

Модель U-Net и её модификации для семантической сегментации поврежденных деревьев сосны сибирской на снимках с БПЛА

Маслов К. А. ^{1*}, Керчев И. А. ², Токарева О. С. ¹, Марков Н. Г. ¹

¹ Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

² Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия

* kam20@tpu.ru

Введение

Одним из новых факторов, вызывающих массовое усыхание кедровников, является насекомое-вредитель союзный короед *Ips amitinus* Eichh., заселяющий деревья сосны сибирской кедровой (кедра, *Pinus Sibirica* Du Tour). Для своевременного выявления заселенных деревьев и проведения фитосанитарных мероприятий важно выявлять начальные стадии повреждения, малозаметные при наземных обследованиях из-за сомкнутости крон и характерного для деревьев вершинного усыхания. Использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) обеспечивает высокую оперативность наблюдений и получение снимков со сверхвысоким пространственным разрешением, что позволяет проводить оценку жизненного состояния отдельных деревьев.

Данный доклад посвящен разработке моделей сверточных нейронных сетей (СНС) и их исследованию при решении задачи семантической сегментации деревьев кедра, поврежденных союзным короедом, на снимках с БПЛА.

Задача анализа состояния деревьев кедра

Для анализа состояния деревьев кедра экспертами было выделено пять классов жизненного состояния кедра (на рис. 1: I – «Условно здоровое», II – «Свежезаселенное», III – «С усохшей вершиной», IV – «Свежий сухостой», V – «Старый сухостой») в зависимости от цвета и количества хвои, признаков начинающегося вершинного усыхания и т.п. и класс «Фон», к которому относятся деревья других видов и прочие объекты на изображениях.

В качестве исходных данных использовались снимки с квадрокоптера DJI Phantom 3 Standard, полученные в

июле 2019 г. и собранные в панорамы. Одна из панорам использовалась для тестирования моделей СНС, оставшиеся – для формирования обучающей и валидационной выборок. Всего было получено 12384 обучающих и 2400 валидационных фрагментов размеров 256x256 пикселей.

Разведочный анализ исходных данных показал несбалансированность выборки (преобладание пикселей класса «Фон», слабая представленность деревьев классов «Свежезаселенное» и «Свежий сухостой»), а также сложность поставленной задачи сегментации ввиду недостаточности только спектральных признаков для проведения качественной классификации. Этим обосновывается необходимость использования, например, моделей СНС, так как они способны учитывать текстуры объектов и их формы и автоматически извлекать соответствующие признаки.

Предлагаемые модели СНС

Для решения задачи сегментации изображений с БПЛА был предложен ряд моделей СНС: полносверточная сеть U-Net и две её модификации: multihead-U-Net (МН-U-Net) и multihead-residual-U-Net (МН-Res-U-Net). МН-U-Net – ансамбль из трех моделей U-Net различной глубины, где модели ансамбля делят между собой часть весов и одновременно анализируют изображение в различных масштабах. Модель МН-Res-U-Net обладает всеми особенностями МН-U-Net и дополнительно использует остаточные блоки. Диаграммы предлагаемых моделей СНС представлены на рис. 2.

Для поиска оптимальных весовых коэффициентов полносверточных сетей максимизировалось значение усредненного коэффициента Жаккара ($mIoU$) с использованием алгоритма Adam. Оптимизация $mIoU$ частично решает проблему несбалансированности обучающей выборки. Подбор гиперпараметров осуществлялся с использованием метода случайного поиска, гиперпараметры управляли коэффициентом скорости обучения и его изменением при выходе «на плато», регуляризацией сетей и случайными преобразованиями для формирования синтезированных фрагментов в целях расширения обучающей выборки и улучшения обобщающей способности моделей СНС.

Результаты исследования моделей СНС

На рис. 3 представлены результаты сегментации тестовой панорамы предлагаемыми моделями СНС, а в табл. – соответствующие значения

