

Научная статья  
УДК 004.042

## ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОРРЕЛЯЦИИ ВЫСОТ И ДИАМЕТРОВ ДЕРЕВЬЕВ

Евгения Васильевна Анянова<sup>1</sup>, Никита Алексеевич Махнев<sup>2</sup>

<sup>1, 2</sup> Уральский государственный лесотехнический университет,  
Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> anyanovagv@m.usfeu.ru

<sup>2</sup> nikitka.makhnev@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрены взаимосвязь между высотой и диаметром деревьев в еловых молодняках искусственного происхождения и как корреляция влияет на прогноз будущих решений. Для исследования были взяты замеры 25 учетных деревьев. Для построения корреляции и анализа полученных значений и вывода будущих решений использовалась программная среда RStudio.

**Ключевые слова:** корреляция, диаметр, высота, ель

**Для цитирования:** Анянова Е. В., Махнев Н. А. Цифровые технологии определения корреляции высот и диаметров деревьев // Цивилизационные перемены в России = Civilizational changes in Russia : материалы XV Всероссийской научно-практической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 89–93.

Original article

## DIGITAL TECHNOLOGIES FOR DETERMINING CORRELATIONS OF TREE HEIGHTS AND DIAMETERS

Evgeniya V. Anyanova<sup>1</sup>, Nikita A. Makhnev<sup>2</sup>

<sup>1, 2</sup> Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> anyanovagv@m.usfeu.ru

<sup>2</sup> nikitka.makhnev@mail.ru

**Abstract.** The article examines the relationship between the height and diameter of trees in spruce youth forests of artificial origin and how the correlation affects the forecast of future decisions. Measurements of 25 reference trees were taken for the research. The RStudio software environment was used to build correlations, analyze the obtained values, and generate future solutions.

**Keywords:** correlation, diameter, height, spruce

**For citation:** Anyanova E. V., Makhnev N. A. (2025) Cyfrovyye tekhnologii opredeleniya korrelatsii vysot i diametrov derevyev [Digital technologies for determining correlations of tree heights and diameters]. *Civilizacionnye peremeny v Rossii* [Civilizational changes in Russia] : proceedings of the XV All-Russian Scientific and Practical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2025. P. 89–93. (In Russ).

Изучение взаимосвязи между различными физическими характеристиками объектов имеет большое значение для научных целей. Одним из примеров является анализ зависимости диаметра и высоты ствола дерева.

В данной статье рассматривается зависимость между высотой и диаметром ствола деревьев в еловых молодняках искусственного происхождения ягодникового типа леса. Цель исследования – выявить степень связи между этими параметрами и оценить ее влияние на прогнозирование будущего роста насаждений.

Методика исследований основана на измерении высот и диаметров 25 учетных деревьев на заложенной пробной площади. Размер пробной площади был определен исходя из требования наличия на ней не менее 300 деревьев основного элемента леса в молодняках [1]. Исходные данные были собраны в полевой период на территории Сухоложского лесничества, Грязновского участкового лесничества.

На рисунке показана диаграмма рассеивания с добавленной линией наилучшего соответствия, построенная в среде RStudio на основе методики, описанной в [2]. На оси абсцисс расположены диаметры (в сантиметрах), а на оси ординат – высоты (в метрах).

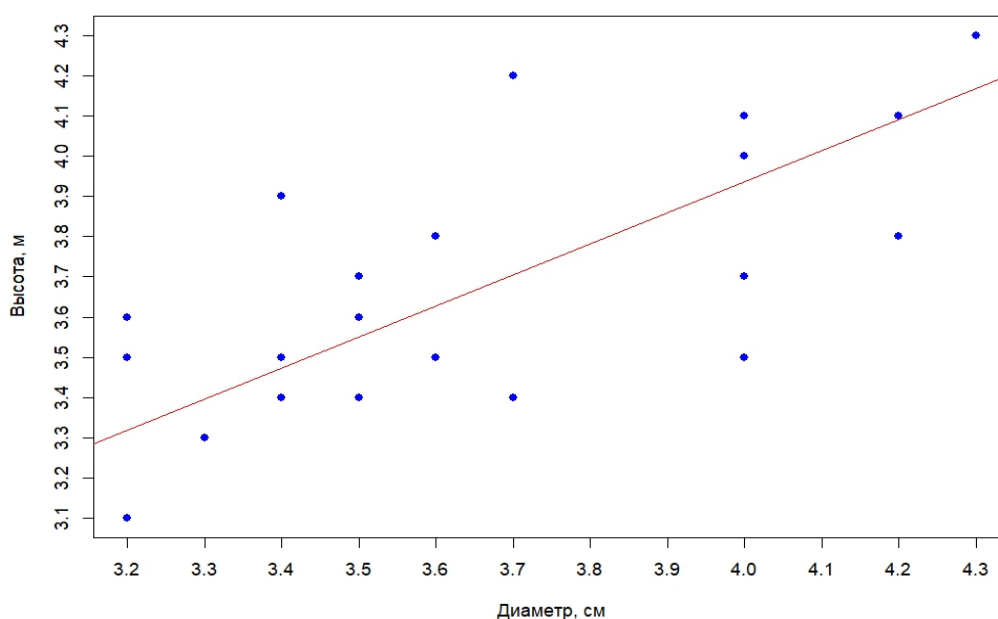


Диаграмма рассеивания

Корреляция между двумя явлениями отражает степень их совместного проявления. Это означает, что корреляция представляет собой взаимосвязь между двумя переменными. Если два явления чаще возникают одновременно, их связь считается положительной. В случае отсутствия зависимости они некоррелированы. Если же появление одного явления сопровождается снижением вероятности возникновения другого, такая связь называется отрицательной корреляцией [2].

