


Оригинальная статья


DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.4/7>

УДК 630.232 : (004.652.4 + 303.722.4)



Справочная информационная система FLR-Library для адаптивного лесовосстановления: информационная модель

Татьяна П. Новикова ✉, novikova_tp.vglta@mail.ru  <https://orcid.org/0000-0003-1279-3960>

Артур И. Новиков, arthur.novikov@vglta.vrn.ru  <https://orcid.org/0000-0003-1230-0433>

Виктор И. Лисицын, viktor-lisicyn@yandex.ru,  <https://orcid.org/0000-0002-2148-1988>

Евгений П. Петрищев, petrishchev.vgltu@mail.ru  <https://orcid.org/0000-0002-1395-3631>

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Российская Федерация

Процесс восстановления лесных ландшафтов в условиях глобальной урбанизации и вырубке реликтовых насаждений, а также изменения климата является сложным и важным для изучения, планирования этапов и технологических операций для прогнозирования виталитета и прироста древостоя. Для решения данной задачи разрабатывается справочная информационная система для адаптивного лесовосстановления. Проведено моделирование и описание процесса адаптивного лесовосстановления с помощью функциональных диаграмм, построенных по методологии IDEF0, подробно приведено описание стрелок контекстной диаграммы с пояснениями процессов. Для детального анализа предметной области и моделирования процесса адаптивного лесовосстановления произведена декомпозиция контекстной диаграммы на диаграмму A1, которая показывает реализацию процесса выбора операций восстановления лесного ландшафта с точки зрения технологии и технических средств. Диаграмма A2 рассматривает технологию адаптивного лесовосстановления с точки зрения нескольких лесохозяйственных дескрипторов, что обеспечивает учет специфики отрасли. В результате моделирования были получены диаграммы A0, A1, A2, которые показывают структурированное изображение функций системы, информации и объектов, связывающих эти функции.

Ключевые слова: восстановление лесных ландшафтов, адаптивное лесовосстановление, справочная система, FLR-Library, информационная модель, методология IDEF0.

Финансирование: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-26-00102, <https://rscf.ru/project/23-26-00102/>.

Благодарности: авторы благодарят рецензентов за вклад в экспертную оценку статьи.


Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.


Для цитирования: Справочная информационная система FLR-Library для адаптивного лесовосстановления: информационная модель / Т. П. Новикова, А. И. Новиков, В. И. Лисицын, Е. П. Петрищев // Лесотехнический журнал. – 2023. – Т. 13. – № 4 (52). – Ч. 1. – С. 114–124. – Библиогр.: с. 121–123 (20 назв.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.4/7>.


Поступила 21.08.2023. Пересмотрена 11.12.2023. Принята 11.12.2023. Опубликована онлайн 29.12.2023.


Article

FLR-Library reference information system for adaptive forest restoration: the information model

Tatyana P. Novikova ✉, novikova_tp.vglta@mail.ru  <https://orcid.org/0000-0003-1279-3960>

Arthur I. Novikov, arthur.novikov@vglta.vrn.ru  <https://orcid.org/0000-0003-1230-0433>

Viktor I. Lisitsyn, viktor-lisicyn@yandex.ru,  <https://orcid.org/0000-0002-2148-1988>

Evgeniy P. Petrishchev, petrishchev.vgltu@mail.ru  <https://orcid.org/0000-0002-1395-3631>

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazeva str., 8, Voronezh, 394087, Russian Federation

Abstract

The process of restoring forest landscapes in the context of global urbanization and deforestation of relict stands, as well as climate change, is complex and important for studying, planning stages and technological operations and predicting the results of vitality and growth of stands. To solve this problem, a reference information system for adaptive reforestation is being developed. In this paper, the modeling and description of the adaptive reforestation process is carried out using functional diagrams constructed using the IDEF0 methodology, and the description of the arrows of the context diagram with explanations of the processes is given in detail. For a detailed analysis of the subject area and modeling of the adaptive reforestation process, we decomposed the context diagram into diagram A1, which shows the implementation of the process of choosing a technology for the restoration of the forest landscape from the point of view of technology and technical means, and diagram A2, which examines the restoration technology from the point of view of several forestry descriptors, which takes into account the specifics of the industry. As a result of the simulation, diagrams A0, A1, A2 were obtained, which show a structured image of the system functions, information and objects connecting these functions.

