

Оценка биометрических и морфоструктурных характеристик сосновых древостоев на основе высокодетальной аэрокосмической съемки

аспирант 3 года обучения

Никитина Алена Дмитриевна

научный руководитель

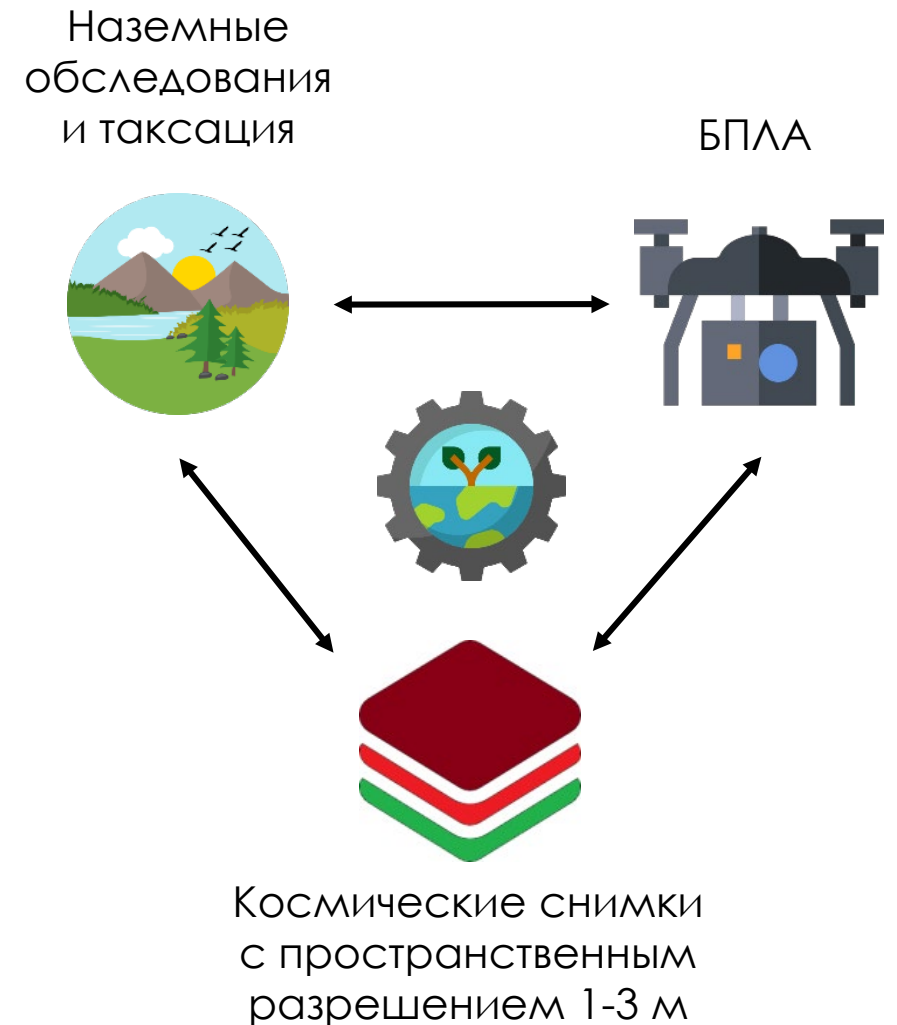
в.н.с., к.г.н. Князева Светлана Владимировна



ФГБУН «Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН»

Цель исследования

Определение и картографирование биометрических и морфоструктурных характеристик сосновых древостоев, необходимых для оценки ресурсного потенциала и экосистемных функций лесов, по данным оптической высокодетальной аэрокосмической съемки.



Задачи исследования

1. Выявить при помощи статистических методов и пространственного анализа взаимосвязи между характеристиками древостоев и их дешифровочными признаками на спутниковых снимках сверхвысокого пространственного разрешения, аэроснимках и цифровой модели местности, полученных с беспилотного летательного аппарата.
2. Разработать методику определения характеристик древостоев на основе полученных зависимостей, включающую обоснование оптимальных способов совместной обработки дистанционных данных разной детальности, оценку возможностей и ограничений алгоритмов, точности автоматизированного дешифрирования.
3. Составить серию карт биометрических и морфоструктурных характеристик древостоев, полученных дистанционными методами, используя методы картографо-математического моделирования.

