

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 100–108.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 100–108.

Научная статья

УДК 004.042

DOI: 10.51318/FRET.2025.92.1.011

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ РУБОК ДРЕВОСТОЯ

Евгения Васильевна Анянова¹, Татьяна Сергеевна Новоселова²,
Владимир Васильевич Андрейковец³

¹⁻³ Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

¹ anyanovagv@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0009-0004-4267-975C>

² novoselovats@m.usfeu.ru

³ andrejkovec07@yandex.ru

Аннотация. Статья направлена на совершенствование моделирования рубок древостоя посредством разработки автоматизированной программы. Авторами предлагается создание информационных моделей, помогающих принимать решения при планировании рубок древостоя. Разработанная программа позволит учитывать различные факторы и параметры. Авторы описывают созданную ими информационную систему, которая позволяет создавать информационные модели, на основании которых принимаются управленческие решения при планировании различных видов рубок. Изучены программные продукты, предназначенные для моделирования лесных экосистем, выявлены их недостатки, которые были учтены при создании и разработки новой программы моделирования древостоя. На основании анализа изученных программ определены требуемая функциональность системы, критерии для оценки качества моделирования и прогнозирования роста деревьев. Входной информацией для наполнения системы являются такие параметры, как тип леса, возраст древостоя, площадь, ширина лесосеки. Дополнительной необходимой информацией система может постоянно наполняться. Представлены алгоритм действий при проектировании информационной программы, входящая и исходящая информация в виде Excel-документов. Имеется описание работы системы. Также в статье представлены этапы разработки программы моделирования рубок древостоя, включая анализ требований, проектирование и разработку программы, тестирование ее функциональности и оценку полученных результатов. Для разработки программы моделирования рубок древостоя были выбраны языки JavaScript и HTML, так как они являются самыми удобными для визуализации и несложными. Все эти факторы являются ключевыми. Для визуализации использован программный язык CSS. Определено необходимое программное и техническое обеспечение для запуска программы.

Ключевые слова: моделирование, рубки древостоя, программа, система

Для цитирования: Анянова Е. В., Новоселова Т. С., Андрейковец В. В. Разработка программы моделирования рубок древостоя // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 100–108.

Original article

DEVELOPMENT OF A PROGRAM FOR MODELING LOGGING OF A STAND

Evgeniya V. Anyanova¹, Tatyana S. Novoselova², Vladimir V. Andreykovets³

¹⁻³ Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

¹ anyanovagv@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0009-0004-4267-975C>

² novoselovats@m.usfeu.ru

³ andreykovec07@yandex.ru

Abstract. The article is aimed at improving the modeling of logging of a stand, through the development of an automated program. The authors propose the creation of information models to help make decisions when planning logging. The developed program will allow you to take into account various factors and parameters. The authors describe the information system they created, which allows them to create information models on the basis of which management decisions are made when planning various types of logging. Software products designed for modeling forest ecosystems have been studied, their shortcomings have been identified, which were taken into account when creating and developing a new stand modeling program. Based on the analysis of the studied programs, the following were determined: the required functionality of the system, criteria for evaluating the quality of modeling and forecasting tree growth. The input information for filling the system are parameters such as the type of forest, the age of the stand, the area, the width of the cutting areas. The system can be constantly filled with additional necessary information. The algorithm of actions in the design of an information program is presented. Incoming and outgoing information is presented in the form of Excel documents. There is a description of how the system works. The article also presents the stages of development of a stand felling simulation program, including requirements analysis, program design and development, testing of its functionality and evaluation of the results obtained. JavaScript and HTML were chosen to develop a program for modeling logging, as they are the most convenient for visualization and not complex programming languages. All these factors are key. The CSS programming language is used for visualization. The necessary software and hardware have been identified to run the program.

Keywords: modeling, logging, program, system

For citation: Anyanova E. V., Novoselova T. S., Andreykovets V. V. Development of a program for modeling logging of a stand // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 100–108.