Keywords: forest landscape restoration, FLR, adaptive reforestation, reference system, information model, methodology IDEF0.

Funding: this study has been supported by the grants the Russian Science Foundation, RSF 23-26-00102, <https://rscf.ru/project/23-26-00102/>.

Acknowledgments: the authors thank the reviewers of their contribution to the expert evaluation of the article.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Novikova T.P., Novikov A.I., Lisitsyn V.I., Petrishchev E.P. (2023). FLR-Library reference information system for adaptive forest restoration: the information model. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forestry Engineering journal], Vol. 13, No. 4 (52), pp. 114-124 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.4/7>.

Received 21.08.2023. *Revised* 11.12.2023. *Accepted* 11.12.2023. *Published online* 29.12.2023.

Введение

В рамках проекта «Разработка справочной информационной системы для адаптивного восстановления лесных ландшафтов (FLR-Library)» [1] в первый год были поставлены следующие задачи: создать набор данных лесохозяйственных терминов и

провести анализ дескрипторов «лес», «лесные ландшафты», «адаптивное лесовосстановление» и т.д. [2], в том числе провести кластерный анализ сходства и различия дескрипторов [2,3], а также разработать модель справочной информационной системы (СИС).

Модель справочной информационной системы должна отражать предметную область [4,5] и базироваться на алгоритме управления, который учитывает современные тенденции при восстановлении лесных ландшафтов [6,7], такие, как оценка качества семян и неразрушающий контроль качества семян [17,20], обработка лесных семян сосны обыкновенной (в том числе, сепарирование по цветосеменным расам, капсулирование и дражжирование семян) [15,17,19], влияния климатических изменений на саженцы с ЗКС [18], применения технологии и технических средств для высева дражжированных семян с БПЛА [16]. Так как в дальнейшем планируется применение справочной информационной системы для адаптивного восстановления лесных ландшафтов с целью поддержки принятия управленческих решений по выбору технологии восстановления при реализации проектов адаптивного восстановления лесных ландшафтов, то необходимо подключение баз данных по дескрипторам для учета характеристик предметной области, и баз данных других переменных, отражающих техническую, технологическую, адаптивную, природно-климатическую компоненты процесса восстановления лесных ландшафтов. Все это должно быть учтено на этапе моделирования СИС.

Обзор программного обеспечения показал, что широко представлены информационные системы управления (ИСУ) для ремонта и технического обслуживания лесных машин [8], уделяется большое внимание единому информационному пространству и качеству передачи данных, информационному управлению парком лесных машин [9]. Существующее программное обеспечение для лесного комплекса [10-14] разрабатывалось с целью автоматизации работы с отчетной документацией, отслеживания технических характеристик машин и оборудования для планирования технического обслуживания, либо выявления причин поломок; для сбора данных о затратах времени на отдельные операции, затратах ГСМ, трудозатратах и т.п. для прогнозирования времени и объема заготовки леса. Необходимо отметить, что существующие информационные системы связаны с процессами заготовки и переработки древесины, и практически не касаются процесса лесовосстановления (лишь в части оценки

технического состояния лесных машин). Однако процесс восстановления лесных ландшафтов в условиях глобальной урбанизации и вырубке реликтовых насаждений, а также изменения климата является сложным и важным для изучения, планирования этапов и технологических операций и прогнозирования результатов виталитета и прироста древостоя. Модель СИС ляжет в основу справочной информационной системы для адаптивного восстановления лесных ландшафтов (FLR-Library), которая обеспечит поддержку принятия решения по выбору технологии восстановления, набору машин и оборудования.