Актуальность

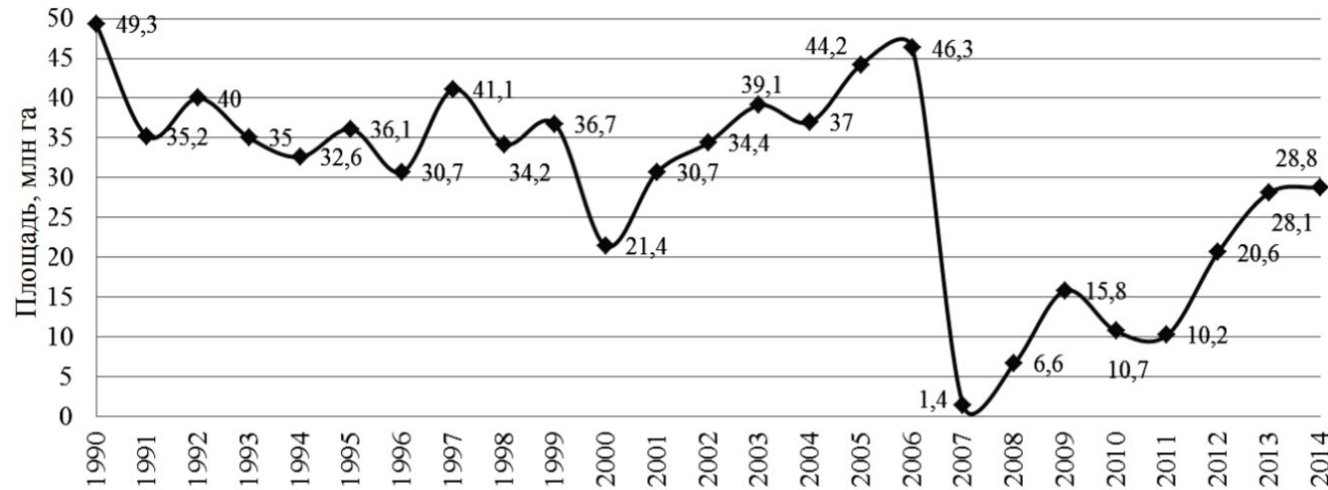
Диссертационное исследование находится в перспективном тренде по разработке способов комплексирования результатов тематической обработки спутниковых данных сверхвысокого пространственного разрешения и выборочной аэрофотосъемки с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и направлено на методическое обеспечение задач дистанционного определения характеристик древостоев в целях оценки наземной фитомассы древесных растений.

Актуальность работы обусловлена необходимостью оперативного получения и обновления данных о характеристиках древостоев на локальном уровне в условиях сокращения объемов наземных обследований лесов и устаревания лесоустроительной информации для большинства регионов страны. В настоящее время необходима автоматизация и совершенствование традиционных способов обработки аэрофотоснимков применительно к материалам съемок с БПЛА и разработка новых методов анализа изображений с использованием перспективных технологий и алгоритмов.

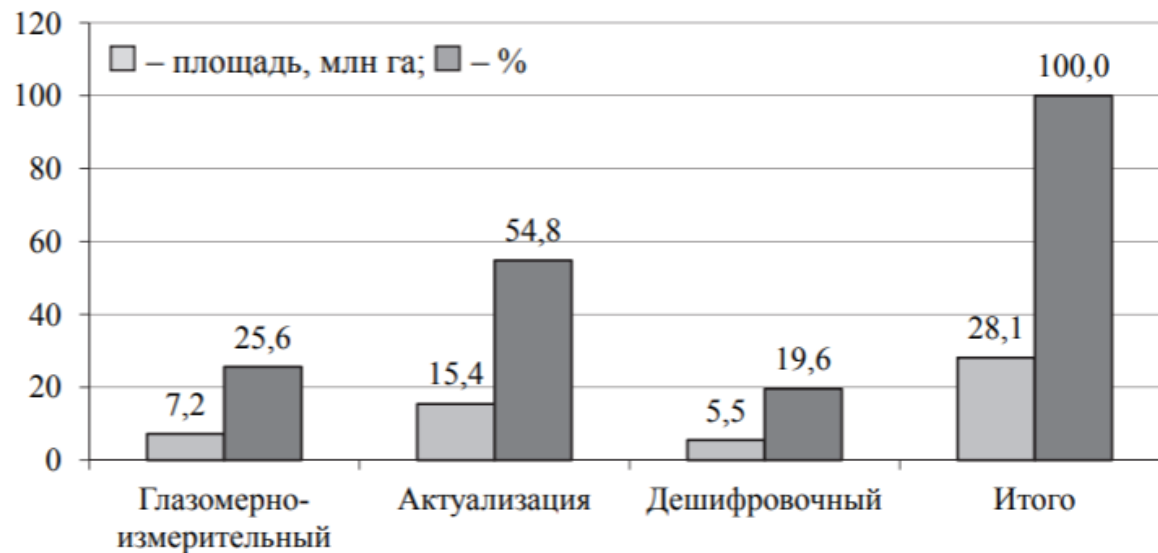
Изучение сосновых лесов актуально как для особо охраняемых природных территорий, так как сосна является одной из наиболее распространенных лесообразующих пород, так и для лесного хозяйства, где сосна является хозяйственно-ценной древесной породой. Выбор модельных территорий позволит достаточно полно охватить типологическое, ландшафтное и сукцессионное разнообразие сосняков хвойно-широколиственной зоны европейской части России .

Актуальность

Площадь лесоустроительных работ за период 1990-2014 гг.



Распределение лесоустроительных работ за 2013 г. по методам таксации насаждений



Актуальность работы обусловлена необходимостью оперативного получения и обновления данных о характеристиках древостоев на локальном уровне в условиях сокращения объемов наземных обследований лесов и устаревания лесоустроительной информации для большинства регионов страны. В настоящее время необходима автоматизация и совершенствование традиционных способов обработки аэрофотоснимков применительно к материалам съемок с БПЛА и разработка новых методов анализа изображений с использованием перспективных технологий и алгоритмов.

