

А.К. Бойцов, А.А. Логачев, Х.Г. Мусин

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
КЛОНОВ ГИБРИДНЫХ ПОРОД ДРЕВЕСИНЫ
ДЛЯ ПЛАНТАЦИОННОГО ЛЕСОВЫРАЩИВАНИЯ**

Введение. Повышение устойчивости и качества леса является основной задачей лесного комплекса России. Для решения такой задачи необходимо создание лесных плантаций, которые позволят получить за короткий период выращивания насаждения высокой продуктивности и с заданными характеристиками [Стольников и др., 2011; Бойцов и др., 2020a]. Сейчас лесное семеноводство как важнейшая часть воспроизводства лесов основывается на селекционно-генетических методах, где важнейшая цель ученых – повысить эффективность плантационного лесовыращивания, а для этого необходимо оценивать перспективность использования различных клонов гибридных пород древесины для создания плантаций [Жигунов и др., 2016a; Жигунов и др., 2016b; Бойцов и др., 2020b; Федорков, 2021].

Для определения перспективности использования клонов гибридных пород древесины для плантационного лесовыращивания актуальной задачей является разработка новых алгоритмов оценки биометрических показателей клонов гибридной осины. Одним из актуальных и перспективных путей решения данной задачи является применение искусственных нейронных сетей (ИНС).

ИНС уже успешно применялись для решения частных задач в лесном хозяйстве, например, для картирования лесных и нелесных площадей с использованием Landsat TM, для прогнозирования возникновения и моделирования распространения лесных пожаров, для сегментации и классификации породного состава леса на аэрофотоснимке, для прогноза семеношения лесных культур в условиях техногенных ландшафтов, для классификации лесной растительности [Ясинский и др., 2011; Стефанидоу и др., 2015; Михова, 2016; Кедров и др., 2017; Полещук и др., 2018; Станкевич, 2019].

Методика исследования. Для обучения нейронных сетей и определения перспективности использования клонов гибридных пород древесины для плантационного лесовыращивания были взяты биометрические данные клонов гибридной осины 2018 г.: VTI, SE1, 174/10, W3, ESCH8, ESCH3, ESCH5, L176 [Бойцов и др., 2018a; Бойцов и др., 2018b].

Нейронные сети были написаны на Visual Basic 6.0. Архитектура первой сети включает входной слой из 3 нейронов, 1 скрытый слой с 6 нейронами и выходной слой из 1 нейрона; архитектура второй сети включает в себя входной слой из 3 нейронов, 2 скрытых слоя по 6 нейронов и выходной слой из 1 нейрона (рис. 1, рис. 2).