Материалы и методы

Объект исследования

Процессы восстановления лесных ландшафтов, под которым понимаем лесовосстановление, лесоразведение, содействие естественному лесовосстановлению.

Предмет исследований – композиция и декомпозиция технологических операций указанного процесса восстановления лесных ландшафтов.

Сбор и анализ данных

Моделирование и описание процесса адаптивного лесовосстановления было выполнено с помощью функциональных диаграмм, построенных по методологии IDEF0. Модель рассматриваемого процесса представляет собой совокупность иерархически связанных диаграмм, вершиной которой является контекстная диаграмма. Контекстная диаграмма состоит из единственного объекта – «Выбор технологии восстановления лесного ландшафта» и показывает его взаимодействие с внешней средой путем отображения входных и выходных данных, управляющей информации и механизма выполнения. Диаграммы декомпозиции описывают родительскую диаграмму, содержат несколько дочерних работ и стрелки взаимодействия.

Моделирование процессов было выполнено в Microsoft Visio Drawing в разделе Схема IDEF0. Методология IDEF0 предназначена для функционального моделирования, т.е. моделирования выполнения функций объекта путем создания описательной графической модели.

Результаты и обсуждение

На рис. 1 представлена контекстная диаграмма, которая состоит из единственного объекта – «Выбор технологии восстановления лесного ландшафта» и показывает его взаимодействие с внешней средой путем отображения входных и выходных данных, управляющей информации и механизма выполнения. Описание контекстной диаграммы дано в табл. 1.

Для детального анализа предметной области и моделирования процесса адаптивного лесовосстановления произвели декомпозицию контекстной

диаграммы на диаграмму А1 (рисунок 2), которая показывает реализацию процесса выбора технологии восстановления лесного ландшафта с точки зрения технологии и технических средств и диаграмму А2 (рисунок 3), которая рассматривает технологию восстановления лесных ландшафтов с точки зрения лесовосстановления, лесоразведения и содействия естественному лесовосстановлению. Подробное рассмотрение декомпозиций А1.1, А1.2, ..., А1.5 и А2.1, А2.2, А2.3 планируется в будущих работах, так как объем данных по диаграммам не соотносим с объемом статьи.