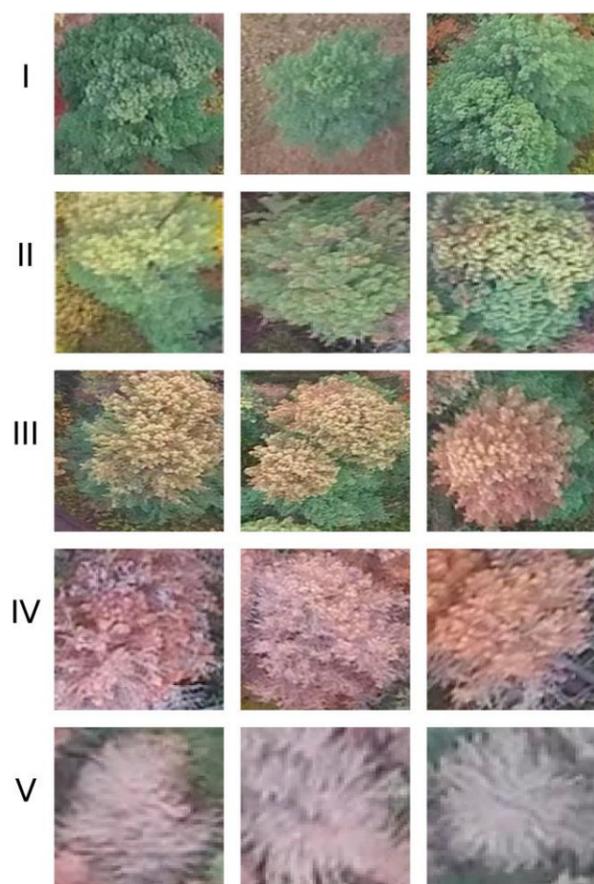


Рис. 1. Классы деревьев кедра

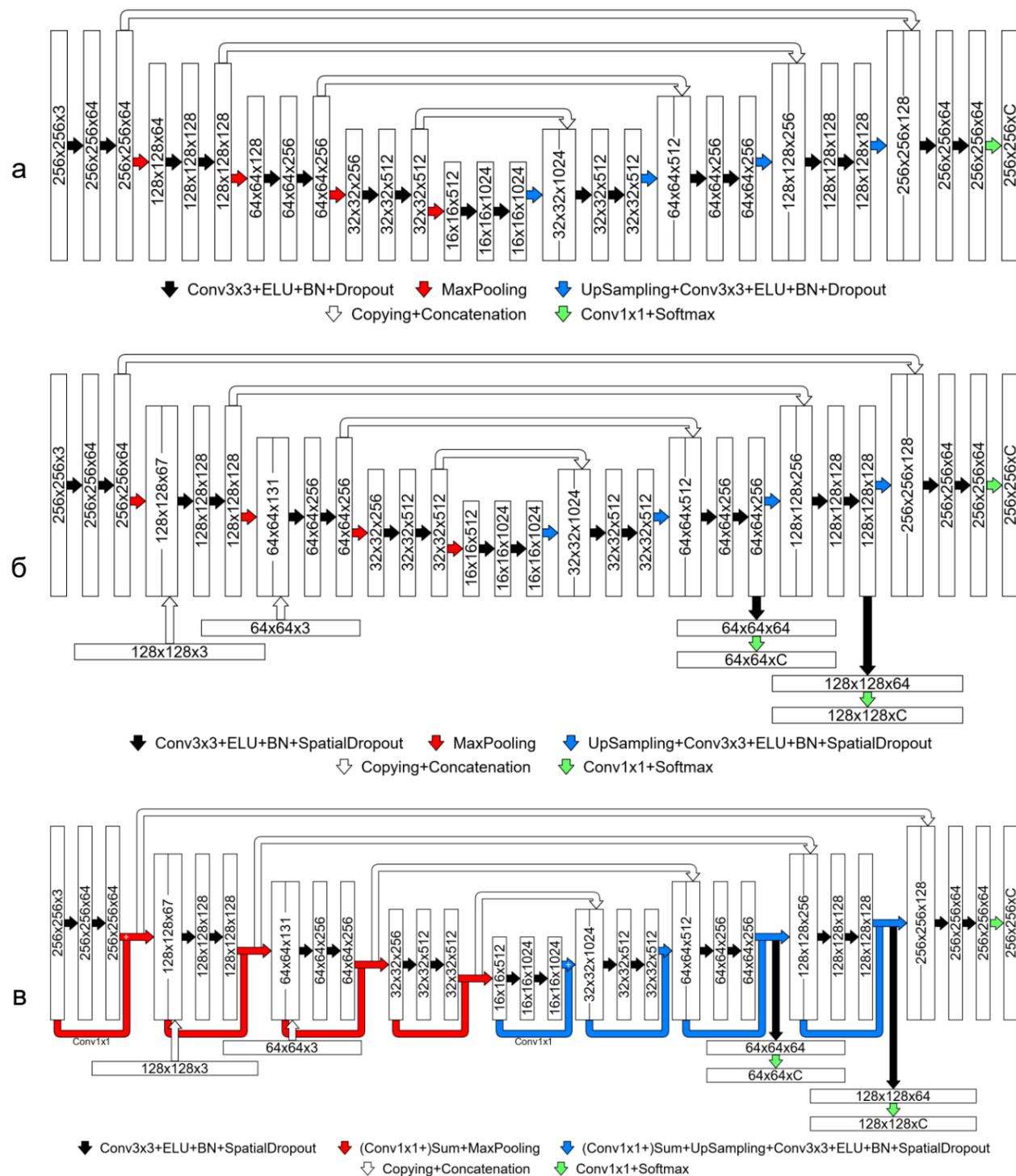


Рис. 2. Предлагаемые модели СНС: а – U-Net, б – MH-U-Net, в – MH-Res-U-Net

коэффициента Жаккара (IoU) и $mIoU$. Значения IoU больше, чем 0,5, принимаются как соответствующие высокому качеству сегментации.