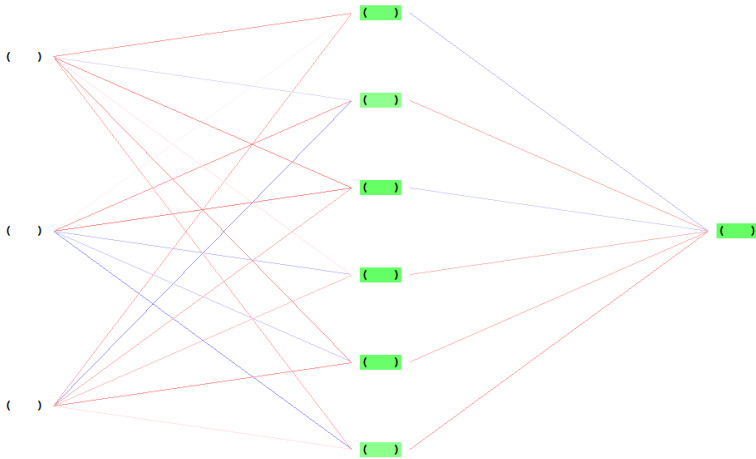


Рис. 1. Архитектура ИНС 1
Fig. 1. Architecture of the ANN 1

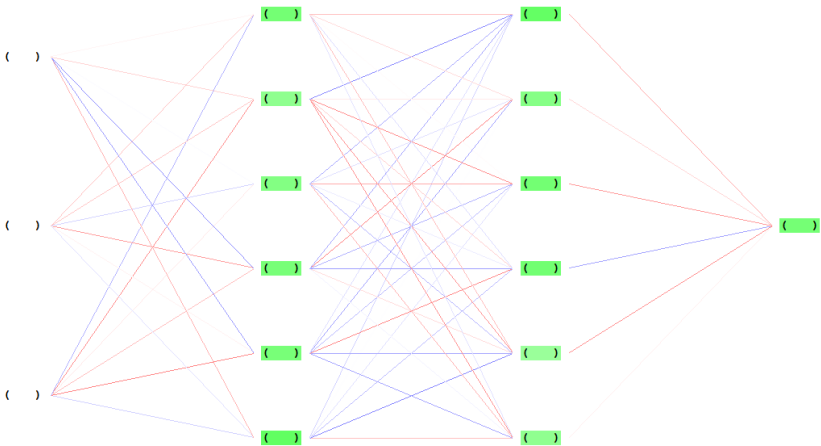


Рис. 2. Архитектура ИНС 2
Fig. 2. Architecture of the ANN 2

Результаты исследования. В ходе выполнения работы были построены две нейронные сети, в которые были загружены нормализованные исходные биометрические данные для обучения определения перспективности использования клонов гибридных пород древесины для плантационного лесовыращивания (табл.1, рис.3).

Таблица 1

Исходные биометрические данные клонов гибридной осины для обучения ИНС

Initial biometric data of hybrid aspen clones for ANN training

Клон	Приживаемость, %	h 2017, см	d 2017, мм	Скрытый коэффициент перспективности	Наблюдаемая перспективность
L176	40	220	10	0,669021892	0,33
ESCH5	40	460	40,3	1,908346592	0,95
ESCH3	40	510	40,5	2,005937556	1,00
174/10	60	365	25,6	1,34667573	0,67
ESCH8	80	540	30,85	1,807792187	0,90
SE1	100	470	37,17	1,844487661	0,92
W3	100	536,6	37,27	1,970229896	0,98
VTI	75	490	40	1,955865963	0,98
Среднее		451,2	31,71		

Пример верных входных и выходных данных, например, если входные {0.25,0}, а выходные {1,0.01} - пишется как "0.25,0,1,0.01"

in → out

3,6,1

0.4,0.00454545454545455,0.1,0.333520796974458
0.4,0.00217391304347826,0.403,0.951348952078246
0.4,0.00196078431372549,0.405,1
0.6,0.00273972602739726,0.256,0.671344791594856
0.8,0.00185185185185185,0.3085,0.901220569720147
1,0.00212765957446809,0.371666666666667,0.919513997486778
1,0.00186335403726708,0.372666666666667,0.982199017045484
0.75,0.00204081632653061,0.4,0.975038309102146

Рис. 3. Пример ввода исходных нормализованных данных для обучения ИНС 1

Fig. 3. Example of input normalized input data for training ANN 1

В ходе исследования и обучения ИНС 1 было проведено 9900 итераций (шагов) в результате чего точность составила 98.197%, а в ходе 9900 итераций ИНС 2 точность составила 96, 317% (рис. 4 и 5).