Введение

В настоящее время существует широкий спектр программных продуктов, предназначенных для моделирования рубок древостоя и оценки их воздействия на лесные экосистемы. В данный спектр входят такие программы, как система SIBYLA, REMOS, SORTIE-ND, SILVA, Prognosis Model for Stand Development, SORTIE-ND, Cox Proportional Hazard Model (CoxPH), iLand (individual-based forest landscape and disturbance model), Heureka, SIMFOR (Silviculture Management and Forest Operations Research Model), EFIMOD (Ecological Forest Model), Woodstock, ForestGALES, CubiCalc,

SIMPPLLE, FORECAST, Landis-II, CBM-CFS3 и др. Перечисленные системы были нами изучены, выявлены их преимущества и недостатки. В общей совокупности системы предназначены в той или иной степени для моделирования лесных экосистем, оптимизации процесса рубок с учетом экономических и экологических факторов, а также выживаемости и продуктивности лесов. Актуальность новой разработки программы моделирования видов рубок состоит в том, что большинство перечисленных программ давно устарели, не обновляются в связи с тем, что разработки приостановлены, не являются отечественными, интерфейс

подобных программ на иностранном языке, что затрудняет взаимодействие с пользователем. Устойчивое лесное хозяйство является неотъемлемой частью в управлении лесными ресурсами, оптимизации процесса рубок, прогнозировании и анализе моделирования рубок (Motti компьютерная система..., 2012; Петровский, 2011).

Проблема и актуальность разработки новой программы моделирования рубок древостоя связаны с необходимостью эффективного и устойчивого управления лесными ресурсами. Основные аспекты проблемы и актуальности данной разработки: устойчивое лесное хозяйство при неправильном планировании и выполнении рубок может привести к ухудшению экосистемы, снижению биоразнообразия и непродуктивности использования лесных ресурсов; оптимизация процесса рубок, которая должна приводить к увеличению прироста и максимизации экономической эффективности; прогнозирование и анализ воздействия на лесную экосистему и окружающую среду; обучающие ресурсы, которые могут служить образовательным инструментом для студентов, специалистов в области лесного хозяйства и других заинтересованных лиц. Разработка программы моделирования рубок древостоя позволяет учитывать различные факторы и параметры, чтобы принимать информированные решения и обеспечивать устойчивое лесное хозяйство, достичь наилучших результатов при лесопользовании, сохранить биологическое разнообразие.

Цель, задачи

и методика исследования

Целью работы является создание программы повышения эффективности и упрощения видов рубок, отслеживание и рубка больных деревьев и возможность прогноза роста новых деревьев.

На основе информационно-аналитического анализа систем моделирования видов рубок древостоя были выявлены для проектируемой программы ее функциональность, критерии для оценки качества моделирования и прогнозирования роста деревьев.

Для достижения поставленной цели был определен алгоритм действий для проектирования информационной программы:

- анализ требований: провести анализ и изучение основных параметров и факторов, влияющих на рубки древостоя, таких как тип леса, состав древостоя, возраст деревьев, географическое расположение и другие факторы. Также определить функциональные требования к программе моделирования, учитывая потребности лесных управлений и специалистов в области лесного хозяйства (Рогозин, 2023);

- проектирование программы: разработать структуру программы и выбрать наиболее подходящую программную платформу или язык программирования. Создать алгоритм и модели, которые будут использованы для моделирования рубок древостоя;

- разработка программы: написать код программы на выбранном языке программирования с использованием разработанных алгоритмов и моделей (Зудилова, Буркова, 2012; Минязев, 2022). Реализовать пользовательский интерфейс, который позволит пользователям вводить параметры моделирования и визуализировать результат в программе (Янцев, 2024);

- тестирование и оценка программы: провести тестирование программы на различных тестовых данных и сценариях, а также сравнить полученные результаты моделирования с ожидаемыми. Оценить точность и эффективность программы, а также ее потенциал в решении реальных задач лесного хозяйства;

- заключение и дальнейшее развитие: обобщить результаты работы и достижение поставленной цели. Сделать выводы о преимуществах и возможностях программы моделирования рубок древостоя. Предложить рекомендации по дальнейшему развитию и усовершенствованию программы, включая расширение функциональности, улучшение точности моделей и добавление дополнительных параметров.

1. Программа на уже готовой виртуальной лесосеке должна показывать информацию о каждом дереве при наведении курсора:

- размер дерева: высота, диаметр ствола и размер кроны дерева;

- состояние дерева: живое или срубленное;

- сведения о дереве: является дерево большим или здоровым.

2. Программа должна показывать, что дерево срублено, и отображать дальнейшее развитие участка, на котором было срублено дерево:

- визуализация срубленных деревьев: после рубки программа должна показывать срубленные деревья на виртуальной лесосеке, возможно, с пометками или специальными символами;

- визуализация дальнейшего развития участка: программа должна предсказывать и отображать дальнейшее развитие участка после рубки, показывая рост новых деревьев, их расположение и пространственное распределение;

- после рубки показывать рост новых деревьев, их расположение и пространственное распределение;

- отображение лежащего срубленного дерева: программа должна показывать место, где срубленное дерево будет располагаться на участке после рубки. Это может быть в виде отметки или символа, указывающего на местоположение срубленного дерева;

- выполнение данных требований позволит создать функциональность программы моделирования рубок древостоя, которая предоставит пользователю информацию о каждом дереве на лесосеке, отобразит срубленные деревья и покажет дальнейшее развитие участка после рубки.

