

- Ситникова В. А., Большунова Т. С. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2020. – Т. 331. – №. 3.
7. World Health Organization/ United Nations Environment Programme (WHO/UNEP). Guidance for identifying populations at risk from mercury exposure. World Health Organization, Geneva, Switzerland: Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals, 2008. 167 p. URL: <https://www.who.int/foodsafety/publications/chem/mercuryexposure.pdf> (дата обращения: 31.03.2020).

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ ВЫЯВЛЕНИЯ ПОВРЕЖДЕННЫХ ДЕРЕВЬЕВ НА СНИМКАХ С БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Маслов К. А.

Научный руководитель – доцент О.С. Токарева

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Уссурийский полиграф – инвазионный короед, поселяющийся в естественных и искусственных насаждениях пихты сибирской и негативно воздействующий на состояние деревьев, что приводит к их усыханию. Ареал вредителя включает в себя Томскую, Кемеровскую, Новосибирскую области, Алтайский край и другие субъекты Российской Федерации и постоянно расширяется [1, 2].

Аэрокосмический мониторинг позволяет регулярно получать достоверную информацию для больших площадей лесных насаждений, что необходимо при оценке текущего состояния пихтарников, отслеживания изменений, обнаружения очагов массового размножения вредителя и планирования соответствующих лесохозяйственных мероприятий. При этом снимки, получаемые с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), имеют ряд преимуществ в использовании при сравнении с космическими снимками: более высокое пространственное разрешение, условная независимость от облачности и более гибкий выбор времени съемки. В данной работе предлагается использовать методы машинного обучения для автоматизированной интерпретации снимков с БПЛА в задаче сегментации поврежденных деревьев пихты на изображениях.

За основу взята шкала состояния деревьев пихты сибирской в очагах уссурийского полиграфа, разработанная сотрудниками Института мониторинга климатических и экологических систем [2]. В зависимости от цвета и изреженности кроны, степени усыхания, повреждений стволов деревьев и т.п. выделяется шесть категорий (рис. 1).

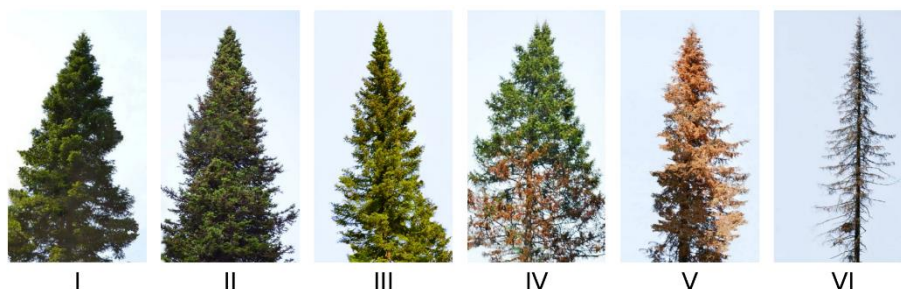


Рис. 1 Кроны деревьев пихты сибирской. Категории повреждения уссурийским полиграфом обозначены римскими цифрами [2]

В качестве исходных данных были использованы три снимка в видимом диапазоне электромагнитного спектра, сделанные с БПЛА мультироторного типа DJI Phantom 3 Standard в августе 2017 г.. Высота съемки составляла примерно 350 м, что соответствует пространственному разрешению порядка 0,10 м в области надира. При интерпретации снимков с БПЛА эксперт не смог отделить друг от друга некоторые категории деревьев, поэтому всего было выделено четыре класса деревьев пихты: 1) «живые» (соответствует категориям I и II), 2) «отмирающие» (III и IV), 3) «свежий сухостой» (V) и 4) «старый сухостой» (VI), пиксели остальных объектов относились к классу 0 «фон». На рис. 2, а представлены фрагменты исходных снимков с указанием классов деревьев пихты. Области размеченных точечными метками кроны были представлены в виде полигонов (рис. 2, б) с использованием графического редактора GIMP.