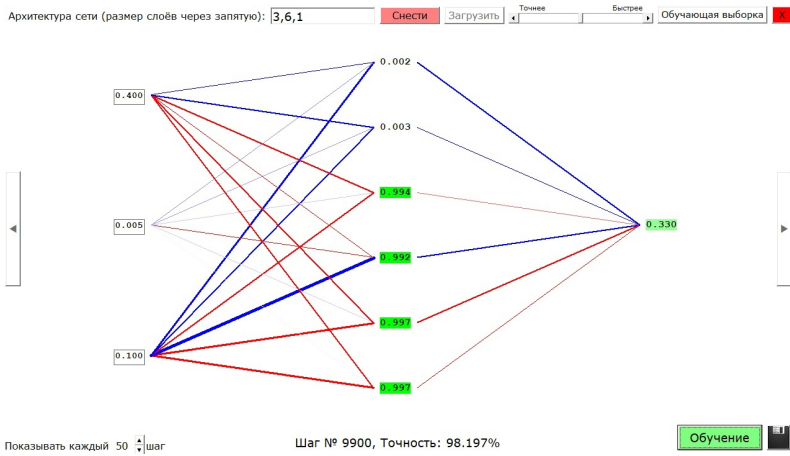


Рис. 4. ИНС 1 после обучения
Fig. 4. ANN 1 after training

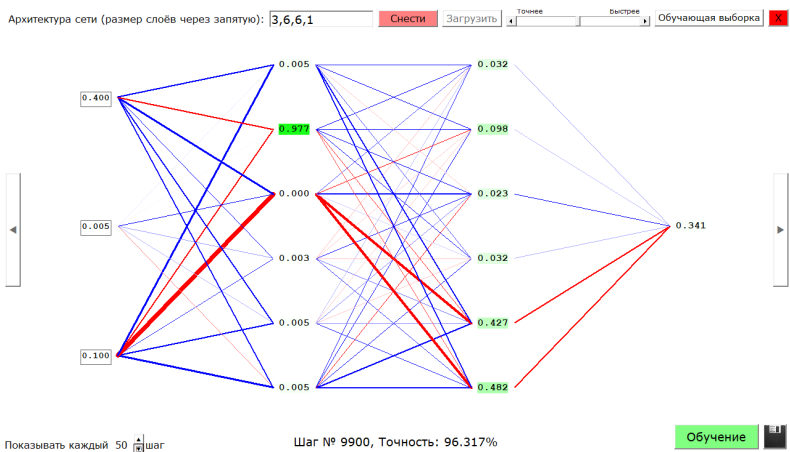


Рис. 5. ИНС 2 после обучения
Fig. 5. ANN 2 after training

Количество шагов означает, сколько раз было проведено обучение нейронной сети по каждой строке исходных биометрических данных. Связи между нейронами обозначены красным и синим цветом. В математическом смысле красным цветом обозначены отрицательные связи, синим – положительные. Чем шире связь, тем сильнее влияет один нейрон на другой.

Затем в слой исходных данных ИНС 1 ввели нормализованные биометрические данные клона VTI: первый показатель – по приживаемости (0,750), второй - по высоте (0,002), третий по диаметру (0,400) и получили на выходе перспективность 0,970 (рис. 6). Прodelали то же на ИНС 2 и получили перспективность 0,963 (рис. 7).

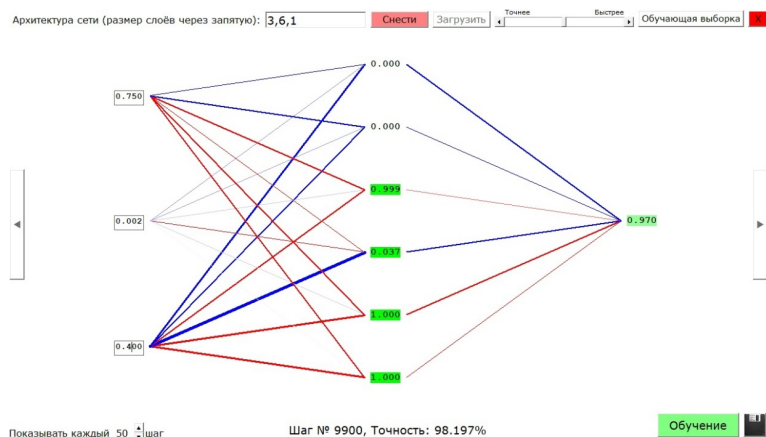


Рис. 6. Пример оценки перспективности клона гибридной осины VTI по нормализованным биометрическим данным ИНС 1

