

DOI: 10.58168/E-SESTTI2025_147-150

УДК 630.61

**ПРИМЕНЕНИЕ ФУНКЦИИ АКТИВАЦИИ «SILU» В НЕЙРОСЕТЕВОМ
МОДЕЛИРОВАНИИ ХАРАКТЕРИСТИК СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ**
APPLICATION OF SILU ACTIVATION FUNCTION IN NEURAL NETWORK MODELING
OF PINE STAND CHARACTERISTICS

Арапов Д.В., доктор технических наук, доцент, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, Россия, Воронеж.

Arapov D.V., Doctor of Technical Sciences, associate professor, professor FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

Аннотация: В статье рассматривается нейросетевое моделирование основных качественных показателей лесных древостоев на примере сосны обыкновенной южно-якутских брусничниковых лесов.

Abstract: The article discusses neural network modeling of the main quality indicators of forest stands using the example of Scots pine in the South Yakut lingonberry forests.

Ключевые слова: нейронные сети, качественные характеристики, сосновый древостой.

Keywords: neural networks, qualitative characteristics, pine forest stand.

В работах [1-4] проведено исследование и моделирование динамики естественного роста сосновых и иных древостоев лесных массивов РФ. Выявлено, что должна представлять собой аддитивную сумму функций временного тренда, волновой и случайной компонент математическая модель (ММ) динамики гибели элементов биосистемы. Для этого авторы широко используют экспоненциальные функции типа Ципфа-Парето-Мандельброта, Пюттера-Берталанфи, Г.Ф. Хильми, иногда аддитивно дополненные функцией $\cos(at)$, где t -возраст древостоев. Для моделирования средней толщины дерева используют экспоненциально-логарифмическую зависимость от возраста, а среднюю высоту и древесный запас рассчитывают с использованием экспоненциальных функций [1-4]. Является недостатком известных подходов к моделированию качественных показателей деревьев недостаточная точность полученных регрессий. Относительная погрешность моделирования зависимости числа живых деревьев от их возраста и густоты посадки [1, 2] составляет от 14% до 35%. ММ основанные на искусственных нейронных сетях, способные объединить в единое целое многочисленные опытные исследования и обеспечивающие достаточно высокую точность моделирования [5, 6] этих недостатков лишены. Целью данного исследования является разработка на основе нейронных сетей математических моделей качественных показателей лесных древостоев сосны опубликованных в открытой печати.

Для пяти качественных показателей (средняя высота сосны, m ; средний диаметр сосны, cm ; запас сосновой древесины, $m^3 / га$; общая продуктивность соснового леса, $m^3 / га$; отпад (гибель) сосновых деревьев, $m^3 / га / год$) выбрали многослойный персептрон, состоящий из входного слоя, одного скрытого слоя в 20 нейронов и 1 нейрона в выходном слое, с выхода которого

снимается значение качественного показателя древостоя. Количество принятых эпох – 5000. На вход нейронной сети поступает нормированное значение возраста сосен от 10 до 200 лет. Для показателя «число живых деревьев, *шт*» выбрали искусственную нейронную сеть, включающую 2 скрытых слоя по 20 нейронов, количество принятых эпох равно – 25000. Число опытов в каждом эксперименте равно 20. Выбранная функция активации нейронов – «*silu*» показала хорошие моделирующие результаты, которые показаны на рис. 1 – рис. 6.

Средние относительные погрешности нейросетевого моделирования составили соответственно: для зависимости средней высоты от возраста сосен – 1,47 % (рис. 1), для зависимости среднего диаметра от возраста сосен – 2,26% (рис. 2), для зависимости от возраста сосен числа живых деревьев – 6,54% (рис. 3), для зависимости древесного запаса от возраста сосен – 1,81% (рис. 4), для зависимости общей продуктивности от возраста сосен – 2,52% (рис. 5), для зависимости отпада сосен от возраста деревьев – 3,49% (рис. 6).

