

## Разработка методики актуализации информации о лесном участке с использованием снимков со спутников и малых БПЛА

Р.А. Алешко<sup>1</sup>, А.А. Алексеева<sup>1</sup>, К.В. Шошина<sup>1</sup>, А.П. Богданов<sup>2</sup>, А.Т. Гурьев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова  
Архангельск, 163002, Россия  
E-mail: r.aleshko@gmail.com

<sup>2</sup>Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства  
Архангельск, 163062, Россия  
E-mail: aleksandr\_bogd@mail.ru

В статье приведены наиболее значимые моменты научно-практического исследования по применению спутниковых и аэроснимков для актуализации информации о лесном участке. В работе представлены беспилотные летательные аппараты, применяемые для выполнения аэросъемки, а также их тактико-технические характеристики. Показано, каким образом, используя методы обработки спутниковых снимков для фиксации крупных изменений в растительном покрове и методов обработки детальных аэроснимков, актуализировать данные о лесном участке. На примере пробной площади описана методика автоматизированного выделения контуров крон, расчета диаметра ствола и запаса древесины на лесном участке. В рамках методики использованы морфологические методы обработки цифровых изображений, геоинформационные средства представления и обработки пространственной информации, а также результаты статистических наблюдений ведущих ученых в сфере лесного хозяйства. Полученные результаты были проверены на нескольких пробных площадях в полевых условиях инструментальными и глазомерными средствами. Рассчитанный процент погрешности является допустимым при выполнении таксационного обследования. Методика применима для автоматизации процесса тематической интерпретации ортотрансформированных аэроснимков с пространственным разрешением 5–10 см на пиксель. Эксперименты, представленные в статье, проводились на снимках сомкнутых лесов севера европейской части России. Результаты исследования используются для актуализации устаревших лесотаксационных планов и таксационных описаний лесных участков.

**Ключевые слова:** цифровая обработка изображений, аэроснимки, космические снимки, БПЛА, лесной участок, актуализация информации

Одобрена к печати: 29.08.2017  
DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-5-87-99

### Введение

В последние несколько лет широкое развитие получили технологии беспилотной съемки для решения задач дистанционного зондирования. Предпосылками для этого являются: развитие средств хранения электрической энергии, а также удешевление конструкционных материалов корпуса и электроники.

Преимущества снимков с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) очевидны: это и пространственное разрешение, недоступное для других средств дистанционного зондирования; и относительная независимость от облачности и атмосферных искажений; оперативность получения. Однако главным преимуществом спутниковых снимков на данный момент была и остается возможность выполнения регулярной съемки удаленных и труднодоступных участков местности, а также наличие архивных данных на интересующую территорию. Поэтому сравнивать космическую и авиационную съемку с БПЛА, по нашему мнению, не совсем корректно, так как они решают разные задачи. Авиасъемка зачастую дополняет космическую с целью получения более детальных снимков территории.

В представленной работе предлагается совместное использование двух видов съемки для обновления информации о лесном участке на территории Архангельской области.

По архивным спутниковым снимкам выявлялись антропогенные и стихийные изменения на участке, по детальным снимкам с БПЛА анализировались характеристики лесных древостоев.

Во многом развитие средств съемки с БПЛА предвосхищает развитие спутниковой съемки. Так или иначе, спутниковая съемка развивается по пути увеличения пространственного разрешения, а автоматизированные методы обработки снимков с БПЛА впоследствии (при достижении спутниковыми приборами необходимых параметров) могут быть применены к спутниковой съемке.

Исследование свойств объектов лесной растительности с использованием данных дистанционного зондирования проводится на протяжении длительного периода времени в работах многих российских и зарубежных ученых (Сухих, 2005; Franklin, 2001; Wulder et al., 2006). Большинство работ в области определения параметров лесных древостоев по данным дистанционного зондирования были ориентированы на данные спутниковой съемки среднего и высокого разрешения. Часто данные с космических аппаратов не позволяют определить характеристики лесов с необходимой точностью. При этом использование съемки с авиационных средств зачастую является экономически необоснованным и значительно увеличивает стоимость проведения лесоинвентаризационных работ.

Все чаще появляются исследования, направленные на создание альтернативных методов получения и обновления данных о лесах (Bater et al., 2011; Wulder et al., 2013). Одним из приоритетных и экономически эффективных направлений, с точки зрения получаемого картографического и атрибутивного материала, является обработка данных с малых БПЛА. Нельзя не согласиться с тем утверждением, что обработка аэрофотоснимков для решения задач лесоинвентаризации является задачей очень затратной и трудоемкой по времени. В данной ситуации не обойтись без создания новых автоматизированных методик и реализации их в программных системах для применения на практике специалистами. Алгоритмы, основанные на использовании сегментации методом водораздела и его расширения на базе маркеров, разработаны сравнительно недавно (Gao et al., 2004; Nguyen, Worring, Boomgaard, 2003) и применялись в основном для анализа медицинских изображений (Ng et al., 2006; Letteboera, 2004), а также для изучения микроскопического строения органических материалов (Arslan, Ozyurek, Gunduz-Demir, 2014; Karvelis et al., 2008).

Опытная научно-исследовательская работа проводилась преимущественно в интересах лесопользователя и не ставила целью актуализацию всех лесотаксационных параметров на исследуемой территории. Наибольший интерес при осуществлении хозяйственной деятельности на лесном участке представляет запас древесины из расчета на гектар.