Fig. 6. An example of assessing the promisingness of the hybrid aspen clone VTI according to normalized biometric data of ANN 1

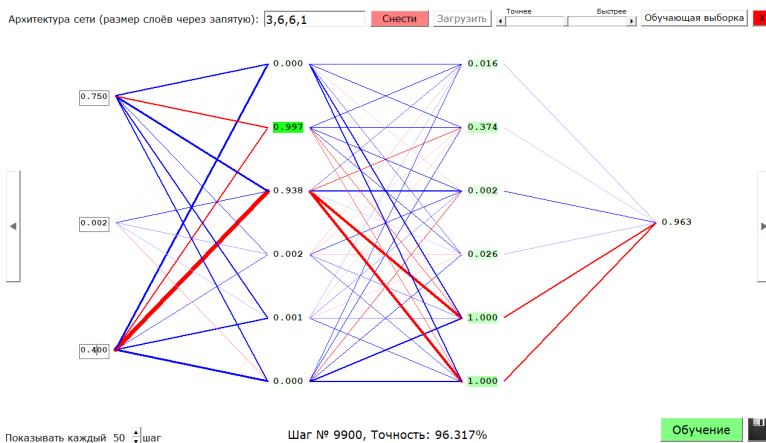


Рис. 7. Пример оценки перспективности клона гибридной осины VTI по нормализованным биометрическим данным ИНС 2

Fig. 7. An example of assessing the promisingness of the hybrid aspen clone VTI according to normalized biometric data of ANN 2

По результатам данного исследования была составлена сравнительная характеристика точности ИНС 1 и ИНС 2 для оценки перспективности клонов гибридных пород древесины (табл. 2).

Таблица 2

Сравнительная характеристика точности ИНС 1 и ИНС 2 для оценки перспективности клонов гибридных пород древесины

Comparison of the accuracy of ANN 1 and ANN 2 for assessing the prospectivity of hybrid wood species clones

Клон	Прижи- ваемость	h 2017, см	d 2017, мм	Расчётная перспек- тивность (ИНС)		Наблюдае- мая перспек- тивность	Отклонение, %	
				ИНС 1	ИНС 2		ИНС 1	ИНС 2
L176	40	220	10	0,330	0,340	0,334	0,35	0,65
ESCH5	40	460	40,3	0,972	0,963	0,951	2,07	1,17
ESCH3	40	510	40,5	0,972	0,963	1,000	2,80	3,70
174/10	60	365	25,6	0,680	0,731	0,671	0,87	5,97
ESCH8	80	540	30,85	0,887	0,892	0,901	1,42	0,92
SE1	100	470	37,17	0,960	0,961	0,920	4,05	4,15
W3	100	536,67	37,27	0,960	0,962	0,982	2,22	2,02
VTI	75	490	40	0,970	0,963	0,975	0,50	1,20
Сумма отклонений							14,28	19,77

Сравнение двух ИНС показало, что ИНС 1 более точная, так как её отклонение на 3,49% меньше ИНС 2 от наблюдаемой перспективности.

По оценке расчётной перспективности ИНС 1, как наиболее точной, были отмечены наиболее перспективные клоны гибридных пород VTI (0,970), ESCH3 (0,972), ESCH5 (0,972).

Выводы. В настоящее время наиболее перспективным является использование ИНС для определения перспективности использования различных пород древесины, прежде всего, для плантационного лесовыращивания.

По результатам работы было создано и обучено 2 ИНС. После чего полученные результаты были проанализированы и была выбрана первая ИНС как оптимальная по точности.

В ходе использования разработанной ИНС 1 в качестве наиболее перспективных для плантационного лесовыращивания были выявлены клоны гибридных пород древесины VTI, ESCH3, ESCH5.