Разработка критериев для оценки качества моделирования и прогнозирования роста деревьев позволит оценить эффективность и точность программы моделирования рубок древостоя (Петровский и др., 2014). Ниже приведены критерии, которые можно использовать для этой цели.

1. Программа должна визуализировать определенный участок леса, предоставлять информацию о каждом дереве. При наведении на дерево программа должна показывать информацию, такую как высота, диаметр, возраст, вид дерева и другие характеристики.

2. Моделирование рубок деревьев: программа должна иметь возможность моделировать рубки деревьев на выбранном участке леса. Она должна показывать, какие деревья были срублены, а также показывать участок, где было срублено дерево, и расположение срубленного дерева.

3. Прогнозирование роста леса после рубки: программа должна предоставлять прогнозы о дальнейшем развитии участка после рубки. Она должна показывать, какие деревья будут расти на участке после рубки, и предсказывать их будущую высоту, диаметр и другие характеристики.

4. Учет влияния окружающей среды: программа должна учитывать факторы окружающей среды, которые могут влиять на рост и развитие деревьев, такие как доступ к солнечному свету, почва, влажность и т.д. Она должна учитывать эти факторы при моделировании и прогнозировании роста.

5. Точность прогнозирования: программа должна предоставлять точные и надежные прогнозы роста деревьев. Она должна быть способна предсказывать высоту, диаметр и другие параметры деревьев с высокой степенью точности и низким уровнем ошибок.

6. Валидация на независимых данных: программа должна быть проверена и протестирована на независимых данных, которые не использовались в процессе разработки модели. Это позволит оценить способность программы делать точные прогнозы на новых данных.

7. Гибкость и настраиваемость: программа должна быть гибкой и настраиваемой, позволяя пользователям изменять параметры моделирования и адаптировать ее к конкретным условиям и требованиям. Она должна иметь возможность учитывать различные виды деревьев, региональные особенности и другие факторы.

Входящая информация поступает в виде Excel-документов. Эта информация генерируется случайно или вводится вручную путем редактирования Excel-документа.

Excel-документ содержит следующую информацию:

- крона – диаметр кроны дерева;
- ширина – ширина ствола дерева;
- высота – высота ствола дерева;
- X – координаты дерева по оси X;
- Y – координаты дерева по оси Y;
- плохое – обозначение дерева как плохого.

На рис. 1 представлен вид входящей информации (фрагмент).

Для наглядной демонстрации работы программы был сделан алгоритм, который генерирует модель древостоя, состоящего примерно из 9300 деревьев на 500 м².

Результаты исследования и их обсуждение

Результатом работы являются отчеты, выгружаемые из программы в виде Excel-документов, которые содержат следующую информацию:

1) отчет о срубленных деревьях, который предоставляет всю доступную информацию о ранее срубленных деревьях;

2) отчет о плохих деревьях, который предоставляет всю доступную информацию о заболевших, неудовлетворительных по требованиям качества деревьях;

3) отчет о новых деревьях, который предоставляет всю доступную информацию о деревьях, которые визуализируются после нажатия кнопки «Прогноз роста новых деревьев»;

4) отчет о имеющихся деревьях, который предоставляет всю доступную информацию о всех деревьях.

При запуске программы выходит окно авторизации, которое требует пароль для входа. После авторизации становится доступной визуальная модель леса и функциональные кнопки (рис. 2).

	A	B	C	D	E	F
1	Крона	Ширина	Высота	X	Y	Плохое
2	1,71	0.57	6.84	213	145	ИСТИНА
3	3,1	1.03	12.40	44	191	ИСТИНА
4	1,34	0.45	5.36	358	480	ИСТИНА
5	3,3	1.10	13.20	118	85	ИСТИНА
6	1,14	0.38	4.56	264	298	ИСТИНА
7	3,47	1.16	13.88	304	145	ИСТИНА
8	2,84	0.95	11.36	268	316	ИСТИНА
9	2,77	0.92	11.08	47	297	ИСТИНА