### **Используемые материалы и технологии**

Технологической основой получения данных о территории выступили малые БПЛА. Коллектив имеет опыт работы с двумя видами беспилотных съемочных аппаратов: аппарат типа «крыло» Supercam S350, а также аппарат роторного типа собственной разработки

(рис. 1). Основные тактико-технические характеристики аппаратного обеспечения приведены в табл. 1.

Таблица 1. Тактико-технические характеристики используемых БПЛА

Параметры	БПЛА	
	роторного типа	Supercam S350
Время полета, ч	0,5	4
Рабочая температура, °С	от -20 до +35	от -30 до +30
Максимальная допустимая скорость ветра, м/с	10	15
Размеры (размах крыла), м	0,68×0,68×0,2	3,5
Дальность полета, км	2	360



Рис. 1. Внешний вид используемых БПЛА

По данным аэро съемки был сформирован ортофотоплан территории с привязкой к географическим координатам. Наличие трехосевой системы стабилизации цифровой камеры на БПЛА позволило избежать искажений, связанных с различными углами визирования. Пространственное разрешение материалов аэро съемки — 5 см на пиксель.

Совместно с аэро съемкой использовались архивные спутниковые снимки с космических аппаратов Landsat 5 и 8 за период с 1996 по 2016 г.

В качестве опорного материала использовалась растровая карта лесных ресурсов на исследуемый участок предыдущего лесоустройства, а также таксационное описание в форме, принятой в государственных органах лесоуправления. Для подготовки картографической информации к дальнейшей работе было выполнено: привязка карты к географическим координатам; создание векторных слоев лесных кварталов, выделов, рек и ручьев, дорог.

При наложении векторного слоя на ортофотоплан с БПЛА были обнаружены некоторые несоответствия в квартальной сети, полученной с картографического материала: квартальная сеть не всегда совпадала с квартальными просеками на снимке. Была произведена корректировка векторного слоя.

Для разработки и тестирования разработанных методов и алгоритмов применялась открытая геоинформационная система QGIS и язык программирования Python.

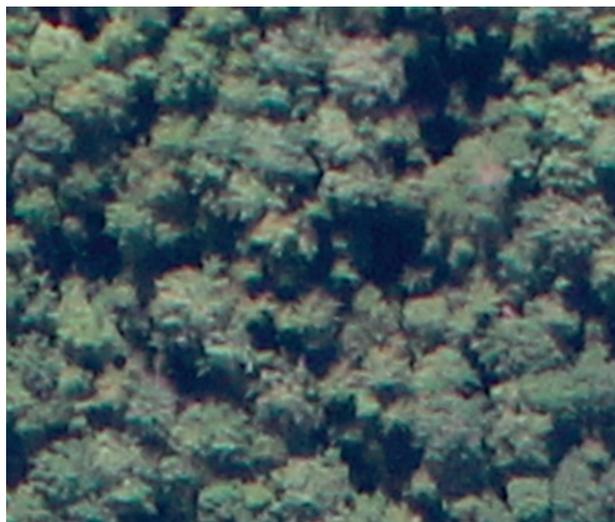
## Методика

В первую очередь были разграничены задачи, решаемые с использованием аэро- и космических снимков.

По архивным снимкам со спутника с использованием операции поиска изменений при сравнении разновременных изображений (change detection) были выделены области с произошедшими изменениями за период, начиная с последнего лесоустройства. Суть операции состоит в попиксельном сопоставлении двух спутниковых изображений с последующим отсечением изменившихся пикселей по пороговому значению. Анализировались пары снимков за небольшой период 1–3 года (в зависимости от наличия данных на территорию), и в атрибутах каждой выделенной области указывался период произошедших изменений. Это позволило идентифицировать возраст произошедших вырубок и последствий стихийных явлений.

В дальнейшем при апробации методики информация, полученная с использованием спутниковых снимков, позволила определить территорию, где в течение исследуемого периода не велась хозяйственная деятельность, не было других изменений и, как следствие, в спелых древостоях мала вероятность изменения преобладающей породы.

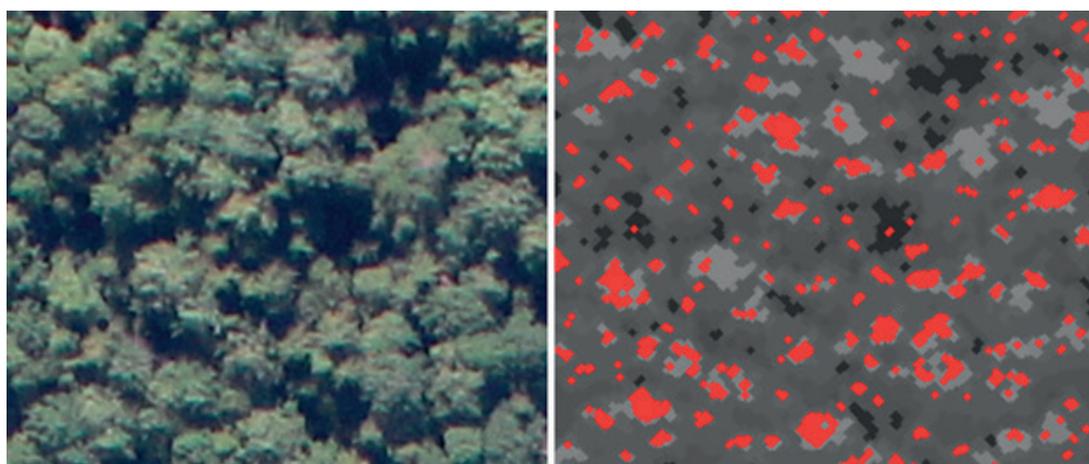
По аэроснимкам анализировались параметры лесных древостоев. Основными дешифровочными признаками при исследовании аэроснимков являются: размер, тон, форма крон деревьев (Сухих, 2005). Был проведен анализ данных признаков с использованием методов машинного зрения (Алешко, Гурьев, 2013а, б; Богданов и др., 2016; Aleshko et al., 2015; Guriev, Aleshko, 2009). На *рис. 2* показан исходный фрагмент снимка с БПЛА, на котором изображен лесной участок, пространственное разрешение снимка 5 см на пиксель. На изображении представлены кроны деревьев и межкрупные пространства.