Внедрение ИНС в отрасль лесного хозяйства упрощает оценку результатов биометрических показателей древесины, особенно для начинающих специалистов, что обеспечивает последующую точную оценку перспективности пород древесины.

Библиографический список

Бойцов А.К., Дуллинская Д.Д. Воспроизводство лесов в России // Актуальные вопросы в лесном хозяйстве: матер. IV Междуна. науч.-практ. конф. молодых уче-

ных, Санкт-Петербург, 11–12 ноября 2020 года. СПб.: Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, 2020а. С. 15–20.

Бойцов А.К., Дуплинская Д.Д. Современное состояние лесного семеноводства в России // Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России: сб. матер. Всерос. науч.-метод. конференции с междунар. участием, посвящ. 90-летию Ивановской государственной сельскохозяйственной академии имени д.к. Беляева». Иваново: Ивановская ГСХА, 2020б. Т.1. С. 29–33.

Бойцов А.К., Жигунов А.В. Отбор клонов гибридных тополей и гибридной осины на повышение продуктивности и устойчивости // Актуальные вопросы в лесном хозяйстве: матер. II молодежной междунар. научно-практ. конференции, Санкт-Петербург, 14–15 ноября 2018 года. СПб.: Полиграф экспресс, 2018а. С. 30–34.

Бойцов А.К., Жигунов А.В., Григорьев А.А., Бондаренко А.С. Оценка перспективности использования клонов гибридных тополей и осины для плантационного лесовыращивания в условиях Северо-Запада России // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: матер. третьей Междунар. научно-технической конференции, Санкт-Петербург, 23–24 мая 2018 года / под ред. В.М. Гедьо. СПб.: Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, 2018б. С. 40–43.

Жигунов А.В., Данилов Д.А., Заринов Р.Р. Создание плантаций гибридных тополей и Осин в Ленинградской области на постагроденных землях // Развитие земледелия в Нечерноземье: проблемы и их решение : сб. трудов по итогам Междунар. научно-практической конференции, Санкт-Петербург – Пушкин, 09 ноября 2016 года. Санкт-Петербург – Пушкин: ФГБНУ «Ленинградский научно-исследовательский институт сельского хозяйства «Белогорка», 2016б. С. 157–161.

Жигунов А.П., Маркова И.А., Григорьев А.А. и др. Плантационное лесовыращивание в условиях Северо-Запада России // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: матер. научно-техн. конференции, Санкт-Петербург, 13–15 апреля 2016 года / под. ред. В.М. Гедьо. СПб.: Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, 2016а. С. 143–145.

Кедров А.В., Тарасов А.В. Классификация лесной растительности методом нейронных сетей. Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления, 2017. № 22, С. 44–54.

Михова Е.Д. Классификация породного состава леса на аэрофотоснимке с использованием нейронной сети // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2016. № 1 (12). С. 632–634.

Полежаук О.М., Васильев С.Б. Нейронечеткая модель для прогноза семенования лесных культур в условиях техногенных ландшафтов // Лесной вестник / Forestry bulletin. 2018. № 22 (1). С. 31–35.

Станкевич Т.С. Моделирование распространения лесного пожара при нестационарности и неопределенности посредством искусственного интеллекта и глубокого машинного обучения // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2019. № 3. С. 97–107.

Стефанидоу А., Драгози Э., Томпоулидоу М., Янис З.Г. Картирование лесных и не лесных площадей с использованием Landsat TM и алгоритма "искус-

ственные нейронные сети" (ANNs) // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2015. № 1(25). С. 22–33.

Стольников А.С., Иозус А.П., Крючков С.Н. Современное состояние и перспективы развития лесного семеноводства в России//Современные проблемы науки и образования. Пенза: Изд. дом «Академия Естествознания». 2011. № 6. 275 с.