Рис. 1. Фрагмент входящей информации
Fig. 1. Type of incoming information

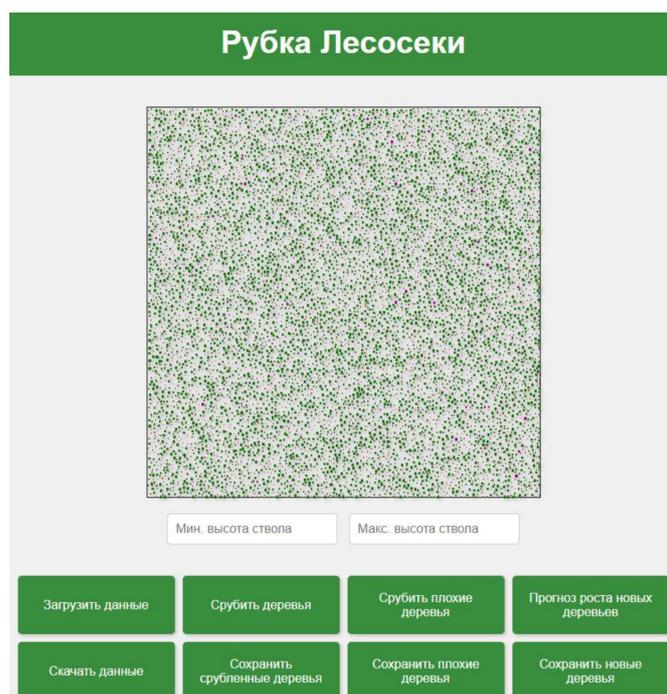


Рис. 2. Визуальная модель леса и функциональные кнопки
Fig. 2. A visual model of the forest and functional buttons

При нажатии на любое дерево выходит окно с информацией о дереве (рис. 3).



Рис. 3. Окно информации о дереве
 Fig. 3. The Tree Information window

При нажатии кнопки «Загрузить данные» загружаются данные о лесе, сгенерированные случайным образом и отображаемые на визуальной модели (рис. 4).

При нажатии кнопки «Скачать данные» в формате *.xmls скачиваются все данные о лесе. При нажатии кнопки «Срубить деревья» на визуальной модели отображаются срубленные деревья в виде «пеньков» и лежащих рядом «Стволов деревьев». Диапазон рубки деревьев задается в input-полях путем указания минимальной и максимальной высоты ствола в «Мин. высота ствола» и «Макс. высота ствола».

При нажатии на кнопку «Сохранить срубленные деревья» программа сохраняет данные о срубленных деревьях в формате *.xmls (рис. 5).

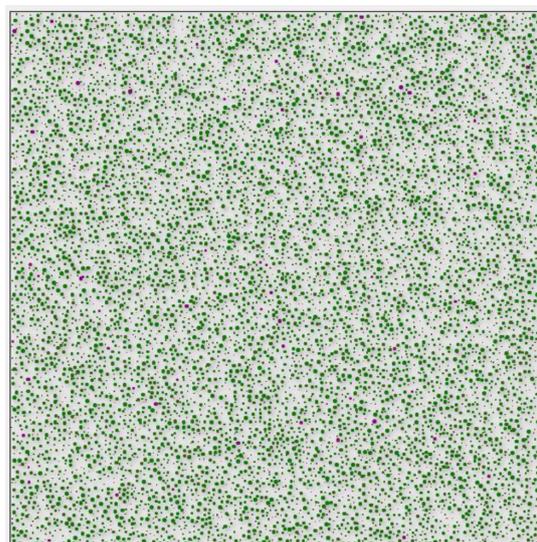


Рис. 4. Визуальное отображение загруженного леса
 Fig. 4. Visual display of the loaded forest

срубленные_деревья (18).xlsx					
	A	B	C	D	E
1	Крона	Ширина	Высота	X	Y
2	3,75	1.25	15.00	96	461
3	3,8	1.27	15.20	361	488
4	3,86	1.29	15.44	137	390
5	3,86	1.29	15.44	301	398
6	3,76	1.25	15.04	71	444
7	3,78	1.26	15.12	447	63
8	3,84	1.28	15.36	231	438
9	3,9	1.30	15.60	277	39

Рис. 5. Отчет о срубленных деревьях
 Fig. 5. Report on felled trees

При нажатии на кнопку «Сохранить плохие деревья» программа сохраняет данные о плохих деревьях в формате *.xmls (рис. 6).

	A	B	C	D	E	F
1	Крона	Ширина	Высота	X	Y	Плохое
2	2,56	0.85	10.24	482	148	ИСТИНА
3	2,66	0.89	10.64	146	491	ИСТИНА
4	2,53	0.84	10.12	102	3	ИСТИНА
5	1,33	0.44	5.32	24	426	ИСТИНА
6	2,5	0.83	10.00	381	389	ИСТИНА
7	3,12	1.04	12.48	194	408	ИСТИНА
8	3,57	1.19	14.28	216	191	ИСТИНА
9	3,32	1.11	13.28	135	109	ИСТИНА

Рис. 6. Отчет о плохих деревьях
Fig. 6. Report on bad trees

При нажатии на кнопку «Сохранить новые деревья» программа сохраняет данные о новых деревьях в формате *.xmls (рис. 7).