Актуальность

Основные виды деревьев	Год учёта						
	1993	1998	2003	2008	2013	2014	2015
Хвойные:							
Сосна	114 326	116 740	117 473	116 656,1	119 906,1	119 493,1	119 259,7
Ель	75 866,3	77 658	77 198,4	77 363,9	77 748,9	77 706,9	77 742,3
Лиственница	263 348	265 719	264 287	275 201,8	275 383,2	275 320,1	274 827,1
Кедр	39 797,6	41 033,2	40 852	38 792,8	38 893,8	38 882,5	38 859,9
Твердолиственные:							
Дуб высокоствольный	3808	3719	3633,7	3623,5	3681,4	3678,8	3704,3
Дуб низкоствольный	2971,3	3110,3	3200	2947,2	3194	3181,5	3172,7
Бук	701,3	786	789,6	683,6	685,4	685,5	686,4
Мягколиственные:							
Береза	87 732,5	94 170,5	97 950	104 010,4	117 268,6	117 595,2	117 722,8
Осина	18 907,9	20 035	20 573,4	21 379,2	23 942,3	24 042	24 105

Изучение сосновых лесов актуально как для особо охраняемых природных территорий, так как сосна является одной из наиболее распространенных лесообразующих пород, так и для лесного хозяйства, где сосна является хозяйственно-ценной древесной породой. Выбор модельных территорий позволит достаточно полно охватить типологическое, ландшафтное и сукцессионное разнообразие сосняков хвойно-широколиственной зоны европейской части России.

Новизна

1. Выявление зависимостей между параметрами сосновых древостоев, произрастающих в зоне хвойно-широколиственных лесов европейской части России (Московская, Калининградская, Смоленская и Брянская области) и характеристиками изображения древесного полога на аэроснимках БПЛА и космических снимках сверхвысокого пространственного разрешения, оценка вариабельности тесноты связи для разных сосновых лесов. Результаты исследования внесут новый вклад в базу знаний об особенностях взаимосвязей характеристик крон и межкроновых промежутков полога с основными параметрами древостоев (высота, диаметр ствола, возраст, сомкнутость и сложность морфоструктуры полога, густота деревьев).
2. Методическое обоснование оптимальных способов обработки и классификации высокодетальных дистанционных данных с оценкой точности выделения крон и определения параметров древостоев. На основе анализа возможностей и ограничений совместного использования материалов космической и аэросъемки будут разработаны способы комплексирования дистанционных данных, систематизированы и предложены алгоритмы и технологическая последовательность этапов тематической обработки снимков и цифровой модели местности.
3. Картографическое моделирование биометрических и морфоструктурных характеристик древостоев (стволов и крон деревьев) для оценки надземной фитомассы сосняков, продукционной и средообразующей функций леса. Картографическое представление характеристик крон деревьев (средняя площадь горизонтальной проекции, форма, объем) позволит развить и усовершенствовать методологию картографирования лесов на локальном уровне и обеспечит информационную основу для пространственной оценки фитомассы крон деревьев, которую сложно получить наземными методами.

План работ (2021 г.)

1.1. Аналитический обзор научных публикаций по теме диссертации. Подготовка статьи в научный журнал, представляющий обзор современных методов обработки высокодетальных спутниковых данных и снимков с БПЛА для определения характеристик лесов.

1.2. Экспедиционные полевые работы на территории Брянской и Смоленской областей с целью определения характеристик сосновых древостоев наземными методами на пробных площадях и проведения съемочных работ с БПЛА.

1.3. Объектно-ориентированная обработка ортофотопланов и ЦММ, полученных БПЛА, включающая сегментацию изображений и выделение крон деревьев (визуальное и автоматизированное) для пробных площадок в Смоленской, Брянской областях. Сравнение результатов работы алгоритмов и выбор наиболее оптимальных параметров автоматической сегментации. Расчет геоинформационными методами характеристик выделенных крон (площадь, периметр, отношение периметр/площадь, расстояние между вершинами, форма и др.)

1.4. Оценка взаимосвязей методами регрессионного моделирования между биометрическими и морфоструктурными параметрами сосновых древостоев, определенных методами полевых наземных обследований на пробных площадях, и характеристиками крон деревьев, выделенных на ортофотопланах и цифровой модели высот полога (ЦМП).

1.5. Объектно-ориентированная обработка и классификация спутниковых данных WorldView-2 и 3 для сосновых лесов Куршской косы. Автоматизированная сегментация изображений для выделения кронового и межкронового пространства и расчет спектральных и текстурных характеристик.

1.6. Оценка взаимосвязей между параметрами сосновых древостоев, определенных методами наземных обследований при лесоустройстве и на пробных площадях, и спектрально-текстурными характеристиками космических снимков.

