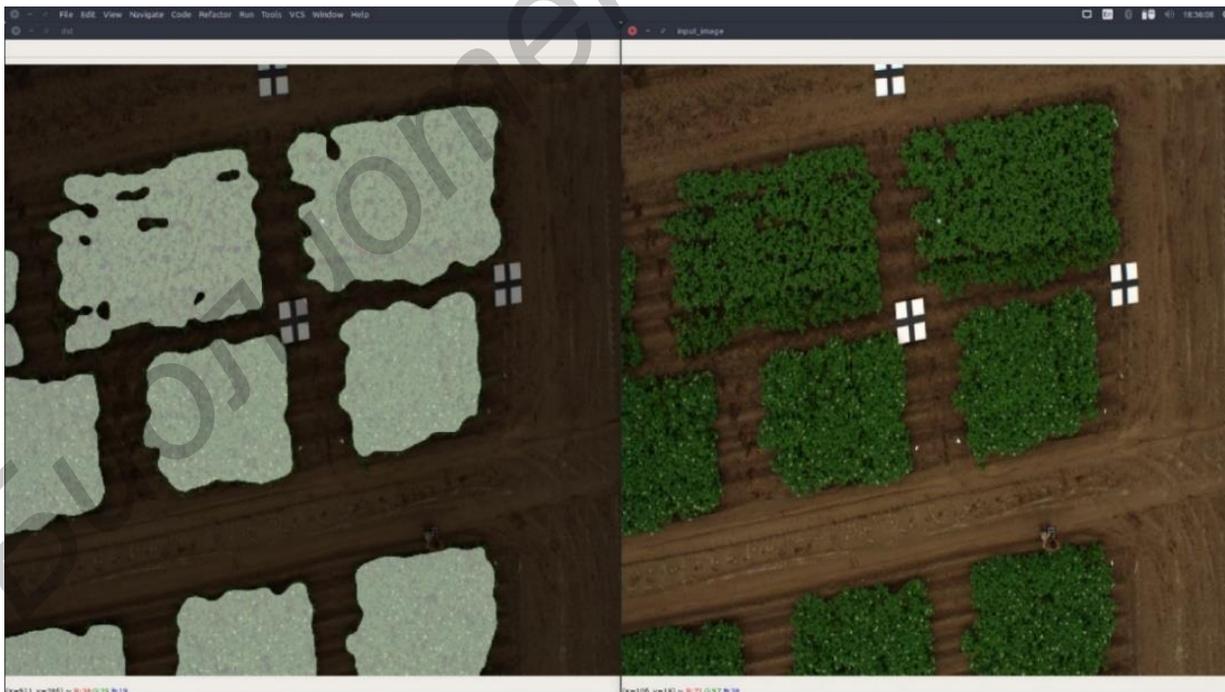


Рисунок 2 – Демонстрация работы системы

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения диссертации получены следующие научные и практические результаты:

1. Проведен обзор методов решения задачи семантической сегментации.

2. На основе результатов обзора нейросетевых алгоритмов была выбрана архитектура нейронной сети для решения поставленной задачи.

3. Проведен сравнительный анализ нейросетевых алгоритмов. Продемонстрированы и обоснованы преимущества предложенного алгоритма над существующими.

4. Реализована система технического зрения на базе предложенного нейросетевого алгоритма.

Библиотека БГУМР

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

[1-А.] Семантическая сегментация аэрофотоснимков сельскохозяйственной растительности на базе сверточных нейронных сетей / С.В. Шелег // Компьютерные системы и сети : сборник тезисов докладов 56-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, апрель-май 2020 года / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. - Минск : БГУИР, 2020 – С.42–44.

[2-А.] Система распознавания сельскохозяйственной растительности на изображениях земной поверхности на основе сверточной нейронной сети U-NET / С.В. Шелег // Компьютерные системы и сети : сборник тезисов докладов 57-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, апрель-май 2021 года / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. - Минск : БГУИР, 2021.

[3-А.] Распознавание сельскохозяйственной растительности на изображениях земной поверхности на основе сверточной нейронной сети U-NET / А.А. Дудкин, В.В. Ганченко, С.В. Шелег // BIG DATA and Advanced Analytics / BIG DATA и анализ высокого уровня: сб. научных статей VII Междунар. науч.-практ. конф. (Республика Беларусь, Минск, 19-20 мая 2021 года): / редкол. : В.А. Богуш [и др.]. – Минск : Бестпринт, 2021. – С.110-116.

[4-А.] Модификация нейронной сети U-Net для семантической сегментации изображений сельскохозяйственной растительности / В.В. Ганченко, С.В. Шелег // XI Международная научно-техническая конференция «Информационные технологии в промышленности, логистике и социальной сфере» (ИТИ*2021) : тезисы докладов, Минск, 26–27 мая 2021 г. – Минск : ОИПИ НАН Беларуси, 2021. – С.22-24.