	A	B	C	D	E
1	Крона	Ширина	Высота	X	Y
2	0,25	0.08	1.00	499,875	129
3	0,5	0.17	2.00	101	495
4	0,23	0.08	0.92	264	248
5	1,35	0.45	5.40	120	65
6	0,36	0.12	1.44	240	186
7	0,24	0.08	0.96	215	219
8	1,58	0.53	6.32	428	339
9	0,32	0.11	1.28	326	323

Рис. 7. Отчет о новых деревьях
Fig. 7. Report on new trees

Выводы

Была разработана программа, которая предоставляет возможность моделировать рубку лесосеки, прогнозировать дальнейший рост деревьев после завершения рубки, сохранять информацию для возможного дальнейшего использования.

Данная программа позволяет исключить негативные последствия ошибочного планирования рубки древостоя и поможет оптимизировать процесс рубок. Информационная программа разработана средствами языков JavaScript, HTML, CSS.

Список источников

- Зудилова Т. В., Буркова М. Л.* Web-программирование JavaScript : учеб.-метод. пособие. СПб. : НИУ ИТМО, 2012. 68 с.
- Миняев Р. Ш.* Скриптовые языки web-программирования (JavaScript, PHP, html/CSS) : учеб.-метод. пособие. Казань : КНИТУ-КАИ, 2022. 60 с.
- Петровский В. С.* Автоматизация технологических процессов и производств лесопромышленного комплекса : учебник. Воронеж, 2011. 400 с.
- Петровский В. С., Малышев В. В., Мурзинов Ю. В.* Моделирование показателей хода роста одновозрастных сосновых насаждений с проведением рубок ухода в разных типах лесорастительных условий // Лесотехнический журнал. 2014. № 3. С. 21–28.
- Рогозин М. В.* Нужна ли область доминирования в имитационных моделях роста древостоев? // Бюллетень науки и практики. 2023. № 2. С. 35–53.
- Янцев В. В.* JavaScript. Креативное программирование : учеб. пособие для вузов. 2-е изд., стер. СПб. : Лань, 2024, 232 с.
- Motti – компьютерная система поддержки принятия решений в лесном хозяйстве / *Ю. В. Суханов, А. Н. Пеккоев, В. М. Лукашевич, В. К. Катаров* // Resour. Technol. 2012. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/motti-kompyuternaya-sistema-podderzhki-prinyatiya-resheniy-v-lesnom-hozyaystve> (дата обращения: 10.10.2024).

References

- Minyazev R. S.* Scripting languages of web programming (JavaScript, PHP, html/CSS) : educational and methodical manual. Kazan : KNITU-KAI, 2022. 60 p.
- Motti – computer decision support system in forestry / *Yu. V. Sukhanov, A. N. Pekkoiev, V. M. Lukashevich, V. K. Katarov* // Resour. Technol. 2012. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/motti-kompyuternaya-sistema-podderzhki-prinyatiya-resheniy-v-lesnom-hozyaystve> (accessed 10.10.2024).
- Petrovsky V. S.* Automation of technological processes and productions of the timber industry complex : textbook. Voronezh, 2011. 400 p.
- Petrovsky V. S., Malyshev V. V., Murzinov Yu. V.* Modeling of indicators of the course of growth of single-aged pine plantations with logging in different types of forest conditions // Forestry Journal. 2014. № 3. P. 21–28. (In Russ.)
- Rogozin M. V.* Is there a need for a domain of dominance in the simulation models of the growth of stands? // Bulletin of Science and Practice. 2023. № 2. P. 35–53. (In Russ.)
- Yantsev V. V.* JavaScript. Creative programming : a textbook for universities. 2nd ed., ster. St. Petersburg : Lan, 2024. 232 p.
- Zudilova T. V., Burkova M. L.* JavaScript Web programming : an educational and methodological guide. St. Petersburg : NRU ITMO, 2012. 68 p.

Информация об авторах

Е. В. Анянова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Т. С. Новоселова – старший преподаватель;

В. В. Андрейковец – магистр.

Information about the authors

E. V. Anyanova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;

T. S. Novoselova – senior lecturer;

V. V. Andreykovets – master.

Статья поступила в редакцию 14.10.2024; принята к публикации 15.11.2024.

The article was submitted 14.10.2024; accepted for publication 15.11.2024.