Результаты анализа показали, что коэффициент корреляции составил  $r = 0,67$ , что указывает на среднюю положительную связь между высотой и диаметром. Хотя связь не является идеальной, тем не менее эта зависимость достаточно очевидна, чтобы можно было сделать выводы о существующем тренде.

Также связь между данными можно определить по наклону линии. Наклон линии говорит нам о характере взаимосвязи между этими двумя переменными. Если наклон отрицательный, корреляция отрицательная. Если наклон равен нулю, диаметр и высота не коррелируют. Если наклон положительный, корреляция положительная [3]. А крутизна наклона говорит нам о силе корреляции между этими двумя переменными. Здесь мы видим, что переменные положительно коррелируют.

Хоть между высотой и диаметром деревьев наблюдается средняя положительная связь, эта зависимость может меняться под воздействием различных факторов. Яркий пример – возраст насаждений, в молодняках рост деревьев часто определяется конкуренцией за свет и питательные вещества, что может влиять на силу корреляции. В старших возрастах зависимость между параметрами может ослабиться. Плотность древостоя – при высокой плотности деревья вытягиваются в высоту, что может снижать корреляцию между исследуемыми параметрами. В разреженных насаждениях деревья развивают более широкий ствол. От уровня плодородия почв и влажности тоже зависит прирост высоты и толщины, изменяя силы корреляции. Кроме того, климатические факторы – дефицит влаги, температурные колебания и другие климатические условия – могут оказывать влияние на соотношение. Также немаловажным фактором являются генетические особенности – разное происхождение генетического материала может приводить к различным закономерностям.

Коэффициент детерминации ( $R^2$ ) – это показатель, который отражает, насколько хорошо одна переменная объясняет изменения другой. При значении коэффициента близким к 1, это означало бы, что один параметр практически полностью определяет другой. В данном случае диаметр почти бы полностью определял высоту дерева. При значении ближе к нулю – полная противоположность, то есть связь между параметрами отсутствует. Здесь же  $R^2$  составил 0,44, или 44 %, что указывает на среднюю степень зависимости

между исследуемыми параметрами. Не весь разброс высоты можно объяснить диаметром. Оставшиеся 56 % высоты зависят и от других факторов, что следует учитывать для более точного прогнозирования высоты деревьев.

С учетом коэффициента корреляции  $r = 0,67$  и коэффициента детерминации  $R^2 = 0,44$ , можно сделать вывод, что между высотой и диаметром деревьев существует устойчивая положительная связь, однако она не является линейно полной. Это означает, что линейная модель описывает только часть закономерностей, и ее применение должно сопровождаться пониманием возможных отклонений.

Анализ графика рассеивания подтверждает наличие тренда, где увеличение диаметра, как правило, сопровождается увеличением высоты. В условиях ягодникового типа леса, к которому относятся исследуемые насаждения, подобная закономерность может быть следствием относительно однородных условий произрастания. Однако даже в таких условиях можно наблюдать некоторое расслоение точек на графике, что может свидетельствовать о локальной экологической неоднородности.

Следует также отметить, что при средней плотности насаждения, характерной для исследуемой пробной площади, деревья испытывают умеренную конкуренцию. Это способствует формированию более устойчивой зависимости между диаметром и высотой.

Важно подчеркнуть, что обнаруженная корреляция может быть использована как основа для разработки прогнозных моделей, однако при этом необходимо учитывать ограничения, вытекающие из природы исходных данных. Использование только диаметра для прогнозирования высоты целесообразно лишь при наличии однородных условий и в пределах конкретного возрастного класса. Применение полученных результатов вне рамок условий проведения исследования потребует дополнительной проверки на других участках с учетом региональных особенностей.

Используя данную корреляцию, можно предсказывать, как будут меняться средние показатели деревьев. Поскольку высота деревьев влияет на объем древесины, то зная зависимость между диаметром и высотой, можно заранее оценивать объем древесных ресурсов в будущем.

Таким образом, результаты анализа подтверждают существование статистически значимой, но не полной зависимости между высотой и диаметром деревьев в искусственно созданных еловых молодняках. Эти выводы показывают необходимость комплексного подхода к оценке лесных насаждений, где помимо базовых морфометрических показателей следует учитывать и другие лесоводственные характеристики.

#### *Список источников*

1. Нагимов З. Я., Коростелев И. Ф., Шевелина И. В. Таксация леса : учебное пособие. Екатеринбург : УГЛТУ, 2006. 300 с.

2. Мескита И. Б. де, Фаулер Э. Статистика без подвоха. Методы критического анализа данных и причинного вывода / пер. с англ. В. С. Яценкова. М. : ДМК Пресс, 2023. 454 с.

3. Кабаков Р. И. R в действии / пер. с англ. А. Н. Киселева. 3-е изд. М. : ДМК Пресс, 2023. 768 с.

## *References*

1. Nagimov Z. Ya., Korostelev I. F., Shevelina I. V. Forest Taxation : textbook. Ekaterinburg : USFEU, 2006. 300 p.

2. Mesquita I. B. de, Fowler A. Statistics without catch. Methods of critical data analysis and causal inference / translated from English by V. S. Yatsenkov. M. : DMK Press, 2023. 454 p.

3. Kabakov R. I. R in action / translated from English by A. N. Kiselev. 3rd ed. M. : DMK Press, 2023. 768 p.