

Библиографический список

1. Алексеев А.С., Орлова Т.В. Анализ динамики состояния древостоев ели европейской в зоне действия промвыбросов ОАО «Хенкель-Эра» за период с 1981 по 2004 г. / Алексеев А.С., Орлова Т.В. // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2005. - №12. – С. 64–66
2. Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев / Алексеев В.А. // Лесоведение. - 1989. - № 4. – с. 38–53.
3. Гудзенко Е.О. Оценка экологического состояния зеленых насаждений города Ростов-на-Дону [Текст]: дис....канд. биол. наук: 03.02.08: защищена 22.12.2016 / Гудзенко Евгения Олеговна. – Ростов-на-Дону, 2016. – 188 с.
4. Козловский Б.Л., Куропятников М.В., Федоринова О.И. Приоритетные задачи зеленого строительства в Ростове-на-Дону // Инженерный вестник Дона. 2013. № 1. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1552.
5. Наливайченко А.А., Скрипников П.Н., Горбов С.Н., Матецкая А.Ю. Оценка состояния растительного покрова искусственных лесонасаждений г. Ростова-на-Дону // Издательский дом «Астраханский университет». – 2021. – С. 56–60.
6. Флора Нижнего Дона (определитель). Часть 1, часть 2. /Под ред. Г.М. Зозулина, В.В. Федяевой. – Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 1984, 1985. – 280 с. 240 с.

УДК 502/504:630*53

РЕГРЕССИОННЫЕ МОДЕЛИ СМЕШАННЫХ ЭФФЕКТОВ ДЛЯ ЗАВИСИМОСТИ ВЫСОТ ДЕРЕВЬЕВ ОТ ДИАМЕТРОВ В СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЯХ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Гостев Владимир Викторович, студент 2 курса магистратуры Института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, vgostev@internet.ru

Лебедев Александр Вячеславович, доцент кафедры сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, кандидат сельскохозяйственных наук, alebedev@rgau-msha.ru

***Аннотация:** рассматривается модель смешанных эффектов высот деревьев от диаметров в сосновых древостоях Европейской части России. Внедрение отраслевых нормативов, разработанных на основании модели, позволит повысить эффективность учета древесных ресурсов в сосновых древостоях.*

***Ключевые слова:** высота, диаметр на высоте груди, модель смешанных эффектов, сосновый древостой, отбор моделей*

Измерение высоты дерева – трудоемкий процесс. Поэтому на лесных участках измеряются высоты у 15-25 деревьев. Недостающие значения могут быть получены либо из таблиц разрядов высот, либо расчетным путем с

использованием эмпирических моделей. От качества применяемых лесотаксационных нормативов и моделей зависит точность определения товарного, биологического и экологического потенциала лесов. В последние десятилетия наметилась тенденция к использованию моделей смешанных эффектов для оценки зависимости высот от диаметров, которые в значительной степени позволяют повысить точность лесоинвентаризационных работ.

Для исследования сформирована выборка данных, включающая результаты измерений по 3577 модельным деревьям или 201 пробной площади. Наибольшее количество данных обмера модельных деревьев (51%) приходится на южно-таежный лесной район (Костромская и Ярославская области). Наблюдения из Московской, Тверской, Нижегородской и Владимирской областей, а также Республик Башкортостан, Марий Эл и Мордовия составляют 46 % всех наблюдений и относятся к району хвойно-широколиственных (смешанных) лесов. К северо-таежному району относится 2 % наблюдений из Архангельской области, республик Коми и Карелия. Наименьшим количеством данных обмера деревьев сосны (порядка 1%) характеризуется лесостепной район. Диапазон диаметров измеренных деревьев сосны составляет от 1 до 65 см; высоты располагаются в диапазоне от 2 до 41 м. Возраст исследуемых модельных деревьев - от 6 до 375 лет.

В работе проанализировано 28 простых регрессионных моделей, отобранных по литературным источникам. Из них 12 представлены в стандартной форме. Их особенность заключается в том, что если модель линейная или приводимая к линейной форме, то константа оценивается по данным, если нелинейная - то кривая исходит из нуля. В ограниченной форме рассматривались 16 исследуемых моделей. Кривая этих моделей всегда исходит из 1,3 м, что соответствует таксационному диаметру, измеряемому на высоте груди. Анализ данных проводился в среде R. Отбор лучших моделей основывался на следующих метриках качества: квадратный корень из среднеквадратической ошибки, средний процент абсолютной ошибки, средняя абсолютная ошибка, смещение, коэффициент детерминации и информационные критерии.

Модели в стандартной форме не соответствуют требованиям, предъявляемым к функциям зависимости высоты от диаметра, поэтому далее они не рассматривались. Среди всех рассмотренных моделей уравнение Неслунда признано в качестве лучшей. Для него получена модель смешанных эффектов, где случайным эффектом является древостой на отдельной пробной площади. Графическая визуализация полученной модели представлена на рисунке. По сравнению с моделью фиксированных эффектов, она позволяет более точно передавать зависимость между высотами и диаметрами деревьев, на что указывают значительно улучшенные метрики качества.