Федорков А.Л. Объем и качество ствола гибридной и обычной осины в клоновом архиве // ИВУЗ. Лесной журнал, 2021. № 1 (379). С. 92–98.

Ясинский Ф.Н., Потемкина О.В., Сидоров С.Г., Евсеева А.В. Прогнозирование вероятности возникновения лесных пожаров с помощью нейросетевого алгоритма на многопроцессорной вычислительной технике // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. 2011. № 2. С. 82–84.

References

Boitsov A.K., Duplinskaya D.D. Sovremennoye sostoyaniye lesnogo semenovodstva v Rossii. *Agrarnaya nauka v usloviyakh modernizatsii i innovatsionnogo razvitiya APK Rossii*: sb. materialov Vserossiyskoy nauchno-metodicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem. posvyashchennaya 90-letiyu Ivanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii imeni d.k. Belyayeva. Ivanovo: Ivanovskaya GSKhA, 2020, vol. 1, pp. 29–33. (In Russ.)

Boitsov A.K., Duplinskaya D.D. Vospriizvodstvo lesov v Rossii. *Aktualnyye voprosy v lesnom khozyaystve* : materialy IV mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh. Sankt-Peterburg. 11–12 noyabrya 2020 goda. SPb.: Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy lesotekhnicheskii universitet imeni S.M. Kirova. 2020, pp. 15–20. (In Russ.)

Boitsov A.K., Zhigunov A.V. Otbor klonov gibridnykh topoley i gibridnoy osiny na povysheniye produktivnosti i ustoychivosti. *Aktualnyye voprosy v lesnom khozyaystve* : materialy II molodezhnoy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Sankt-Peterburg. 14–15 noyabrya 2018 goda. SPb.: Poligraf ekspress. 2018, pp. 30–34. (In Russ.)

Boitsov A.K., Zhigunov A.V., Grigoryev A.A., Bondarenko A.S. Otsenka perspektivnosti ispolzovaniya klonov gibridnykh topoley i osiny dlya plantatsionnogo lesovyrashchivaniye v usloviyakh Severo-Zapada Rossii. *Lesnaya Rossiya: politika. promyshlennost. nauka. obrazovaniye*: materialy tretyey mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Sankt-Peterburg. 23–24 maya 2018 goda / pod red. V.M. Gedo. SPb.: Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy lesotekhnicheskii universitet im. S.M. Kirova, 2018, pp. 40–43. (In Russ.)

Fedorov A.L. Obyem i kachestvo stvola gibridnoy i obychnoy osiny v klonovom arkhive. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal*, 2021, no. 1 (379), pp. 92–98. (In Russ.)

Kedrov A.V., Tarasov A.V. Klassifikatsiya lesnoy rastitelnosti metodom neyronnykh setey. *Vestnik Permskogo natsionalnogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Elektrotehnika. informatsionnyye tekhnologii. sistemy upravleniya*, 2017, no. 22, pp. 44–54. (In Russ.)

Mikhova E.D. Klassifikatsiya porodnogo sostava lesa na aerofotosnimke s ispolzovaniyem neyronnoy seti. *Aktualnyye problemy aviatsii i kosmonavтики*, 2016, no. 1 (12), pp. 632–634. (In Russ.)

Poleshchuk O.M., Vasilyev S.B. Neyronechetkaya model dlya prognoza semenosheniya lesnykh kultur v usloviyakh tekhnogennykh landshaftov. *Lesnoy vestnik / Forestry bulletin*, 2018, no. 22 (1), pp. 31–35. (In Russ.)

Stankevich T.S. Modelirovaniye rasprostraneniya lesnogo pozhara pri nestatsionarnosti i neopredelennosti posredstvom iskusstvennogo intellekta i glubokogo mashinnogo obucheniya. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravleniye. vychislitel'naya tekhnika i informatika*, 2019, no. 3, pp. 97–107. (In Russ.)