Объекты исследования



Калининградская область
НП «Куршская коса»



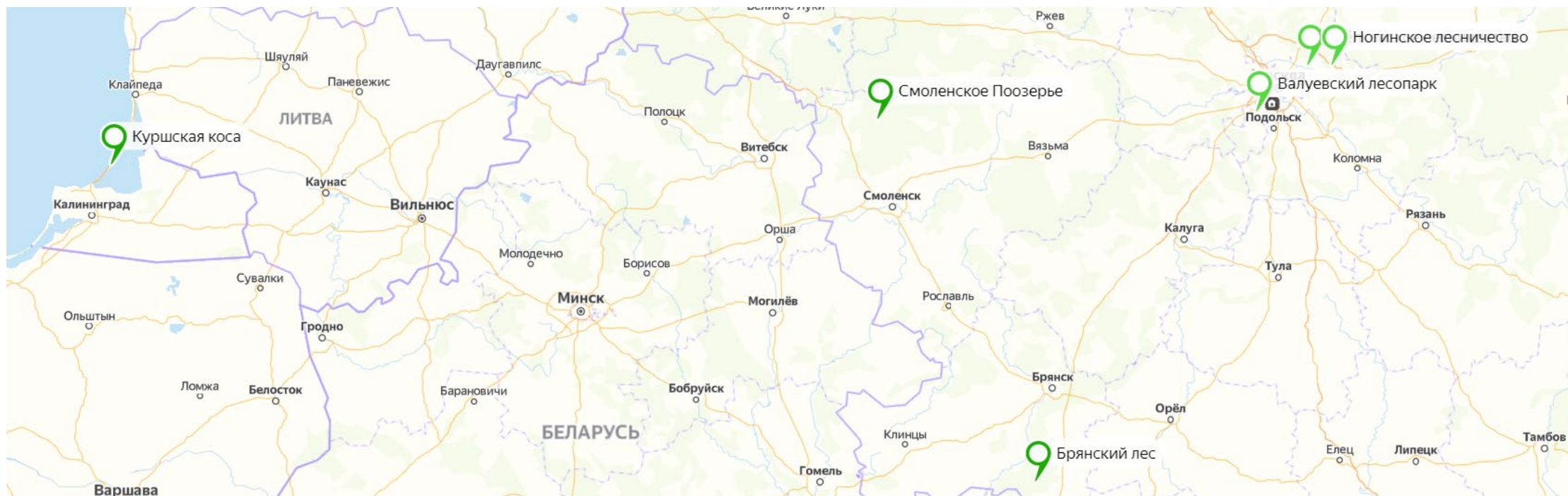
Брянская область
ГПБЗ «Брянский лес»

Сосняки разновозрастные:
- молодые (0-40 лет)
- средневозрастные (40-80 лет)
- старовозрастные (80+)

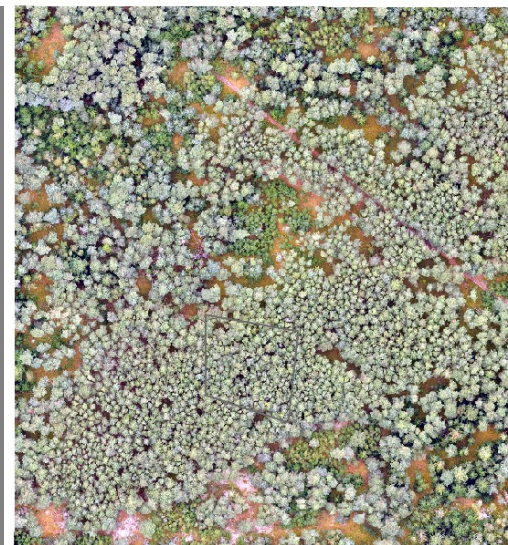
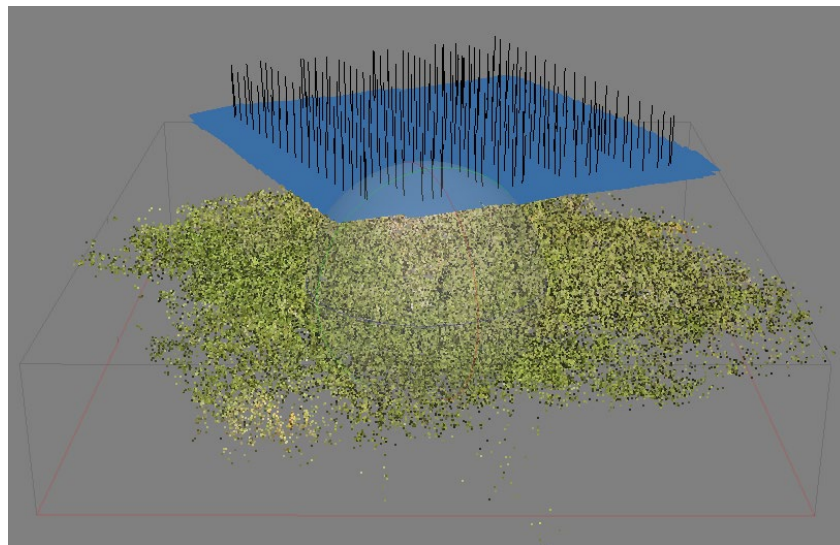


Смоленская область
НП «Смоленское Поозерье»

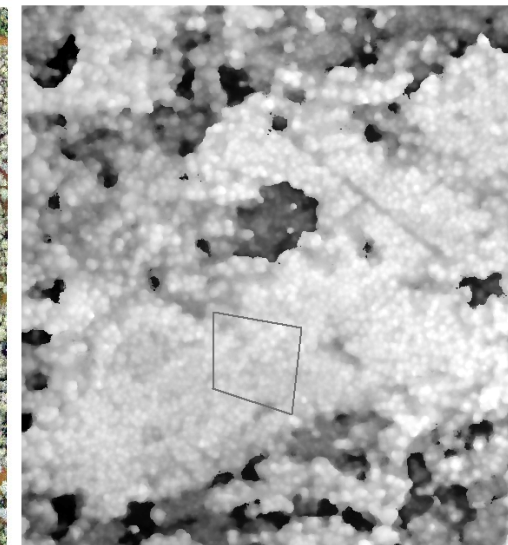
Московская область
Ногинское лесничество
Щелковское лесничество
Валуевский лесопарк