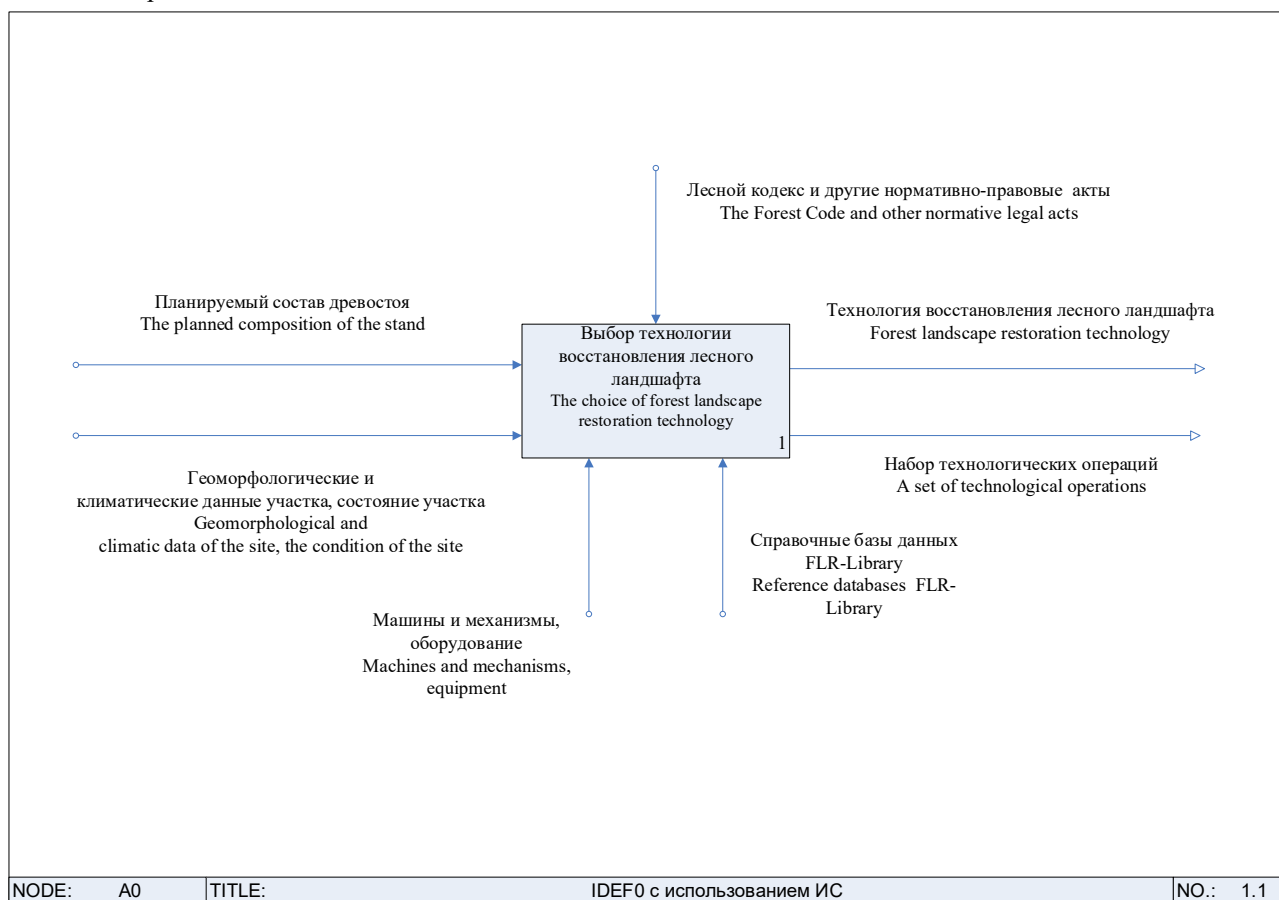


Рисунок 1. Контекстная диаграмма IDEF0 для справочной информационной системы для адаптивного восстановления лесных ландшафтов (FLR-Library)

Figure 1. IDEF0 context diagram for a reference information system for adaptive forest landscape restoration (FLR-Library)

Источник: собственные результаты авторов

Source: own results

Описание стрелок контекстной диаграммы

Table 1

Description of the context diagram arrows	
Имя стрелки Arrow Name	Определение стрелки Arrow Definition
Планируемый состав древостоя (вход) The planned composition of the stand (Input)	Состав планируемого древостоя определяет ряд входных переменных и устанавливает ряд требований к характеристике почвы, лесосеменному материалу и его подготовке, к лесным машинам и отдельным технологическим операциям. The composition of the planned stand determines a number of input variables and establishes a number of requirements for soil characteristics, seed material and its preparation, for forestry machines and individual technological operations
Геоморфологические и климатические данные участка, состояние участка (вход) Geomorphological and climatic data of the site, the condition of the site (Input)	Определяет ряд входных переменных: состав и физико-механические свойства почвогрунтов (влияет на выбор машин и оборудования, учитывается при выборе времени посадки(посева) лесосеменного материала); геоморфологические характеристики участка: уклон, рельеф, высота над уровнем моря, площадь, форма участка (влияют на выбор машин и оборудования и технологических операций); состояние участка (будем понимать: 1) после пожара, 2) рубок, 3) ранее лес не произрастал. Determines a number of input variables: composition and physico-mechanical properties of soils (affects the choice of machinery and equipment, is taken into account when choosing the time of planting (sowing) of seed material); geomorphological characteristics of the site: slope, relief, height above sea level, area, shape of the site (affect the choice of machinery and equipment and technological operations); condition of the site (we will understand: 1) after the fire, 2) logging, 3) previously, the forest did not grow.