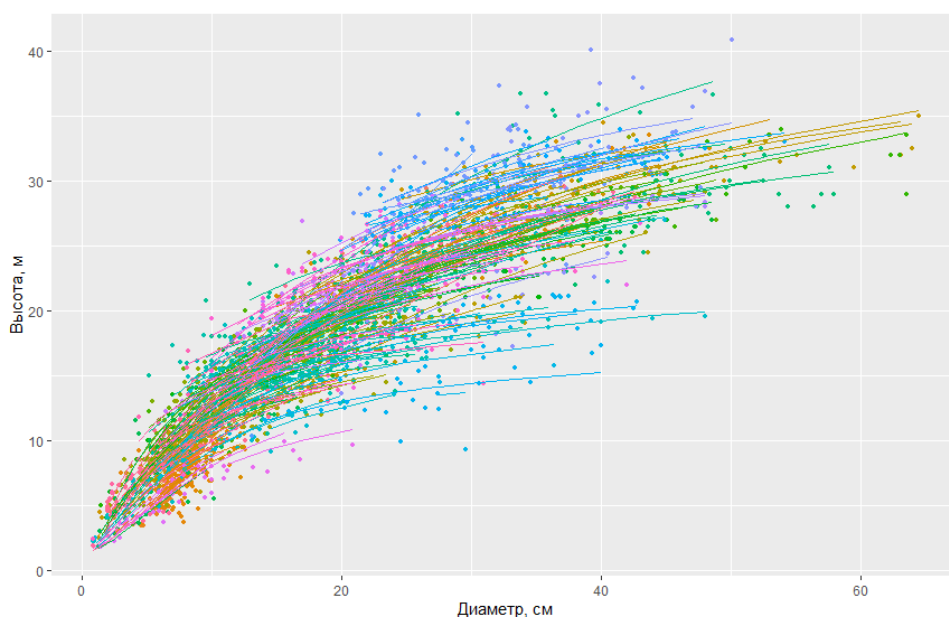


Рис. Графическая визуализация зависимости высот от диаметров для уравнения Неслунда с включением смешанных эффектов

Модель смешанных эффектов может достаточно точно предсказывать значения высот деревьев в отдельных древостоях. В литературе сообщается, что для калибровки случайных эффектов достаточно трёх-пяти измерений деревьев [1,4]. Действующие лесотаксационные нормативы, составленные и утверждённые более 30 лет назад не позволяют учитывать особенностей конкретных древостоев. Таким образом, остро встаёт проблема обновления нормативной базы для таксации лесов в контексте происходящих изменений климата.

Полученная модель смешанных эффектов – основа для разработки обобщённых моделей, которые помимо диаметра отдельных деревьев включают таксационные характеристики древостоя (средний или доминантный диаметр, средняя или доминантная высота, сумма площадей сечений, число деревьев и др.) [2,3].

Модели смешанных эффектов – альтернатива применяемым в практике лесоучетных работ таблицам разрядов высот, которые показывают условные соотношения между высотами и диаметрами деревьев. Она позволяет выполнять калибровку кривой высот по 3-5 измерениям высот и диаметров деревьев в таксируемом древостое. Применение модели позволяет повысить точность определения запасов древесины и выхода товарных сортиментов в сосновых древостоях Европейской части России.

В сочетании с моделями распределения деревьев по толщине модели смешанных эффектов «высота - диаметр» могут входить в качестве отдельного компонента в имитационные модели роста и производительности древостоев, где служат основой для расчёта запаса и его товарной структуры, а также биологической продуктивности [5,6].

На основании проведенного анализа в качестве лучшей модели зависимости высот от диаметров для деревьев сосны в европейской части

России признано двухпараметрическое уравнение Неслунда. Добавление случайных эффектов на уровне отдельной пробной площади позволило существенно повысить точность прогноза. Внедрение отраслевых нормативов, разработанных на основании модели, позволит повысить эффективность учета древесных ресурсов в сосновых древостоях.

Библиографический список

1. Дубенок Н.Н., Кузьмичев В.В., Лебедев А.В. Модель смешанных эффектов зависимости высот от диаметров деревьев в сосновых древостоях // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2021. Вып. 237. С. 59–74. DOI: 10.21266/2079-4304.2021.237.59-74
2. Дубенок Н.Н., Кузьмичев В.В., Лебедев А.В. Результаты экспериментальных работ за 150 лет в Лесной опытной дачи Тимирязевской академии. РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. М.: Наука, 2020. 382 с
3. Лебедев А.В., Кузьмичев В.В. Верификация трехпараметрических моделей зависимости высоты от диаметра на высоте груди для березовых древостоев Европейской части России // Сибирский лесной журнал. 2020. № 5. С. 45–54. DOI 10.15372/SJFS20200505.
4. Лебедев А.В., Кузьмичев В.В. Регрессионные модели смешанных эффектов в лесохозяйственных исследованиях // Сибирский лесной журнал. 2021. № 1. С. 13–20. DOI 10.15372/SJFS20210102
5. Lebedev A., Kuzmichev V. (2020): Verification of two- and three-parameter simple height-diameter models for the birch in the European part of Russia. J. For. Sci., 66: 375–382.
6. Lebedev, A.V. 2020. New generalised height-diameter models for the birch stands in European Russia. Baltic Forestry 26(2): article id 499. <https://doi.org/10.46490/BF499>.

УДК 630*4

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ ДУБРАВ ЮГА РОССИИ ОТ ДУБОВОЙ КЛОПА- КРУЖЕВНИЦЫ

Налепин Владимир Петрович, ассистент кафедры сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, v.nalopin@rgau-msha.ru

Гниненко Юрий Иванович, к.б.н., доцент, доцент кафедры сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, gninenko-yuri@mail.ru

*Аннотация: с 2015 года по всей территории Краснодарского края идет активное распространение инвазивного вида *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Hemiptera-Heteroptera: Tingidae). В настоящее время не существует разработанных и утвержденных биологических методов защиты, что*