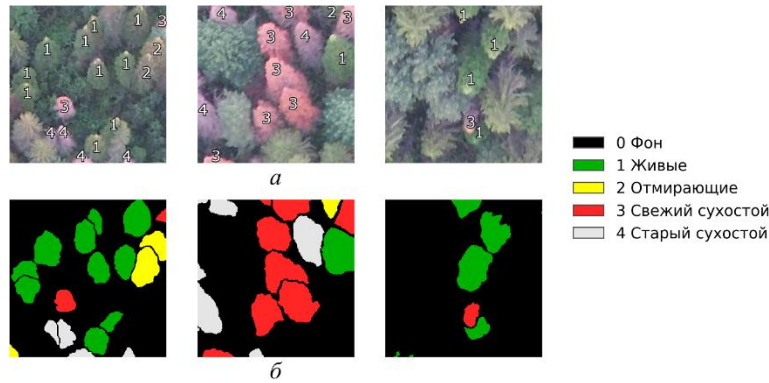


Рис. 2 Фрагменты исходных снимков (а) и соответствующие эталонные карты сегментации (б)

Из исходных данных был выделен тестовый участок, который не участвовал в процессах обучения и валидации алгоритмов. Для решения поставленной задачи выявления поврежденных деревьев на снимках с БПЛА было использовано три алгоритма: градиентный бустинг [3] с использованием текстурных признаков Харалика [4], полносверточная сеть SegNet [6] и полносверточная сеть U-Net [7]. При этом в данной работе использовались модифицированные архитектуры сетей SegNet и U-Net.

На рис. 3 представлены результаты классификации трех тестовых сцен с использованием предложенных алгоритмов.

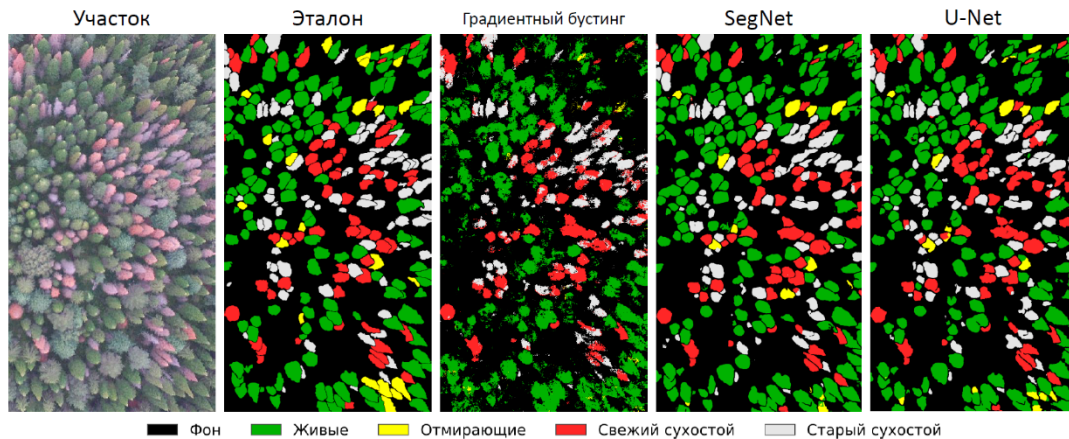


Рис. 3 Изображение тестового участка, эталонная карта сегментации и результаты сегментации тестового участка

Визуальный анализ рис. 3 позволяет утверждать о том, что все предложенные алгоритмы применимы к поставленной задаче, однако градиентный бустинг с использованием признаков Харалика не справился с сегментацией деревьев пихты класса «отмирающие». В таблице приведены значения метрик IoU [5] для всех выделенных классов и mIoU (среднего значения IoU по всем классам), показывающей общее качество сегментации при использовании конкретного алгоритма.

Таблица

Значения IoU и mIoU для результатов сегментации тестового участка

Алгоритм	IoU					mIoU
	Фон	Живые	Отмирающие	Свежий сухой	Старый сухой	
Градиентный бустинг	0,76	0,53	0,05	0,62	0,50	0,49
SegNet	0,85	0,74	0,38	0,75	0,65	0,67
U-Net	0,86	0,76	0,42	0,75	0,68	0,69

Из всех предложенных алгоритмов лучшую эффективность для поставленной задачи продемонстрировала полносверточная сеть U-Net. При этом стоит отметить, что все алгоритмы показали высокое качество сегментации (IoU > 0,5) классов «фон», «живые», «свежий сухой» и «старый сухой». Путем привлечения дополнительного объема данных, аэро съемки в инфракрасном диапазоне электромагнитного спектра, карт глубины и использования новых архитектур нейронных сетей или модификации предложенных можно добиться улучшения качества сегментации.

Внедрение полученных моделей машинного обучения позволит значительно ускорить процесс интерпретации данных аэро съемки пихтовых насаждений. Предложенные в работе подходы к созданию и

обучению моделей могут быть перенесены на другие задачи мониторинга, например, хвойных лесов, пораженных насекомыми-вредителями: союзным короедом, сибирским шелкопрядом и т.д.