Лесной кодекс и другие нормативно-правовые акты (управление) The Forest Code and other normative legal acts e (Control)	Глобально на систему влияет Лесной кодекс РФ, определяя границы участка и права лесопользования. Globally, the system is influenced by the Forest Code of the Russian Federation, defining the boundaries of the site and the rights of forest use.
Машины и механизмы, оборудование (механизм) Machines and mechanisms, equipment (Mechanism)	Лесные машины, механизмы и оборудование необходимые для реализации любой выбранной технологии восстановления лесных ландшафтов. Forest machines, mechanisms and equipment necessary for the implementation of any chosen technology for the restoration of forest landscapes.
Справочные базы данных FLR-Library (механизм) Reference databases FLR-Library (Mechanism)	Справочные базы данных, которые содержат информацию о международной терминологии, характеристики лесных машин, почвогрунтов, климата и др. Reference databases that contain information on international terminology, characteristics of forest machines, soils, climate, etc.
Технология восстановления лесного ландшафта (выход) Forest landscape restoration technology (Output)	Информация, характеризующая выбор технологии восстановления лесного ландшафта согласно входным данным (вход) и ресурсам (механизм). Information characterizing the choice of forest landscape restoration technology according to input data (input) and resources (mechanism).
Набор технологических операций (выход) A set of technological operations (Output)	Информация, характеризующая выбор конкретных операций в рамках рекомендованной технологии. Information describing the choice of specific operations within the recommended technology.