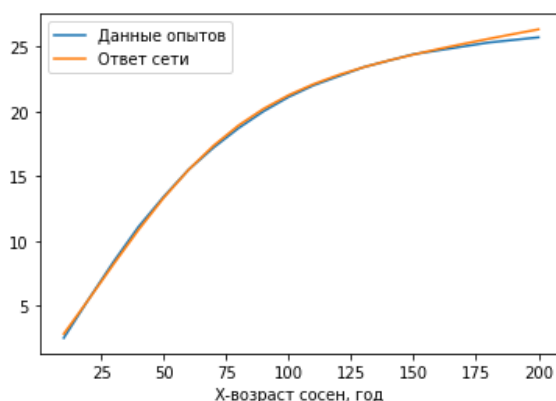


Рисунок 1 – Зависимость средней высоты от возраста сосен

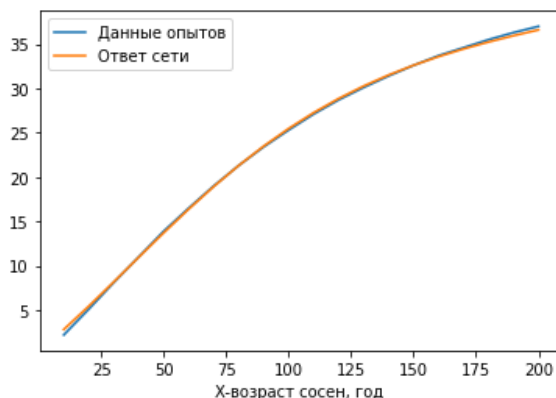


Рисунок 2 – Зависимость среднего диаметра от возраста сосен

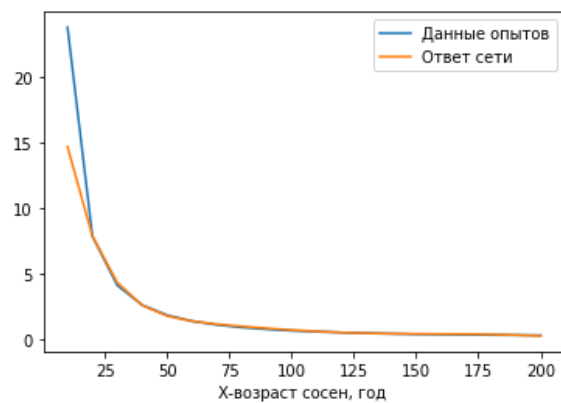


Рисунок 3 – Зависимость от возраста сосен числа живых деревьев

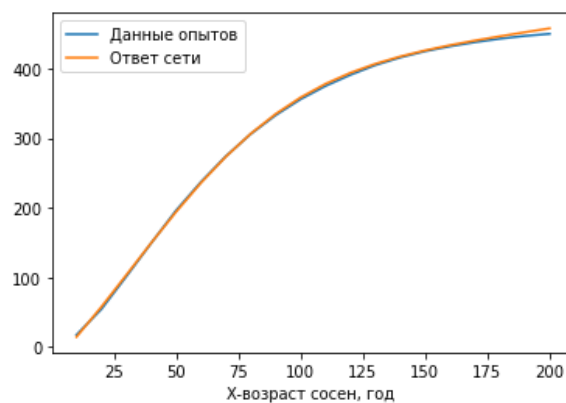


Рисунок 4. Зависимость древесного запаса от возраста сосен

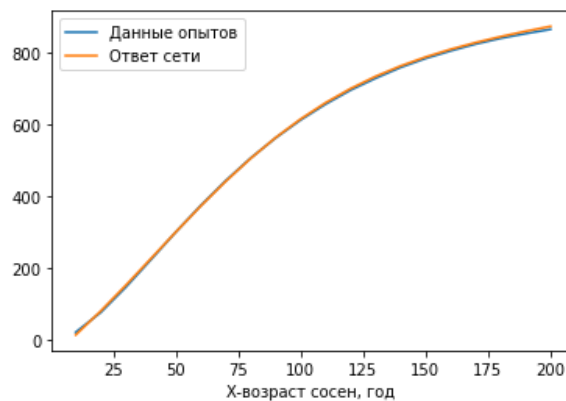


Рисунок 5 – Зависимость общей продуктивности от возраста сосен

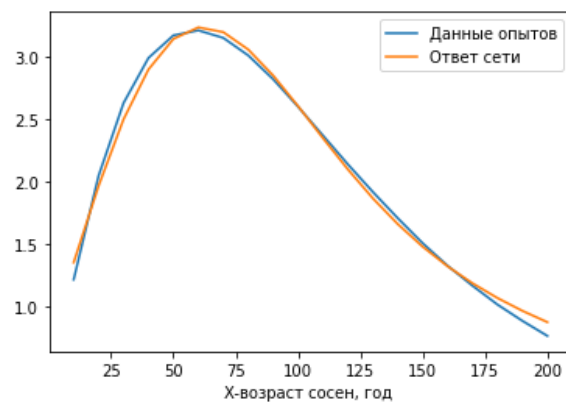


Рисунок 6 – Зависимость отпада сосен от возраста деревьев

Показало реализованное нейромоделирование его перспективность для исследования качественных показателей лесных массивов. Данный подход подтвердил его существенное преимущество по сравнению с подходом использования регрессионных моделей.

Список литературы

1. Швиденко, А.З. Система моделей роста и динамики продуктивности лесов России (таблицы и модели биопроductивности) / А.З Швиденко, Д.Г. Щепашенко, С. Нильссон, Ю.И. Булуй // Лесное хозяйство. – 2004. - №2. – С. 40 – 44.
2. Лебедев, А.В. Таксационные показатели сосновых древостоев по данным долговременных наблюдений/ А.В. Лебедев, В.В. Кузьмичев// Сибирский лесной журнал. – 2023. - №2. – С. 3 – 16.
3. Дубенок, Н.Н. Динамическая модель изреживания культур сосны/ Н.Н. Дубенок, А.В. Лебедев, В.В. Кузьмичев// Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2022. – Вып. №239. – С. 6 – 21.
4. Мерзленко, М.Д. Динамика роста сосны в старовозрастных древостоях сложного бора/ М.Д. Мерзленко [и др.]// Известия вузов. Лесной журнал. – 2018. - №4. – С. 31 – 39.