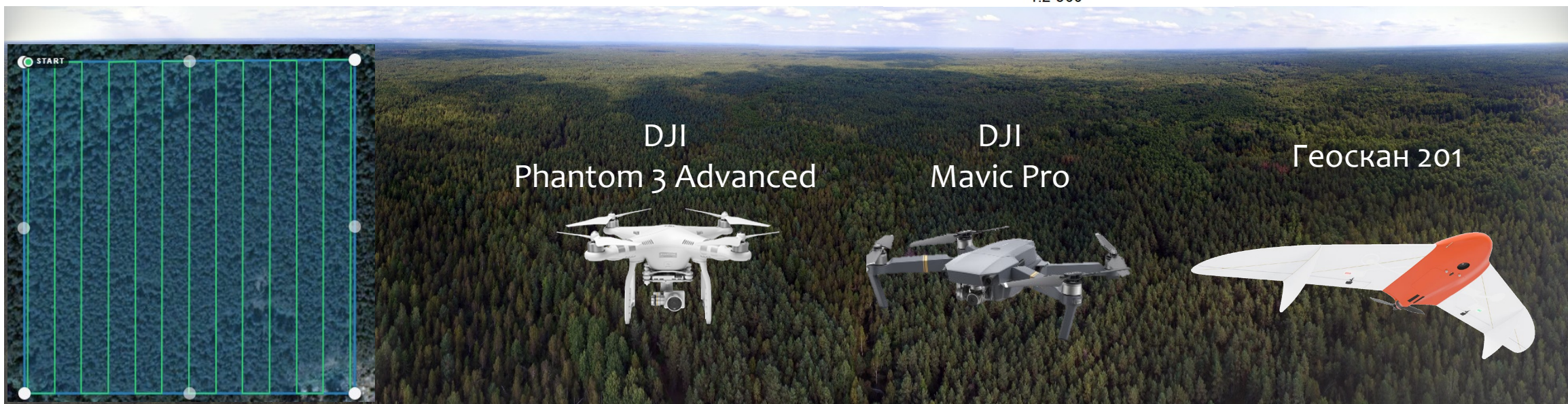
Съемка БПЛА



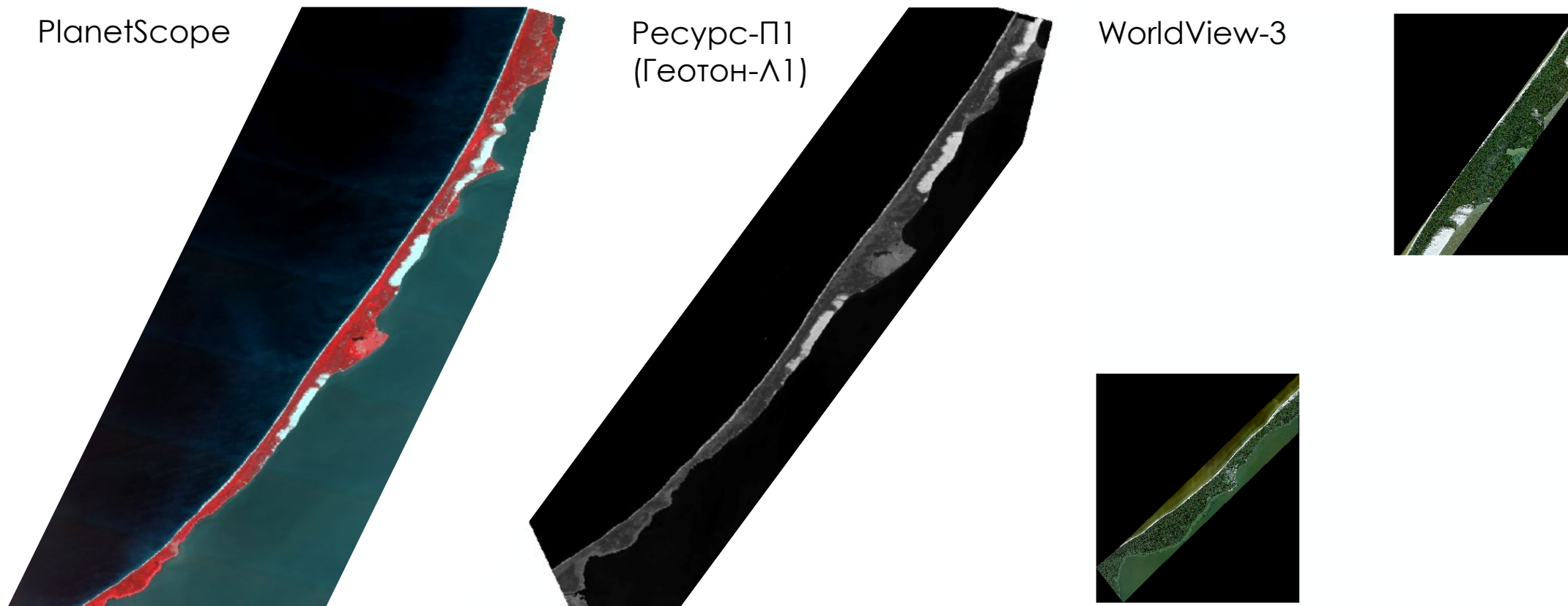
1:2 500



1:2 500



Космические снимки сверхвысокого пространственного разрешения



Спутники	Разрешение	Даты
Ресурс-П1 (Геотон-Л1)	3 м (мультиспектр.), 1 м (панхром.)	31.03.2017, 09.06.2018
PlanetScope	3,6 м (мультиспектр.)	Снимки 2016-2018 гг.: весна, лето, осень
WorldView-3	0,7 м(панхром.) 2,8 (мультиспектр.)	Август 2018