Stefanidou A., Dragozi E., Tompoulidou M., Yanis Z.G. Kartirovaniye lesnykh i ne lesnykh ploshchadey s ispolzovaniyem Landsat TM i algoritma «iskusstvennyye neyronnyye seti» (ANNs). *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopolzovaniye*, 2015, no. 1(25), pp. 22–33. (In Russ.)

Stolnov A.S., Iozov A.P., Kryuchkov S.N. Sovremennoye sostoyaniye i perspektivy razvitiya lesnogo semenovodstva v Rossii//Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. Penza: Izd. dom «Akademiya Estestvoznaniya», 2011, no. 6. 275 p. (In Russ.)

Yasinskiy F.N., Potemkina O.V., Sidorov S.G., Evseyeva A.V. Prognozirovaniye veroyatnosti vozniknoveniya lesnykh pozharov s pomoshchyu neyrosetevogo algoritma na mnogoprotsessornoy vychislitel'noy tekhnike. *Vestnik Ivanovskogo gosudarstvennogo energeticheskogo universiteta*, 2011, no. 2, pp. 82–84. (In Russ.)

Zhigunov A.P., Markova I.A., Grigoryev A.A. i dr. Plantatsionnoye lesovyrashchivaniye v usloviyakh Severo-Zapada Rossii. *Lesa Rossii: politika. promyshlennost. nauka. obrazovaniye* : materialy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Sankt-Peterburg. 13–15 aprelya 2016 goda / pod. red. V.M. Gedo. SPb.: Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy lesotekhnicheskiiy universitet im. S.M. Kirova, 2016, pp. 143–145. (In Russ.)

Zhigunov A.V., Danilov D.A., Zaripov R.R. Sozdaniye plantatsiy gibridnykh topoley i Osin v Leningradskoy oblasti na postagrogennykh zemlyakh. *Razvitiye zemledeliya v Nechernozemye: problemy i ikh resheniye* : sb. trudov po itogam mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Sankt-Peterburg – Pushkin. 09 noyabrya 2016 goda. Sankt-Peterburg – Pushkin: Federalnoye gosudarstvennoye byudzhethnoye nauchnoye uchrezhdeniye «Leningradskiy nauchno-issledovatel'skiy institut selskogo khozyaystva «Belogorka». 2016, pp. 157–161. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию 21.05.2021

Бойцов А.К., Логачев А.А., Мусин Х.Г. Использование искусственных нейронных сетей для определения перспективности использования клонов гибридных пород древесины для плантационного лесовыращивания // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2021. Вып. 237. С. 288–298. DOI: 10.21266/2079-4304.2021.237.288-298

Оценка перспективности использования клонов гибридных пород древесины является одной из актуальных задач для повышения эффективности

плантационного лесовыращивания. Одним из перспективных путей решения данной задачи является применение искусственных нейронных сетей (ИНС). Учёная работа является одной из немногих, где применяется ИНС для решения подобных задач в лесном хозяйстве. Для обучения нейронных сетей и определения перспективности использования клонов гибридных пород древесины для плантационного лесовыращивания были взяты биометрические данные клонов гибридной осины 2018 г. В ходе выполнения работы были построены две ИНС, где архитектура первой сети включает входной слой из 3 нейронов, 1 скрытый слой с 6 нейронами и выходной слой из 1 нейрона; архитектура второй сети включает в себя входной слой из 3 нейронов, 2 скрытых слоя по 6 нейронов и выходной слой из 1 нейрона, в которые были загружены нормализованные исходные биометрические данные для обучения определения перспективности использования клонов гибридных пород древесины для плантационного лесовыращивания. По результатам данного исследования была составлена сравнительная характеристика точности ИНС 1 и ИНС 2, которая показала, что ИНС 1 более точная, так как её отклонение на 3,49% меньше ИНС 2. Результаты настоящей работы подтвердили перспективность применения ИНС для оценки использования клонов гибридных пород древесины для плантационного лесовыращивания. По оценке расчётной перспективности ИНС 1 для плантационного лесовыращивания были выявлены клоны гибридных пород древесины VTI, ESCH3, ESCH5. Внедрение ИНС в отрасль лесного хозяйства упрощает оценку результатов биометрических показателей древесины, особенно для начинающих специалистов, что обеспечивает последующую точную оценку перспективности пород древесины.

