



DOI 10.21178/2079–6080.2021.4.42
УДК 502/504:630*53

Нелинейная модель смешанных эффектов зависимости высоты от диаметра деревьев в древостоях лиственницы

© Н.Н. Дубенок, В.В. Кузьмичев, А.В. Лебедев

The nonlinear mixed effects «height–diameter» model in larch stands

N.N. Dubenok, V.V. Kuzmichev, A.V. Lebedev (Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

The dependence of tree heights on diameter at breast height is important in forestry. Due to the laborious process of measuring tree heights, tree heights are often calculated using models. The aim of the study was to develop a nonlinear model of mixed effects of the dependence of the height on the diameter of trees in larch stands. The object of the study was larch cultures on permanent test plots in the Lesnaya Experimental Station of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. Parameters were determined for 15 two-parameter and 14 three-parameter simple models “height–diameter”. For each obtained equation, quality metrics were calculated (root of the mean square error, average absolute percentage of error, determination coefficient, adjusted determination coefficient, Akaike information criterion and Bayesian information criterion), which allow judging the quality of the model. A comprehensive assessment of the quality metrics of two- and three-parameter simple models “height-diameter” revealed that the best generalizing ability is characterized by two-parameter models. Three-parameter models, showing good quality on the training set, are characterized by lower values of the quality metrics on the test set, data from which were not used in parameter estimation. As the best model, the logarithmic dependence of the heights of larch trees on the diameters at the height of the breast is substantiated. The mixed effects model is more accurate in predicting heights than the fixed effects model. The missing heights of a large number of trees on a site can be calculated more accurately using the blended effects model rather than using a fixed effects model or using only a fixed portion (mean response) of the mixed effects model.

Keywords: larch, height, diameter, tree, mixed effects model

Нелинейная модель смешанных эффектов зависимости высоты от диаметра деревьев в древостоях лиственницы

Н.Н. Дубенок, В.В. Кузьмичев, А.В. Лебедев

Зависимость высот деревьев от диаметра на высоте груди имеет важное значение в лесном хозяйстве. Из-за трудоемкого процесса измерения высоты деревьев часто рассчитываются с применением моделей. Целью исследования являлась разработка нелинейной модели смешанных эффектов зависимости высоты от диаметра деревьев в лиственничных древостоях. Объектом исследования послужили культуры лиственницы на постоянных пробных площадях в Лесной опытной даче Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева. Проводилось определение параметров для 15 двухпараметрических и 14 трехпараметрических простых моделей «высота–диаметр». Для каждого полученного уравнения рассчитывались метрики качества (корень из среднеквадратической ошибки, средний абсолютный процент ошибки, коэффициент детерминации, скорректированный коэффициент детерминации, информационный критерий Акаике и информационный критерий Байеса), позволяющие судить о качестве модели. Проведенная комплексная оценка метрик качества двух- и трехпараметрических простых моделей «высота–диаметр» выявила, что лучшей обобщающей способностью характеризуются двухпараметрические модели. Трехпараметрические модели, показывая хорошее качество на обучающей выборке, характеризуются более низкими значениями метрик качества на тестовой выборке, данные из которых не использовались при оценивании параметров. В качестве лучшей модели обоснована логарифмическая зависимость высот деревьев лиственницы от диаметров на высоте груди. Модель со смешанными эффектами более точно предсказывает значения высот по сравнению с моделью фиксированных эффектов. Недостающие значения высот большого количества деревьев на участке можно вычислить более точно с помощью модели смешанных эффектов, а не с применением модели фиксированных эффектов или с использованием только фиксированной части (среднего отклика) модели смешанных эффектов.

Ключевые слова: лиственница, высота, диаметр, дерево, модель смешанных эффектов

Дубенок Николай Николаевич – академик РАН, профессор, д-р с.-х. наук, заведующий кафедрой сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства

Кузьмичев Валерий Васильевич – д-р биол. наук, профессор, заведующий лабораторией кафедры сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства

Лебедев Александр Вячеславович – канд. с.-х. наук, старший преподаватель кафедры сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства

E-mail: alebedev@rgau-msha.ru

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49