*Рис. 2. Исходный аэроснимок*

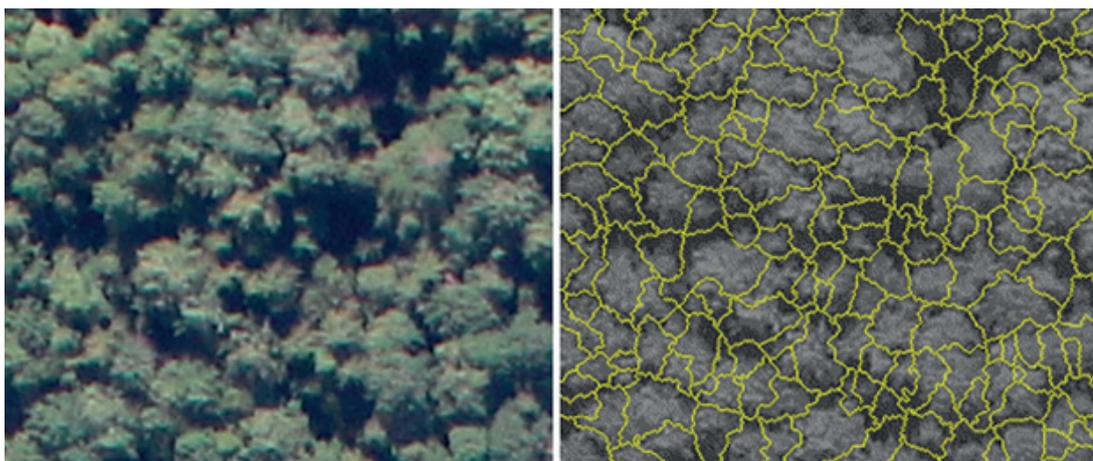
Исходное изображение было дано в градациях серого по формуле  $0,299R+0,587G+0,114B$ , где R, G, B — значения яркости пикселя в красной, зеленой и синей составляющих цветного изображения соответственно. К фрагменту снимка был применен ASF-фильтр

(alternating sequential filtering) с размером окна, равным 2 пикселям. Данный метод фильтрации изображения относится к алгоритмам морфологической обработки растра (Dougherty, Lotufo, 2003). С использованием фильтрации данного вида мы сгладили исходное изображение, добились улучшения информативности изображения с сохранением его топологии. Следующим шагом определялись локальные (regional maximum) максимумы яркости растра. На *рис. 3* представлен результат обработки исходного изображения с наложенными на него локальными максимумами.



*Рис. 3. Исходный аэроснимок (слева) и результат ASF-фильтрации и вычисления локальных максимумов изображения (справа)*

Далее к изображению была применена сегментация методом водораздела. При использовании данного метода растр представляется в качестве трехмерной поверхности, точки которого заданы двумя пространственными координатами, а в качестве высоты выступает уровень яркости. Результат применения алгоритма водораздела приведен на *рис. 4*.



*Рис. 4. Исходный аэроснимок (слева) и результат работы алгоритма сегментации методом водораздела (справа)*

Применение алгоритма сегментации по водоразделам часто приводит к эффекту избыточной сегментации, вызванной шумом и локальными экстремумами на изображении. Это означает получение огромного числа областей, выделенных при сегментации. Избыточная

сегментация может быть настолько значительной, что сделает результат практически бесполезным.

Подход, применяемый для управления избыточной сегментацией, основан на идее маркеров (Parvati, Prakasa Rao, Mariya Das, 2008). Маркером является связная компонента, принадлежащая изображению. В нашем случае в качестве маркеров были заданы выделенные ранее локальные максимумы яркости раstra. Результатом предложенной методики будет являться набор контуров крон деревьев в лесном массиве, полученных автоматизировано (рис. 5).