Ключевые слова: плантационное лесовыращивание, гибридные породы древесины, искусственные нейронные сети, нейросети в лесном хозяйстве.

Boitsov A.K., Logachev A.A., Musin H.G. Using artificial neural networks to determine the prospects of using hybrid tree clones for plantation reforestation. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhnicheskoy Akademii*, 2021, iss. 237, pp. 288–298 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2021.237.288-298

Assessing the prospects of using hybrid wood clones is one of the urgent tasks to improve the efficiency of plantation silviculture. One of the promising ways to solve this problem is the use of artificial neural networks (ANN). This research work is one of the few where ANN are used to solve such problems in forestry. Biometric data from 2018 hybrid aspen clones were taken to train neural networks and determine the potential use of hybrid wood clones for plantation silviculture. During this work, two ANNs were constructed where the architecture of the first network includes an input layer of 3 neurons, 1 hidden layer with 6 neurons and an output layer of 1 neuron, the architecture of the second network includes an input layer of 3 neurons, 2 hidden layers of 6 neurons and an output layer of 1 neuron, into which the normalized input biometric data were loaded for learning to determine the prospective use of hybrid wood species clones for plantation silviculture. Based on the results of this study, a comparison of the accuracy of ANN 1 and ANN 2 was made, which showed that ANN 1 was more accurate because its bias was 3,49% less than ANN 2. The results of this

work confirmed the promise of using ANN to evaluate the use of hybrid wood clones for plantation reforestation. According to the evaluation of the calculated promisingness of ANN 1 for plantation silviculture, VTI, ESCH3 and ESCH5 hybrid wood clones were identified. The introduction of ANN in the forestry industry simplifies the evaluation of wood biometric results, especially for beginners, which provides a subsequent accurate assessment of the perspective of wood species.

Keywords: plantation forestry, hybrid wood species, artificial neural networks, neural networks in forestry.

БОЙЦОВ Александр Константинович – программист кафедры информационных систем и технологий Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, магистрант. ORCID: 0000-0002-3417-2818, SPIN-код: 4571-1633, Scopus AuthorID: 7245828400

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: A.K.Boitsov@yandex.ru

BOITSOV Alexandr K. – programmer of the department of information systems and technologies of St.Petersburg State Forest Technical University, master's student. ORCID: 0000-0002-3417-2818, SPIN-code: 4571-1633, Scopus AuthorID: 7245828400.

194021. Institutskiy per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: A.K.Boitsov@yandex.ru

ЛОГАЧЕВ Алексей Андреевич – старший преподаватель кафедры информационных систем и технологий Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова. SPIN-код: 3552-1887.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: LogachevAA@live.ru

LOGACHEV Aleksey A. – Senior Lecturer, Department of Information Systems and Technologies, St.Petersburg State Forest Technical University. SPIN-code: 3552-1887.

194021. Institutskiy per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: LogachevAA@live.ru

МУСИН Харис Гайнутдинович – профессор кафедры «Лесоводство и лесные культуры» Казанского государственного аграрного университета, доктор сельскохозяйственных наук. SPIN-код: 2744-6995

420015, ул. Карла Маркса, д. 65, г. Казань, Республика Татарстан. E-mail: haris.musin@rambler.ru

MUSIN Haris G. – DSc (Agriculture), Professor, Department of Forestry and Forest Cultures, Kazan State Agrarian University.

420015. Karl Marx str. 65. Kazan, Republic of Tatarstan. E-mail: haris.musin@rambler.ru