

А.В. Овсянников, инж. лесн. хоз-ва;  
С.В. Третьяков, проф., д-р с. - х. наук

(САФУ им. М. В. Ломоносова, г. Архангельск, Российская Федерация)

## **ЛЕСОВОДСТВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОТВОДА ЛЕСОСЕК В СЕВЕРО-ТАЕЖНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ С УЧЕТОМ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ**

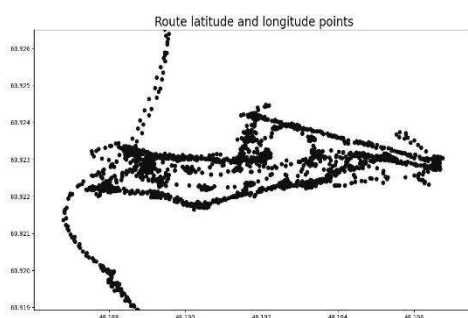
Таежные леса, как и другие лесные насаждения, выполняют основные экологические функции: очистка атмосферы, очистка атмосферных осадков (воды), поглощение углерода, создание разнообразных мест обитания диких животных, поддержание биоразнообразия. Для поддержания устойчивости данных насаждений необходимо ведение ответственного пользования лесными ресурсами.

Основные концепции устойчивого лесопользования: сохранение лесов как таковых, лесовосстановление, управление биоразнообразием, охрана водных ресурсов. Данная концепция подразумевает долгосрочное ведение лесного хозяйства на основе консенсуса между экологическими, экономическими и социальными выгодами при ведении лесохозяйственной деятельности.

Заготовка древесины является одним из главных антропогенных факторов, который приводит к негативным экологическим изменениям в лесных насаждениях. Происходит изменение почвенно-гидрологических условий под воздействием тяжёлой лесозаготовительной техники. Сплошная рубка, как вид заготовки, является одним из основных и самым агрессивным способом заготовки древесины в бореальных лесах России. В результате удаления древостоя происходит резкое изменение экологических условий существования растительности: подрост, подлеска и напочвенного покрова.

Нередко происходит смена породного состава насаждений, снижение их санитарного состояния. Решением части данных проблем, является более тщательное обследование мест будущей заготовки при отводе и таксации лесосек для минимизации негативного воздействия на природную среду при планировании применяемой техники, и технологии. Для этого необходимо иметь цифровую модель рельефа, по которой можно установить: направление стока, участки с микропонижениями, потенциальное наличие слабых грунтов для проектирования технологических коридоров, ключевых места обитания редких и коренных видов. Небольшие заболоченные понижения, временные водотоки, каменистые россыпи, карстовые образования, зачастую являются

местами обитания редких видов животных, растений и других организмов [1]. Разница между цифровой моделью рельефа и картой высот при съемке БПЛА позволяет определить высоту древостоя. Для формирования цифровой модели рельефа был получен GPS трек, который представляет собой запись пройденного пути во время работы по отводу и таксации лесосеки. Он состоит из множества точек (сегментов), записанных через определенные интервалы времени. Каждая точка содержит информацию о широте, долготе и высоте, что позволяет записать путь, показывающий траекторию движения по объекту. Используя библиотеку Numpy языка программирования Python, можно преобразовать данные каждого сегмента в строго упорядоченный массив данных, сохранив поля: latitude, longitude, elevation. Далее для визуализации геопространственной информации массив данных переводится в Pandas DataFrame (отфильтровав значения сегментов по координатам интересующей нас деланки). По полученным данным был построен график через библиотеку Matplotlib [2] и получено графическое представление отдельных точек GPS трека, которое приведено на рисунке 1.



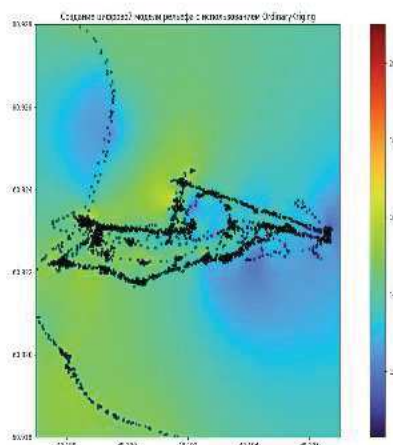
**Рисунок 1 – Пространственное расположение GPS сегментов трека**

Из данной визуализации GPS трека, нам видно только пространственное изображение, но не хватает представлений о значениях высоты над уровнем моря. Добавив значения elevation, для каждого сегмента, в библиотеке Matplotlib был построен точечный график с раскраской индивидуальных значений, но при этом оставалось бы достаточно большое пространство с неизвестными данными о высоте (белые пятна на карте-схеме). Решением данной проблемы является использование метода геостатистики Kriging, что позволит интерполировать данные на основе принципа ближайшего соседа.