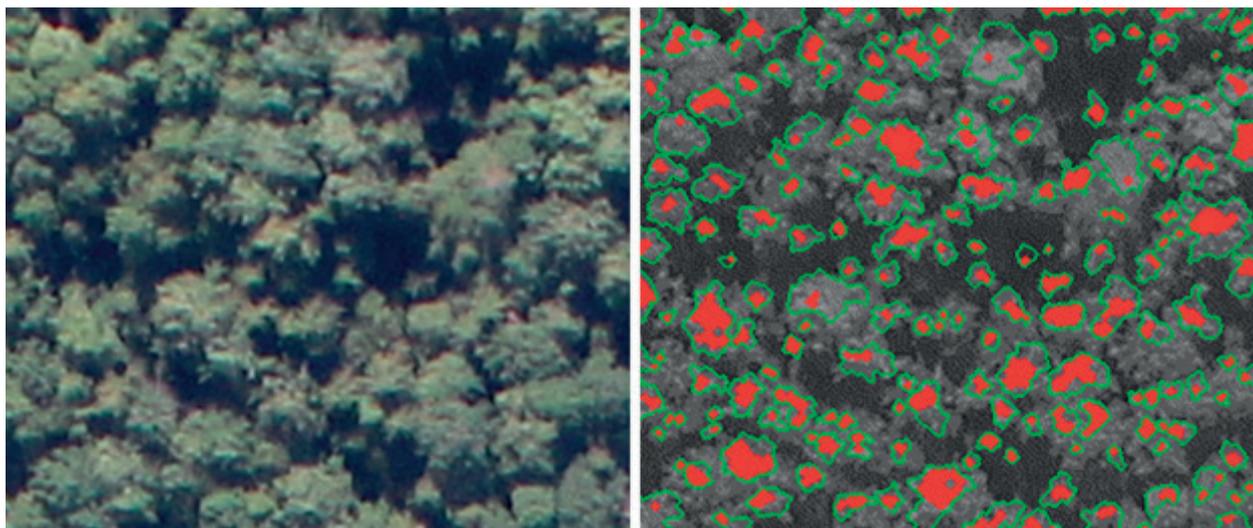


Рис. 5. Исходный аэроснимок (слева) и результат работы алгоритма сегментации методом водораздела с маркерами (справа)

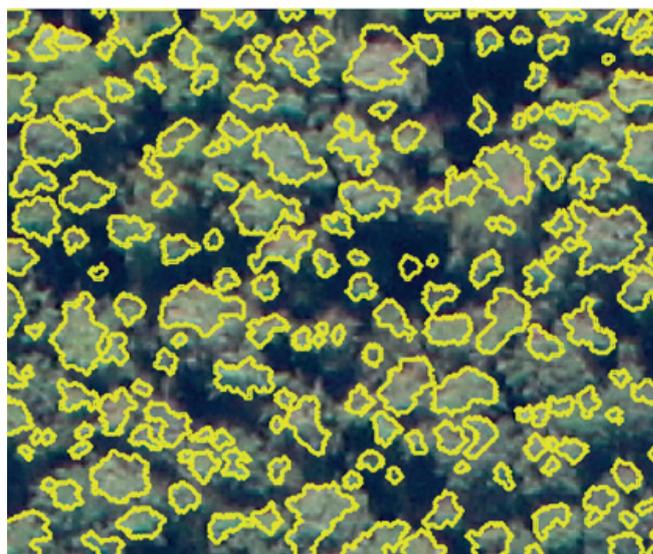
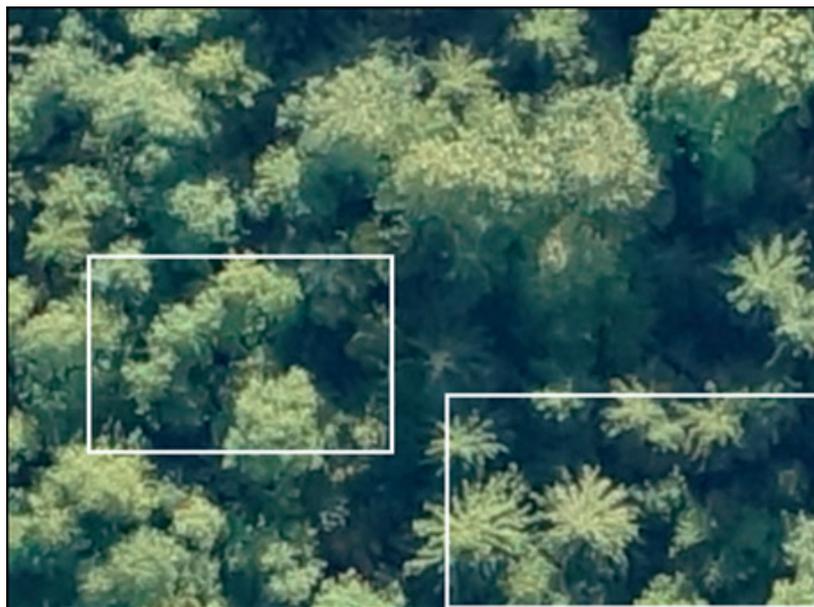


Рис. 6. Векторный слой контуров крон деревьев, наложенный на исходный снимок

Выделенные контуры зачастую не похожи на округлые формы проекций крон, приводимых в литературе (круг, овал, эллипсоид) и имеют аморфную форму. В данном случае это связано со значительными перепадами света и тени при съемке лесной растительности,

а также недостатками самого процесса съемки: зашумленность изображения; эффекты, получаемые при привязке к координатам и ортотрансформации цифрового снимка и др. Перечисленные факторы оказывают значительное влияние на работу алгоритма сегментации, но не являются решающими при дальнейшем определении параметров кроны.

После получения изображения с выделенными контурами кроны была проведена процедура их векторизации с целью интегрирования и последующей обработки в геоинформационной системе. Векторный слой контуров кроны, наложенный на исходный снимок с БПЛА, представлен на *рис. 6*.



*Рис. 7. Снимок полого смешанного леса*

Далее проанализированы полученные векторные контуры кроны деревьев.

При работе с аэрофотоснимками состав пород обычно определяется при помощи спектральных характеристик на спектрзональных снимках. К сожалению, этот метод недоступен в рамках выбранной концепции (малые БПЛА и неспециализированная фотоаппаратура). Поэтому для идентификации следует использовать признаки, считающиеся побочными: тон, форма кроны, текстура и прочие.