Автор выражает особую благодарность Керчеву И. А., к.б.н., старшему научному сотруднику лаборатории мониторинга лесных экосистем Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, за предоставленные материалы съемки и разметку в виде точечных меток на вершинах деревьев пихты.

Литература

1. Кривец, С. А. Современное распространение и прогноз расширения инвазионного ареала уссурийского полиграфа *Polygraphus proximus* Blandford, 1894 в Томской области (Западная Сибирь) [Текст] / С.А. Кривец, И.А. Керчев, Э.М. Бисирова, Н.М. Дебков // Евразийский энтомологический журнал. – 2018. – Т. 17. – № 1. – С. 53–60
2. Уссурийский полиграф в лесах Сибири [Текст] / С.А. Кривец, И.А. Керчев, Э.М. Бисирова, Н.В. Пашенова, Д.А. Демидко, В.М. Петько, Ю.Н. Баранчиков. – Томск: Изд-во «Умиум», 2015. – 48 с.
3. Friedman, J. H. Greedy Function Approximation: A Gradient Boosting Machine [Text] / J.H. Friedman // The Annals of Statistics. – Vol. 29. – No. 5. – 2001. – pp. 1189–1232
4. Haralick, R.M. Textural Features for Image Classification [Text] / R. M. Haralick, K. Shanmugam, I. Dinstein // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. – Vol. SMC-3. – No. 6. – 1973. – pp. 610–621.
5. Rahman, M.A. Optimizing Intersection-Over-Union in Deep Neural Networks for Image Segmentation. In: Advances in Visual Computing. ISVC 2016 [Text] / M.A. Rahman, Y. Wang // Lecture Notes in Computer Science. – Springer, Cham. – 2016. – pp. 234–244
6. SegNet: A Deep Convolutional Encoder-Decoder Architecture for Image Segmentation. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1511.00561>
7. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1505.04597>

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ГЕОХИМИЧЕСКИХ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ КОМПОНЕНТОВ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВЬЮН (РЕСПУБЛИКА САХА – (ЯКУТИЯ))

Мишанькин А.Ю.

Научный руководитель - профессор Е.Г. Язиков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Геохимические методы – один из наиболее часто применяемых способов поисков полезных ископаемых во всём мире. Причиной тому является их высокая результативность и универсальность. Практически любое полезное ископаемое отличается развитием ореолов основных химических элементов и сопутствующих элементов (элементов-спутников) в различных компонентах природной среды и может быть обнаружено с помощью геохимических методов поиска [3].

Также геохимические методы активно используются при выполнении комплексных эколого-геохимических исследований состояния компонентов природной среды различных территорий. Такими территориями могут являться урбанизированные районы [9], промышленные зоны, месторождения полезных ископаемых и др.

Как известно, для месторождений зачастую необходимо проведение эколого-геохимической оценки территории по данным изучения различных компонентов природной среды. Подобного рода работы могут отличаться своим назначением, например, они могут организовываться для выявления степени эколого-геохимической опасности месторождения, установления класса опасности различных отходов горнодобывающей промышленности [1]. Также в отдельную категорию могут быть выделены фоновые эколого-геохимические работы в границах месторождений полезных ископаемых.

В настоящей работе приводятся результаты фоновой эколого-геохимической опробования территории золоторудного месторождения Вьюн, которое расположено в Верхоянском районе Республики Саха – (Якутия) и относится к Эльгенджинскому рудно-россыпному узлу Адычанской золотоносной зоны (Яно-Колымский золотоносный пояс).

Фактические материалы для выполнения работы (пробы почв, поверхностных вод и донных отложений водотоков, коры лишайницы даурской (*L. dahurica* Turcz.) и ягеля (*Cladonia rangiferina*)) были получены в ходе проведения эколого-геохимических исследований на территории золоторудного месторождения Вьюн сотрудниками кафедры Геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета в 2017 г. Всего было отобрано 19 проб почвенного покрова, 13 проб поверхностных вод водотоков, 13 проб донных отложений водотоков, 18 проб коры лишайницы даурской и 19 проб ягеля.

Исследования проводились согласно существующим методическим рекомендациям. Пробы отбирались и обрабатывались по стандартным методикам в соответствии с нормативными документами.

Количественный химический анализ проб компонентов природной среды проводился в аккредитованных лабораториях методом масс-спектрометрии (МС-ИСП). Данный метод позволяет определять концентрации широкого спектра химических элементов, отличается высокой чувствительностью и способностью определять ряд металлов и нескольких неметаллов в концентрациях до 10^{-10} %.

Целью исследований являлось установление фоновых концентраций химических элементов в вышеуказанных компонентах природной среды территории золоторудного месторождения Вьюн (на