Все модели успешно классифицируют пиксели пяти классов из шести: модели U-Net и MH-Res-U-Net успешно сегментируют все классы, кроме класса «Свежезаселенное», а модель MH-U-Net – все, кроме класса «Свежий сухой». Основную сложность для сегментации представили классы промежуточного состояния деревьев. Однако MH-U-Net справляется с сегментацией

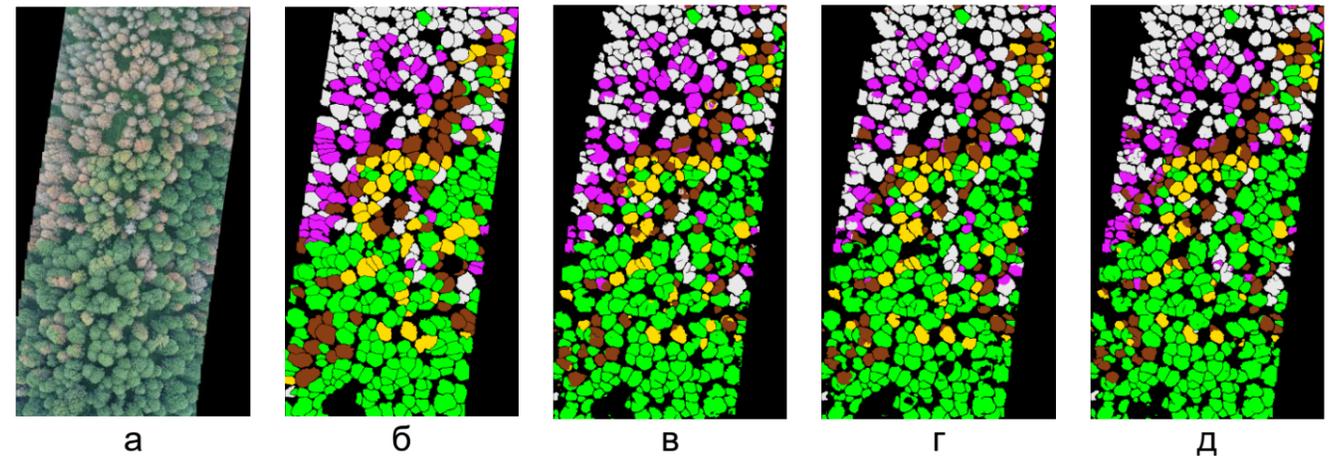


Рис. 3. Результаты сегментации: а – тестовая панорама, б – эталонная карта сегментации, в – выход U-Net, г – MH-U-Net, д – MH-Res-U-Net

Табл. Метрики качества сегментации тестовой панорамы

Модель	IoU						$mIoU$
	Фон	Условно здоровое	Свежезаселенное	С усохшей вершиной	Свежий сухой	Старый сухой	
U-Net	0,80	0,74	0,49	0,53	0,56	0,73	0,64
MH-U-Net	0,80	0,72	0,54	0,52	0,46	0,70	0,62
MH-Res-U-Net	0,80	0,75	0,47	0,50	0,63	0,75	0,65

промежуточного класса «Свежезаселенное», U-Net – класса «С усохшей вершиной», а MH-Res-U-Net – класса «Свежий сухой». Поэтому одним из перспективных направлений исследований является ансамблирование моделей с целью комбинации их лучших качеств, ансамблирование также позволит получать оценки степени уверенности в предсказаниях моделей.

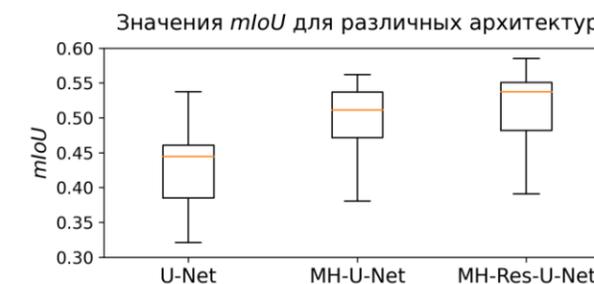


Рис. 4. Значения метрики $mIoU$ для различных моделей СНС, полученные на валидационной выборке

Одним из результатов в ходе обучения предложенных моделей СНС стал стабильно более качественный результат сегментации изображений крон деревьев с помощью моделей MH-U-Net и MH-Res-U-Net. Для исследования чувствительности всех трех моделей к выбору гиперпараметров для каждой из них были взяты все наборы гиперпараметров и соответствующих значений метрики $mIoU$. На рис. 4 приведена диаграмма размаха, на которой можно видеть, что медиана $mIoU$ для моделей MH-U-Net и MH-Res-U-Net больше, чем для U-Net. Парные тесты Краскела-Уоллиса подтвердили статистическую значимость этих различий. Таким образом, использование предложенных в данной работе моделей MH-U-Net и MH-Res-U-Net позволяет снизить количество обучений для получения приемлемых результатов и, следовательно, значительно экономить время и вычислительные ресурсы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Томской области в рамках научного проекта № 18-47-700010 p_a.