Наиболее удобным признаком, с точки зрения формализации, является тон, однако его использование может быть не всегда возможным. Рассмотрим, например, фрагмент (*рис. 7*), на котором представлены как хвойные, так и лиственные породы.

В данном случае березы (слева) и ели (справа внизу) практически неотличимы по тону. Это подтверждается сравнением гистограмм отдельных деревьев. На большом количестве летних аэрофотоснимков леса наблюдается такая же или похожая ситуация: тоновые характеристики разных пород деревьев или совпадают, или перекрываются настолько, что это делает невозможным реальное определение состава пород.

К сожалению, остальные признаки формализуются также довольно плохо. Формы кроны обладают еще большим разбросом, чем тон; текстуры, казалось бы, могут гарантировать

достаточную точность, но и они плохо формализуются в терминах машинного зрения. Поэтому вопрос надежного определения состава пород остается открытым.

Единственный параметр, который можно оценить с достаточной долей достоверности, используя полученные результаты, является размер кроны. Информации о диаметре кроны может быть вполне достаточно для решения многих задач лесопользователя.

Условно диаметр кроны может быть найден по площади кроны (которая довольно просто рассчитывается по имеющимся контурам крон в векторном слое). Исходя из того, что крона имеет округлую форму (при условии отсутствия перекрытия крон), диаметр кроны рассчитаем по следующей формуле:

$$D_{кр} = \sqrt{\frac{4S}{\pi}},$$

Исследованиями В.В. Кузьмичева (1977) установлена связь крон дерева с другими таксационными показателями для разных типов леса. Для перехода от диаметра кроны к диаметрам ствола дерева на высоте 1,3 м ( $d_{1,3}$ ), предлагается формула:

$$d_{1,3} = 7,86D_{кр} - 0,09D_{кр}^2 - 5,22,$$

где  $d_{1,3}$  — диаметр ствола дерева на высоте груди, см;  $D_{кр}$  — диаметр кроны дерева, м.

Одним из наиболее значимых для лесопользователей показателей лесных насаждений является запас древесины ( $m^3/га$ ). Используя полученные ранее значения диаметра на высоте груди  $d_{1,3}$ , вычислим объем стволов деревьев по формуле Денцина:

$$V = 0,001d_{1,3}^2,$$

где  $V$  — объем растущего дерева,  $m^3$ ;  $d_{1,3}$  — диаметр ствола дерева на высоте груди, см.

Формула дает удовлетворительные результаты для стволов деревьев высотой около 25 м. В иных случаях полученные объемы необходимо увеличить на 3% для каждого метра сверх 25 м и уменьшить на 3% для каждого метра ниже.

Далее рассчитаем запас по формуле (Гусев, 1992)

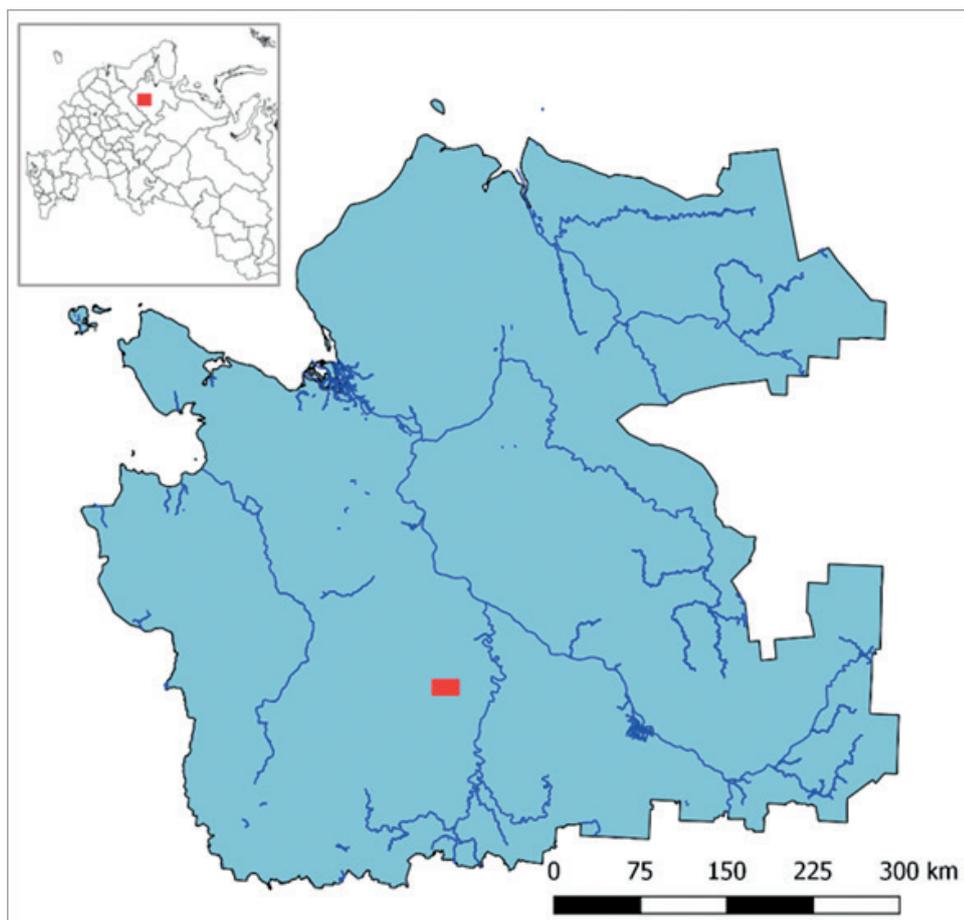
$$M = nV,$$

где  $M$  — запас древостоя,  $m^3/га$ ;  $n$  — количество деревьев по ступеням толщины, шт.