Количество участков со съемкой БПЛА и наземной таксацией

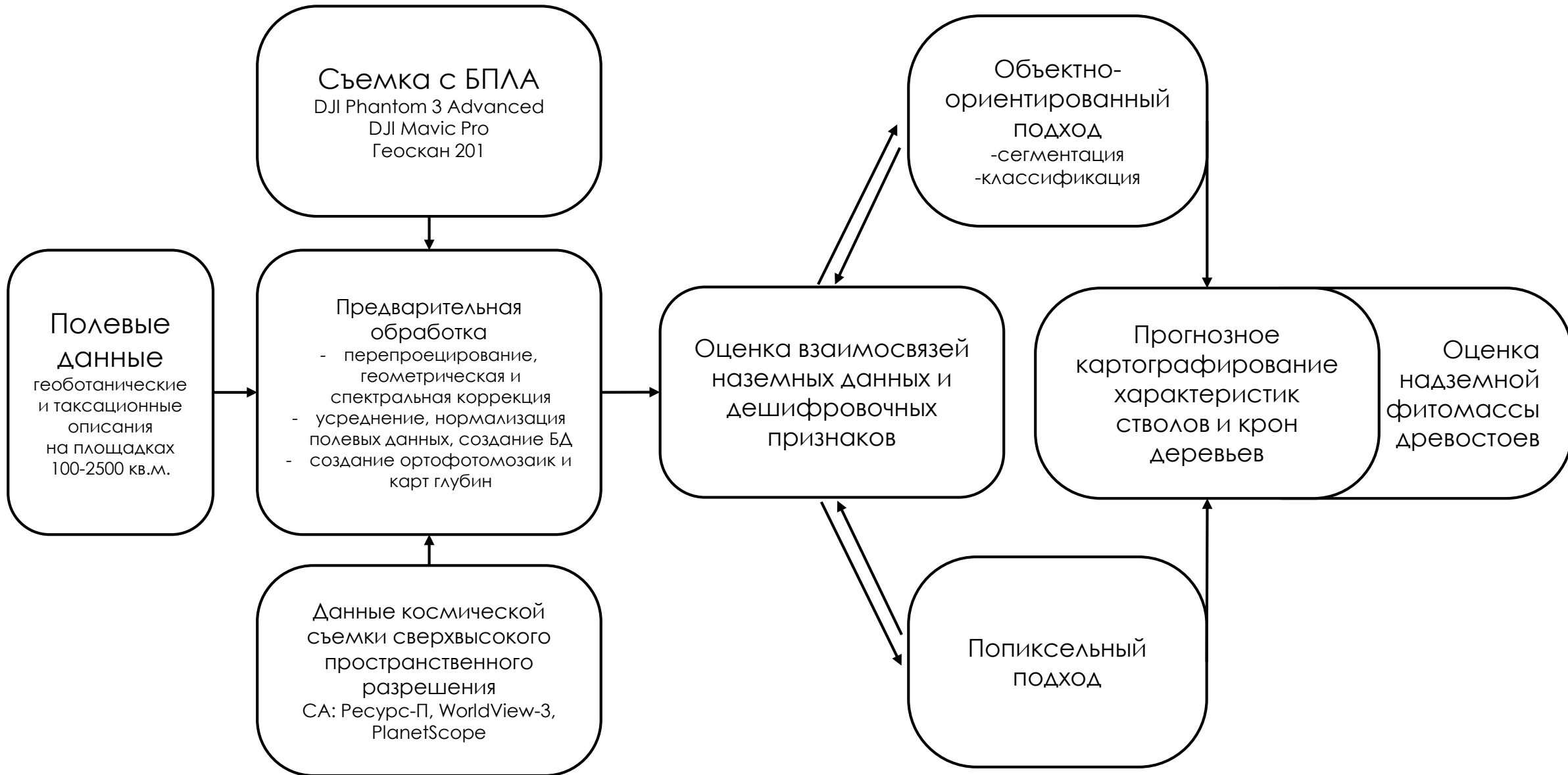


Объект	Возрастная группа (лет)	Подсекции по классификации Л.Б.Заугольной						
		Сосняк зеленомошно-лишайниковый	Сосняк ксерофитно-зеленомошный	Сосняк мелкотравно-бореальный	Сосняк мелкотравно-зеленомошный	Сосняк кустарничково-зеленомошный	Сосново-еловый кустарничково-зеленомошный	Сосняк сложный с липой и дубом
Куршская коса	10-40	2 (III, V)	2 (III, V)		1 (III)	1 (III)		
	40-80	2 (IV, V)	4 (3 - III, IV)					
	80+	1 (III)	6 (II, 4 - III, IV)	1 (IV)	2 (III)	2 (III)		
Смоленское Поозерье	10-40		4	1	3			
	40-80					4 (I)		
	80+				1 (I)	1 (II)	1 (II)	
Брянский лес	40-80					3 (I, 2- II)		1 (I)
	80+							1 (I)