Так как, наши данные высот, полученные на близких расстояниях к GPS сегментам имеют сильную корреляцию, а на больших расстояниях они могут иметь быстро убывающую

корреляцию.

Ось X представлена значениями координат в Эвклидовой системе, ось Y представлена значениями высоты над уровнем моря. Используя OrdinaryKriging [3] и Exponential модель вариограммы, можно получить оценки значений в любой точке пространства. Для получения маски отдельных значений в пространстве, методом grid (создание сетки через определенное значение координат) был получен план. Данные, для разбивки осей координат, приняты 0,000005 градуса, что равно 0,55 метра, осуществив метод интерполяции и заполнив интерполируемыми значениями данную сеть, получили цифровую модель рельефа. Полученная модель представляет собой рисунок с цветовой картой map='turbo' и минимальными, максимальными значениями высоты над уровнем моря vmin=103, vmax=210 метров, отображенная на рисунке 2.



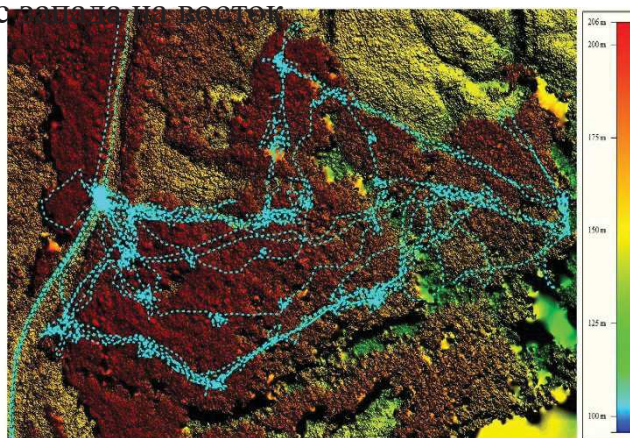
**Рисунок 2 – Карта цифровой модели местности, полученная геостатистическим методом OrdinaryKriging**

Данный график является интерактивной картой с возможностью отображения данных в любой точке объекта.

Достоверность данных, проанализировано, сопоставив полученную цифровую модель рельефа с данными карты высот полученных при съемке данной делянки БПЛА DJI Mavic 2 pro с высоты 100 метров. Плотность распознавания точек высот DJI Mavic 2 pro получает с помощью датчика высоты, которая составляет 40000 точек на снимок или приблизительно 2 точки высоты на 1 метр квадратный. Карта высот, полученная при съемке делянки, представлена на рисунке 3.

Цветовые схемы и показатели высот соответствуют друг другу в местах, где отсутствует основной полог, что свидетельствует о достоверности полученной цифровой модели рельефа. В правой части делянки отображенной на рисунке 2 мы можем наблюдать

значительное понижение, обусловленное направлением стока на юго-восток по направлению к ручью, а также на северной части вдоль молодняка с востока на запад.



**Рисунок 3 – Карта высот, полученная при съемке БПЛА DJI Mavic 2 pro и обработанная в Agisoft Metashape с нанесенным треком движения по делянке**

Имея данную информацию, можно проектировать технологическую сеть в технологической карте лесосеки с учетом рельефа местности, выделить при необходимости, не эксплуатационную часть лесосеки.

Таким образом, приведенные работы по формированию цифровой модели рельефа при помощи БПЛА или используя данные GPS приемников, которые дают относительно достоверную информацию для учета экологических факторов использования лесов позволяют избежать удорожания работ, связанных с проведением таких съемок как лидарная или аэрофотосъемка.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Е.А. Рай, Е.Ю. Чуракова, И.Б. Амосова, Н.В. Бурова, Т.А. Парина, Л.В. Пучина, О.В. Сидорова, А.М. Рыков, С.Ю. Рыкова, П.Н. Амосов, С.И. Слестников, С.И. Бабушкин, А.В. Кузнецов – Руководство по сохранению биоразнообразия при заготовке древесины в Архангельской области. – Theory of Kriging 2018. – 208 с.
2. Matplotlib: Visualization with Python. [Электронный ресурс] <https://matplotlib.org/> (дата обращения 10.01.2024).
3. D G Rossiter – Nanjing Normal University, Geographic Sciences Department – Theory of Kriging –51 p.