### Апробация методики

В качестве объекта исследования был выбран участок, находящийся в Тарнянском участковом лесничестве Шенкурского лесничества Архангельской области на территории

45-го квартала 39-го выдела. Месторасположение участкового лесничества на территории Архангельской области отмечено прямоугольником на *рис. 8*.



*Рис. 8. Месторасположение исследуемого участка*

По данным лесоустройства: тип леса, произрастающего на территории пробы — сосняк сфагновый багульниковый (С СФ БГ); состав древостоя — 10С. Здесь была заложена пробная площадь размером 0,83 га. По данным архивной спутниковой съемки было определено, что на рассматриваемой пробной площади не велось хозяйственной деятельности и не было других значительных изменений, следовательно, с большой долей вероятности, учитывая возраст насаждений, преобладающая порода осталась той же, что и при последнем лесоустройстве.

Таксационные показатели выдела, на котором расположена пробная площадь

Площадь выдела	19 га
Средний возраст	150 лет
Средняя высота	12 м
Средний диаметр	16 см
Класс возраста	7
Бонитет	5А
Тип леса, тип лесорастительных условий	С СФ БГ
Полнота	0,7
Запас сырастущего леса на га, м3	100

Результат определения запаса насаждения по методике, описанной ранее, приведен в табл. 2.

Таблица 2. Результат определения запаса насаждения

Ступень толщины, см	СОСНА				
	Кол-во деревьев, шт.	S поперечного сечения, см <sup>2</sup>		Запас	Запас на 1 га
		одного дерева	всех деревьев		
12	7	133,6	935,2	7,2	8,7
16	20	199,3	3 986,0	5,8	7,0
20	46	312,8	14 388,8	21,6	26,0
24	33	451,2	14 889,6	33,7	40,6
28	24	613,8	14 731,2	24,9	30,0
32	13	789,7	10 266,1	15,0	18,0
36	6	979,1	5 874,6	7,6	9,2
40	1	1314,0	1 314,0	2,7	3,2
Итого:	150	4793,5	66 385,5	118,4	142,6

Учитывая поправку формулы по высоте, запас на пробной площади составил 68,6 м<sup>3</sup>/га, в пересчете на гектар — 82,7 м<sup>3</sup>/га.

Полученные результаты были проверены на нескольких пробных площадях (табл. 3) в полевых условиях инструментальными и глазомерными средствами. Максимальная ошибка в расчете запаса насаждений составила 17,3%. Этот процент погрешности является допустимым для глазомерной таксации.

Таблица 3. Результат тестирования методики на различных пробных площадях

Номер пробы	Расположение пробы	Запас на 1 га, по дан- ным полевых иссле- дований, м <sup>3</sup> /га	Запас на 1 га, рассчи- танный с использова- нием методики, м <sup>3</sup> /га	Размер ошибки, %
1	Квартал 68, выдел 5	105	91,5	12,9
2	Квартал 45, выдел 6	91	80,1	11,9
3	Квартал 45 выдел 39	100	82,7	17,3
4	Квартал 44, выдел 6	93	84,9	8,7
5	Квартал 45, выдел 45	100	89,3	10,7
6	Квартал 70, выдел 32	90	87,7	2,5

## Обсуждение

Наличие объемного функционала, представленного в современных программных продуктах, предназначенных для тематической обработки данных дистанционного зондирования, часто не гарантирует быстрого получения точной и достоверной информации о территории. Во многих случаях требуется разработка специализированных методов и алгоритмов,

ориентированных на решение достаточно узкоспециализированной задачи. Одним из таких примеров является представленный в статье способ получения данных о запасе лесных насаждений по данным съемки с БПЛА.

Описанная в работе и подобные ей разработки позволят значительно ускорить процесс тематической интерпретации и обновления данных о лесных ресурсах, повысить достоверность информации о лесах за счет появления новых средств съемки и новых методов обработки получаемых аэрокосмических изображений.

## Заключение

Таким образом, в представленной статье авторами описана методика актуализации данных о лесных ресурсах на основе данных спутниковой и аэросъемки. Методика будет полезна для автоматизации процесса тематической интерпретации ортотрансформированных снимков с пространственным разрешением 5–10 см на пиксель. Эксперименты, представленные в статье, проводились на снимках сомкнутых лесов севера европейской части России.

В дальнейшем предполагается продолжить исследования в направлении разработки алгоритмов разделения кроновых комплексов на отдельные кроны, использования компактных мульти- и гиперспектральных камер для достоверного определения породного состава изучаемой лесной территории.

Исследование проводится при поддержке стипендии Президента Российской Федерации молодым ученым и аспирантам, осуществляющим перспективные научные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации российской экономики.