*Римскими цифрами указан бонитет древостоя

Объекты Московской области
Съемка БПЛА на территориях
с данными лесоустройства

Основные этапы работы



Космическая съемка для определения характеристик древостоя

Характеристика	Объект исследования	Спутник	Источник	Методы сегментации	Методы классификации и оценки точности	Параметры точности и ошибки
Биометрические параметры древостоев						
Объем ствола (м³) для отдельных деревьев	Можжевельное редколесье, <i>Турция</i>	QuickBird	Ozdemir, 2008	bottom-up	Визуальное дешифрирование, ISODATA, (OBIA) k-NN; LR	$R^2_{adj} = 0.64 - 0.67$; RMSE = 12.0 - 13.0%
Запас стволовой древесины (м³/га)	Чистые сосновые насаждения, <i>Турция</i> ; Бореальный смешанный лес, <i>Канада</i> ; Смешанные леса, <i>Россия</i>	WorldView-2, QuickBird, IKONOS	Ozdemir, Karnieli, 2011; Chen et al., 2012; Жирин и др., 2018; Günlü. at al., 2019;	пороговая, multiresolution, chessboard	Аллометрические уравнения, MLR, NN-MLP, NN-RBF, (OBIA) k-NN, stepwise MLR, кусочно-линейная регрессия	$R^2_{adj} = 0.32 - 0.56$, RMSE = 29.76% - 36.91%; $r = 0.85$, RMSE = 52.59; $R^2 = 0.42$, RMSE = 27.18; $R^2=0.798$, RMSE = 18.5%
Возраст	Смешанные леса, <i>Бельгия, Россия</i> ; Бореальный смешанный лес, <i>Канада</i>	QuickBird IKONOS	Kayitakire et al., 2006; Chen et al., 2012; Жирин и др., 2018	пороговая, multiresolution	LR, кусочно-линейная регрессия, (OBIA) k-NN	$R^2 = 64.6 - 89\%$, RMSE = 3.37
Высота	Смешанные леса, <i>Россия, Бельгия</i>	IKONOS	Kayitakire et al., 2006; Жирин и др., 2018	пороговая	LR, кусочно-линейная регрессия	$r = 0.77 - 0.9$, $R^2 = 58.7 - 80.6\%$ $R^2 = 0.76$, RMSE = 2.06 м
Полнота	Смешанные леса, <i>Россия</i>	IKONOS	Жирин и др., 2018	пороговая	Кусочно-линейная регрессия	$r = 0.82-0.87$, $R^2 = 67.8 - 76.8\%$
Сомкнутость	Смешанные насаждения сосны и тополя, <i>Турция</i>	IKONOS	Bulut et al., 2019		MLC, SVM polynomial, CNN	OT = 88.79 - 91.17 %, KK = 0.85 - 0.88
Количество деревьев (N/га)	Плانتации сосны, <i>Израиль</i> ; Чистые сосновые насаждения, <i>Турция</i> ; Смешанные леса, <i>Бельгия</i>	WorldView-2 IKONOS	Kayitakire et al., 2006; Ozdemir, Karnieli, 2011; Günlü. at al., 2019	chessboard	stepwise MLR, NN-MLP, NN-RBF, LR	$R^2 = 0.38$, RMSE = 109.56; $R^2_{adj} = 0.33 - 0.37$, RMSE = 53.71 - 55%; $R^2 = 0.82$, RMSE = 0.305
Диаметр	Тропический влажный лиственный лес, плантации, <i>Индия</i>	WorldView-2	Pandey et al., 2020	multiresolution	stepwise MLR	$R^2 = 0.53 - 0.78$
Sd диаметра	Плانتации сосны, <i>Израиль</i>		Ozdemir, Karnieli, 2011	chessboard	stepwise MLR	$R^2 = 0.67$, RMSE = 0.7
Категории по диаметру	Смешанные насаждения сосны и тополя, <i>Турция</i>	IKONOS	Bulut et al., 2019		MLC, SVM polynomial, NN	OT = 93.24 - 95.95%, KK = 0.9 - 0.94
Базальная площадь	Плانتации сосны, <i>Израиль</i> ; Чистые сосновые насаждения, <i>Турция</i>	WorldView-2	Ozdemir, Karnieli, 2011; Günlü. at al., 2019	chessboard	stepwise MLR, MLR, NN-MLP, NN-RBF	$R^2 = 0.54$, RMSE = 1.79 м ² /га $R^2_{adj}=0.34-0.51$, RMSE = 14.7 - 34.8%
Оценка фитомассы, запаса углерода						
Оценка запаса углерода	Тропический влажный лиственный лес, плантации, <i>Индия</i>	WorldView-2	Pandey et al., 2020	multiresolution	Аллометрические уравнения, нелинейная регрессия	$r = 0.68 - 0.86$, $R^2 = 48 - 74\%$
Запас фитомассы древостоя	Чистые и смешанные древостои сосны и дуба, Португалия; Бореальный смешанный лес, Канада; Чистые сосновые насаждения, <i>Турция</i>	WorldView-2; QuickBird	Chen et al., 2012; Gonçalves et al., 2017; Günlü. at al., 2019	multiresolution	(OBIA) Аллометрические уравнения; (OBIA) k-NN, MLR, NN - MLP, NN - RBF	$R^2 = 0.89$; RMSE = 39.48 т/га $R^2_{adj} = 0.34 - 0.57$, RMSE = 29.33 - 35.22%

Публикации

Князева С.В., Никитина А.Д., Белова Е.И., Плотникова А.С., Подольская Е.С., Ковганко К.А.