5. Киреева, К.А. Разработка искусственной нейронной сети для классификации ЭКГ/ К.А. Киреева, Л.А. Коробова, Д.В. Арапов// Моделирование систем и процессов. – 2023. – Т.16, №3. – С. 42 - 54. – DOI: 10.12737/2219-0767-2023-16-3-42-54. EDN PERZZQ.
6. Арапов, Д.В. Автоматизированная мобильная система принятия решений для использования в специальной медицине / Д.В. Арапов, В.А. Курицын, С.А. Скоробогатов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17. № 3. – С. 7-16. DOI: 10.12737/2219-0767-2024-5-13

References

1. Shvidenko, A.Z. The system of models of growth and productivity dynamics of Russian forests (tables and models of bioproductivity) / A.Z Shvidenko, D.G. Shchepashchenko, S. Nilsson, Yu.I. Buluy // Forestry. – 2004. - No. 2. – P. 40 – 44.
2. Lebedev, A.V. Taxation indicators of pine stands based on long-term observations / A.V. Lebedev, V.V. Kuzmichev // Siberian Forestry Journal. – 2023. - No. 2. – P. 3 – 16.
3. Dubenok, N.N. Dynamic model of thinning of pine crops / N.N. Dubenok, A.V. Lebedev, V.V. Kuzmichev// Bulletin of the St. Petersburg Forest Engineering Academy. - 2022. - Issue №239. - P. 6 - 21.
4. Merzlenko, M.D. Dynamics of pine growth in old-growth stands of complex pine forest / M.D. Merzlenko [et al.] // Bulletin of universities. Forestry journal. - 2018. - №4. - P. 31 - 39.
5. Kireeva, K. A. Development of an artificial neural network for ECG classification / K. A. Kireeva, L. A. Korobova, D. V. Arapov // Modeling of systems and processes. - 2023. - Vol. 16, No. 3. - P. 42 - 54. – DOI: 10.12737/2219-0767-2023-16-3-42-54. EDN PERZZQ.
6. Arapov, D. V. Automated mobile decision-making system for use in special medicine / D. V. Arapov, V. A. Kuritsyn, S. A. Skorobogatov // Modeling of systems and processes. – 2024. – V. 17. No. 3. – P. 7-16. DOI: 10.12737/2219-0767-2024-5-13