## Литература

1. *Алешко Р.А., Гурьев А.Т.* (2013а) Методика тематического дешифрирования спутниковых снимков лесных территорий на основе структурных моделей // Известия ВУЗов. Приборостроение. 2013. Т. 56. № 7. С. 76–77.
2. *Алешко Р.А., Гурьев А.Т.* (2013б) Структурное моделирование взаимосвязей дешифровочных признаков спутниковых снимков и таксационных параметров лесных насаждений // Труды СПИИРАН. 2013. Вып. 29. С. 180–189.
3. *Богданов А.П., Алешко Р.А., Шошина К.В., Демиденко С.А.* Использование материалов детальной спутниковой съемки для таксации лиственницы сибирской в Архангельской области // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2016. № 1 (349). С. 74–82. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.1.74.
4. *Гусев И.И.* Таксация древесного ствола срубленного и растущего дерева: учеб. пособие. Архангельск: Изд-во АЛТИ. 1992. 80 с.
5. *Кузьмичев В.В.* Закономерности роста древостоев. Новосибирск: Наука, 1977. 160 с.
6. *Сухих В.И.* Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве и ландшафтном строительстве. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. 392 с.
7. *Aleshko R.A., Guriev A.T., Shoshina K.V., Schenikov V.S.* Development of methodology for visualization and processing of geospatial data // Scientific Visualization. 2015. Vol. 7. Issue 1. P. 20–29.
8. *Arslan S., Ozyurek E., Gunduz-Demir C.* A color and shape based algorithm for segmentation of white blood cells in peripheral blood and bone marrow images // Cytometry. Part A. 2014. Vol. 85. Issue 6. P. 480–490.
9. *Bater C., Wulder M.A., Coops N.C., Nelson R.F., Hilker T., Næsset E.* Stability of sample-based scanning LiDAR-derived vegetation metrics for forest monitoring // IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing. 2011. Vol. 49 (6). P. 2385–2392.
10. *Dougherty E.R., Lotufo R.A.* Hands-on Morphological Image Processing. Series: Tutorial Texts in Optical Engineering. Vol. TT59. SPIE Press, 2003. 272 p.

11. Franklin S.E. Remote Sensing for Sustainable Forest Management. Lewis Publishers, 2001. 424 p.
12. Gao H., Xue P., Lin W. A new marker-based watershed algorithm // Circuits and Systems. 2004. ISCAS'04. Proc. 2004 Intern. Symp. 2004. Vol. 2. 2004. P. 81–84.
13. Guriev A.T., Aleshko R.A. Adapting the combined database of cartographic and attribute information of forest plantations by automating remote sensing data interpretation // Earth From Space — The most effective solutions / Research and development center ScanEx. Transparent world. BKL Publishers, 2009. P. 233–234.
14. Karvelis P.S., Tzallas A.T., Fotiadis D.I., Georgiou I. A Multichannel Watershed-Based Segmentation Method for Multispectral Chromosome Classification // Medical Imaging. IEEE Trans. 2008. Vol. 27. Issue 5. P. 697–708.
15. Letteboera M.M.J., Olsen O.F., Damb E.B., Willemse P.W.A., Viergevera M.A., Niessena W.J. Segmentation of tumors in magnetic resonance brain images using an interactive multiscale watershed algorithm // Academic Radiology. 2004. Vol. 11. Issue 10. P. 1125–1138.
16. Ng H.P., Ong S.H., Foong K.W.C., Goh P.S., Nowinski W.L. Medical Image Segmentation Using K-Means Clustering and Improved Watershed Algorithm // Image Analysis and Interpretation. 2006 IEEE Southwest Symp. 26–28 March 2006. P. 61–65.
17. Nguyen H.T., Worring M., Boomgaard R. Watersnakes: Energy-Driven Watershed Segmentation // IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2003. Vol. 25. No. 3. P. 330–342.
18. Parvati K., Prakasa Rao B.S., Mariya Das M. Image Segmentation Using Gray-Scale Morphology and Marker-Controlled Watershed Transformation // Discrete Dynamics in Nature and Society. 2008. Vol. 2008. 8 p. Article ID 384346. DOI: 10.1155/2008/384346.
19. Understanding Forest Disturbance and Spatial Pattern: Remote Sensing and GIS Approaches / eds. Wulder M.A., Franklin S.E. CRC Press (Taylor and Francis), 2006. 246 p.
20. Wulder M.A., Coops N.C., Hudak A.T., Morsdorf F., Nelson R., Newnham G., Vastarantag M. Status and prospects for LiDAR remote sensing of forested ecosystems // Canadian J. Remote Sensing. 2013. Vol. 39. No. S1. P. S1–S5.

## **Development of the methodology to update the information on a forest area using satellite imagery and small UAVs**

**R.A. Aleshko<sup>1</sup>, A.A. Alekseeva<sup>1</sup>, K.V. Shoshina<sup>1</sup>, A.P. Bogdanov<sup>2</sup>, A.T. Guriev<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk 163002, Russia  
E-mail: r.aleshko@gmail.com*

<sup>2</sup> *Northern Research Institute of Forestry, Arkhangelsk 163062, Russia  
E-mail: aleksandr\_bogd@mail.ru*

The article presents the most significant points of scientific and practical research on the application of satellite and aerial photographs to update information on a forest area. The work discusses unmanned aerial vehicles used for obtaining aerial photography, as well as their tactical and technical characteristics. It is shown how to update the data on a forest area using the methods of satellite image processing to record large changes in the vegetation cover and methods of processing detailed aerial images. Using the example of a trial plot, a technique for automated separation of crown contours, calculation of trunk diameter and timber stock in a forest area was described. Within the framework of the methodology, morphological methods of processing digital images, geoinformation tools for representing and processing spatial information, as well as results of statistical observations of leading scientists of forestry were used. The obtained results were checked on several trial plots by instrumental and eye measurements. The calculated error percentage is acceptable when carrying out a taxation survey. The methodology is applicable for automation thematic interpretation process of orthorectified aerial images with spatial resolution of 5–10 centimeters per pixel. The experiments presented in the article were carried out on the images of closed forests in the north of the Russia's European part. The results of the research are used to update the obsolete forest taxation plans and taxation descriptions of forest areas.