Методы и подходы к оценке характеристик лесов по данным спутниковой съемки сверхвысокого пространственного разрешения в оптическом диапазоне. Обзор // Лесоведение (отправлена в редакцию журнала)

Никитина А.Д., Князева С.В.

Определение характеристик сосновых древостоев на основе аэрокосмической съемки: обзор. // Вопросы лесной науки (будет отправлена в редакцию журнала до 1.06.2021)

Князева С.В., Гаврилюк Е. А., Никитина А.Д., Тихонова Е.В., Королева Н. В.

Определение параметров древостоев Куршской косы по данным аэрокосмических съемок // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса

Никитина А.Д., Князева С.В., Гаврилюк Е.А., Белова Е.И.

Применение данных БПЛА в различных задачах изучения лесов: обзор. // Геодезия и картография (будет отправлена в редакцию журнала до 1.10. 2021)

Участие в конференциях:

Никитина А.Д. Возможности использования цифровой модели местности БПЛА для определения некоторых характеристик сосновых древостоев. // XVII Большой Географический Фестиваль. – Санкт-Петербург. – 2-4 апреля 2021

Планируемые конференции:

Лесные экосистемы: современные вызовы, состояние, продуктивность и устойчивость, Гомель

Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, Москва

Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли, Красноярск

План экспедиционных работ на полевой сезон 2021 г.

Брянский лес

Заложение площадок в молодых (от 3 шт.) и старовозрастных (от 2 шт.) сосняках с подеревным пересчетом и определением биометрических характеристик
Съемка площадок БПЛА

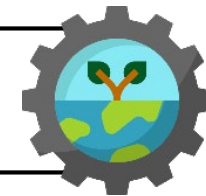
Смоленское Поозерье

Заложение площадок в средневозрастных (от 2 шт.) и старовозрастных (от 3 шт.) сосняках с подеревным пересчетом и определением биометрических характеристик
Съемка площадок БПЛА

Московская область

Выезды в Ногинское и Щелковское лесничества для наземного определения параметров единичных деревьев сосны

Литература



Алексеев А. С. и др. Новый метод определения таксационных характеристик насаждений по снимкам сверхвысокого разрешения с беспилотного летательного аппарата (БПЛА) // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2016. – №. 215. – С. 6.

Буданова М. В. Повышение конкурентоспособности предприятия лесопромышленного комплекса РФ за счет добровольной лесной сертификации // Проблемы современной экономики. – 2018. – №. 1

Ozdemir I. Estimating stem volume by tree crown area and tree shadow area extracted from pan-sharpened Quickbird imagery in open Crimean juniper forests // International Journal of Remote Sensing. 2008. V. 29. N. 19. P. 5643-5655

Ozdemir I., Karnieli A. Predicting forest structural parameters using the image texture derived from WorldView-2 multispectral imagery in a dryland forest, Israel // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 2011. V. 13. N. 5. P. 701-710.

Chen G., Hay G. J., St-Onge B. A GEOBIA framework to estimate forest parameters from lidar transects, Quickbird imagery and machine learning: A case study in Quebec, Canada // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 2012. V. 15. P. 28-37.

Жирин В. М., Князева С. В., Эйлина С. П. Оценка биометрических параметров насаждений по изображениям межкрупного пространства на снимках сверхвысокого разрешения // Лесоведение. 2018. № 3. С. 163–177.

Günlü A., Ercanlı İ., Şenyurt M., Keleş S. Estimation of some stand parameters from textural features from WorldView-2 satellite image using the artificial neural network and multiple regression methods: a case study from Turkey // Geocarto International. 2019. P. 1-18.

Kayitakire F., Hamel C., Defourny P. Retrieving forest structure variables based on image texture analysis and IKONOS-2 imagery // Remote sensing of environment. 2006. V. 102. N. 3-4. P. 390-401.

Bulut S., Günlü A., Keleş S. Estimation of forest development stage and crown closure using different classification methods and satellite images: A case study from Turkey // Journal of Forest Science. 2019. V. 65. N. 1. P. 18-26.

Pandey S.K., Chand N., Nandy S., Muminov A., Sharma A., Ghosh S., Srinet R. High-Resolution Mapping of Forest Carbon Stock Using Object-Based Image Analysis (OBIA) Technique // Journal of the Indian Society of Remote Sensing. 2020. V.48. P.865-875.

Gonçalves A.C., Sousa A.M.O., Silva J.R.M. Pinus pinea above ground biomass estimation with very high spatial resolution satellite images // Options Méditerranéennes. 2017. N. 122. P. 49-54.

Спасибо за внимание