**Keywords:** digital image processing, aerial photographs, satellite imagery, UAV, forest area, information updating

*Accepted: 29.08.2017*

*DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-5-87-99*

### **References**

1. Aleshko R.A., Guriev A.T., Metodika tematiceskogo deshifirovaniya sputnikovykh snimkov lesnykh territorii na osnove strukturnykh modelei (Methodology satellite images thematic interpretation of forest areas based on structural models), *Izvestiya VUZov. Priborostroenie*, 2013, Vol. 56, No. 7, pp. 76–77.
2. Aleshko R.A., Guriev A.T., Strukturnoe modelirovanie vzaimosvyazei deshifirovochnykh priznakov sputnikovykh snimkov i taksatsionnykh parametrov lesnykh nasazhdenii (Structural modeling relationships between interpretive features of satellite imagery and forest inventory parameters), *Trudy SPIIRAN*, 2013, No. 29, pp. 180–189.

3. Bogdanov A.P., Aleshko R.A., Shoshina K.V., Demidenko S.A., Ispolzovanie materialov detalnoi sputnikovoi semki dlya taksacii listvennicy sibirskoi v Arhangel'skoj oblasti (Using of materials of detailed satellite imagery for the taxation of Siberian larch in the Arkhangelsk region), *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenii. Lesnoi zhurnal*, 2016, No. 1 (349), pp. 74–82. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.1.74.
4. Gusev I.I., *Taksatsiya drevesnogo stvola srublenogo i rastushchego dereva* (Taxation of trunk of felled or growing tree), Arkhangelsk: Izdatel'stvo ALTI, 1992, 80 p.
5. Kuzmichev V.V., *Zakonomernosti rosta drevostoev* (Regularities of forest stands growth). Novosibirsk: Nauka, 1977, 160 p.
6. Sukhikh V.I., *Aerokosmicheskie metody v lesnom khozyaistve i landshaftnom stroitel'stve* (Aerospace methods in forestry and landscape construction), Ioshkar-Ola: MarGTU, 2005, 392 p.
7. Aleshko R.A., Guriev A.T., Shoshina K.V., Schenikov V.S., Development of methodology for visualization and processing of geospatial data, *Scientific Visualization*, 2015, Vol. 7, Issue 1, pp 20–29.
8. Arslan S., Ozyurek E., Gunduz-Demir C., A color and shape based algorithm for segmentation of white blood cells in peripheral blood and bone marrow images, *Cytometry, Part A*, 2014, Vol. 85, Issue 6, pp. 480–490.
9. Bater C., Wulder M.A., Coops N.C., Nelson R.F., Hilker T., Næsset E., Stability of sample-based scanning LiDAR-derived vegetation metrics for forest monitoring, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2011, Vol. 49 (6), pp. 2385–2392.
10. Dougherty E.R., Lotufo R.A., *Hands-on Morphological Image Processing*, SPIE Press, 2003, 272 p.
11. Franklin S.E., *Remote Sensing for Sustainable Forest Management*, Lewis Publishers, 2001, 424 p.
12. Gao H., Xue P., Lin W., A new marker-based watershed algorithm, *Circuits and Systems, 2004, ISCAS'04. Proceedings of the 2004 International Symposium*, Vol. 2, 2004, pp. 81–84.
13. Guriev A.T., Aleshko R.A., Adapting the combined database of cartographic and attribute information of forest plantations by automating remote sensing data interpretation, *Earth From Space — The most effective solutions*, BKL Publishers, 2009, pp. 233–234.
14. Karvelis P.S., Tzallas A.T., Fotiadis D.I., Georgiou I., A Multichannel Watershed-Based Segmentation Method for Multispectral Chromosome Classification, *Medical Imaging, IEEE Transactions*, 2008, Vol. 27, Issue 5, pp. 697–708.
15. Letteboera M.M.J., Olsenb O.F., Damb E.B., Willemsc P.W.A., Viergevera M.A., Niessena W.J., Segmentation of tumors in magnetic resonance brain images using an interactive multiscale watershed algorithm, *Academic Radiology*, 2004, Vol. 11, Issue 10, pp. 1125–1138.
16. Ng H.P., Ong S.H., Foong K.W.C., Goh P.S., Nowinski W.L., Medical Image Segmentation Using K-Means Clustering and Improved Watershed Algorithm, *Image Analysis and Interpretation, 2006 IEEE Southwest Symposium*, 26–28 March 2006, pp. 61–65.
17. Nguyen H.T., Worrington M., Boomgaard R., Watersnakes: Energy-Driven Watershed Segmentation, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2003, Vol. 25, No. 3, pp. 330–342.
18. Parvati K., Prakasa Rao B.S., Mariya Das M., Image Segmentation Using Gray-Scale Morphology and Marker-Controlled Watershed Transformation, *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2008, Vol. 2008, 8 p. Article ID 384346, DOI:10.1155/2008/384346.
19. *Understanding Forest Disturbance and Spatial Pattern: Remote Sensing and GIS Approaches*, Eds. Wulder M.A., Franklin S.E., CRC Press (Taylor and Francis), 2006, 246 p.
20. Wulder M.A., Coops N.C., Hudak A.T., Morsdorf F., Nelson R., Newnham G., Vastarantag M., Status and prospects for LiDAR remote sensing of forested ecosystems, *Canadian Journal of Remote Sensing*, 2013, Vol. 39, No. S1, pp. S1–S5.