Источник: собственные результаты авторов

Source: own results

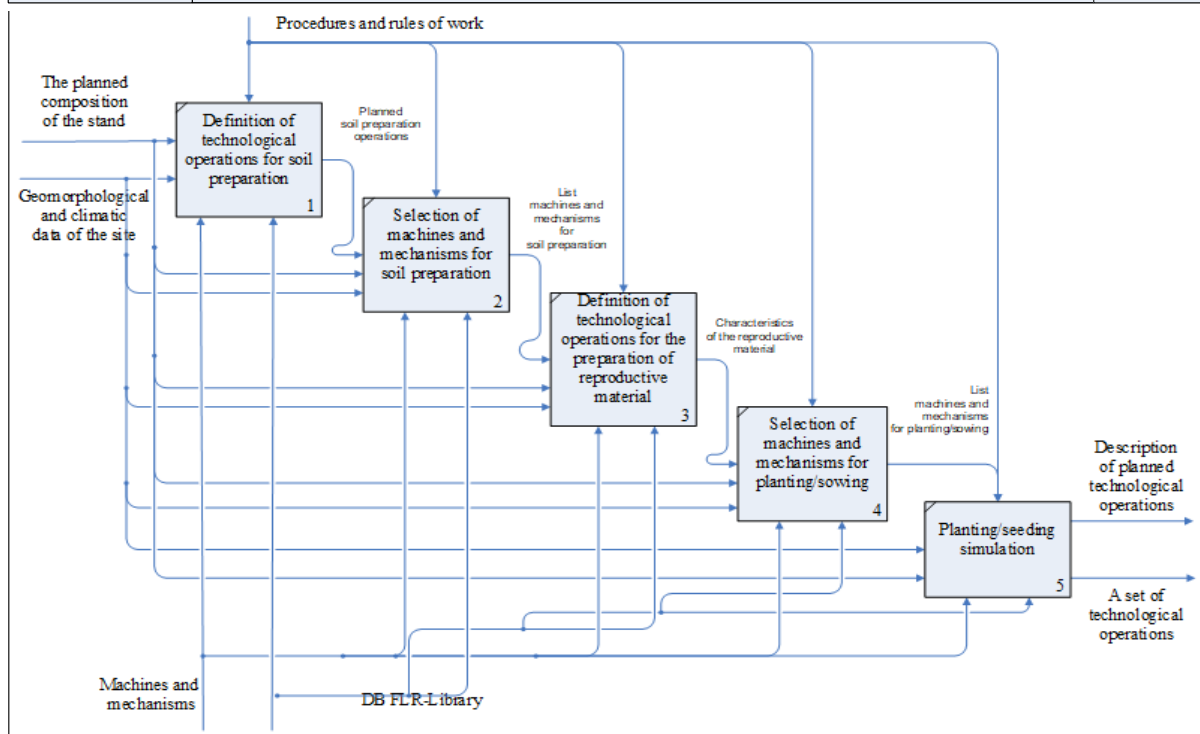
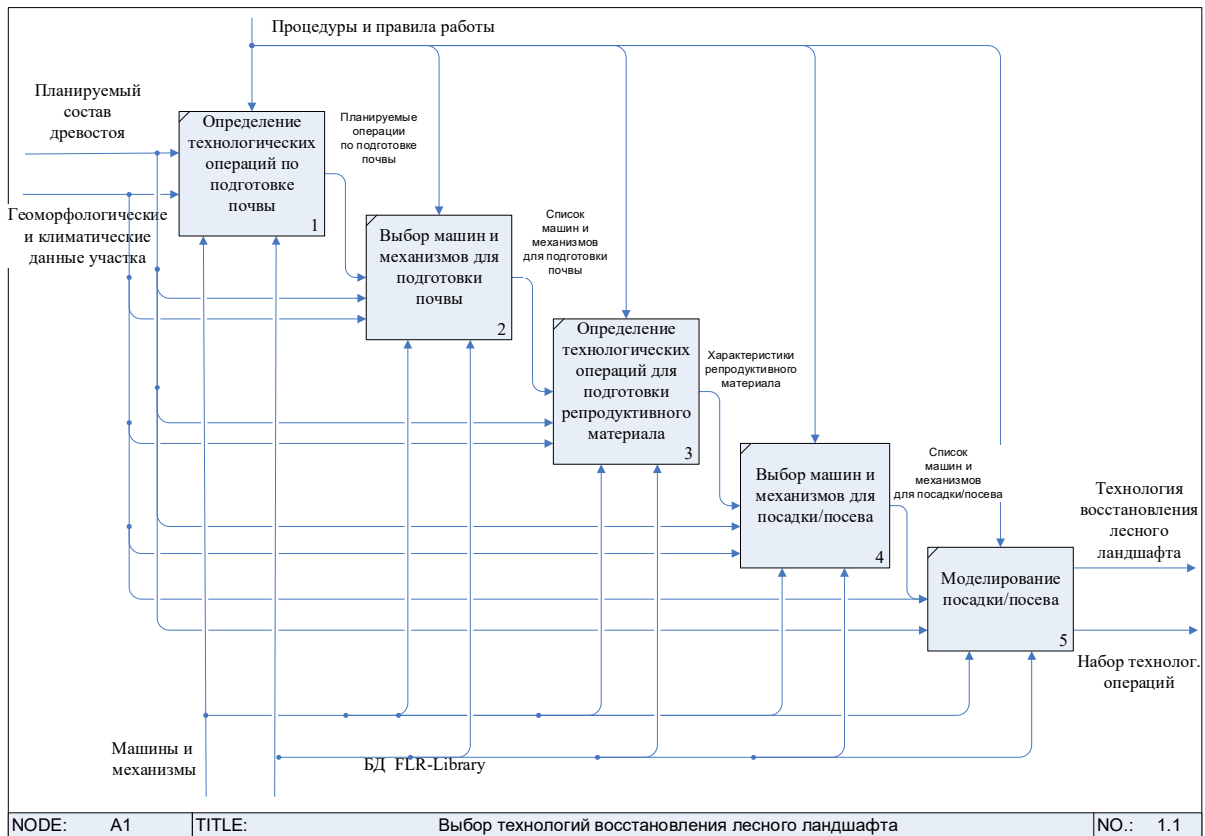


Рисунок 2. Результат декомпозиции контекстной диаграммы на A1 для справочной информационной системы для адаптивного восстановления лесных ландшафтов (FLR-Library)

Figure 2. The result of decomposition of a context diagram A1 for a reference information system for adaptive restoration of forest landscapes (FLR-Library)

Источник: собственные результаты авторов
Source: own results

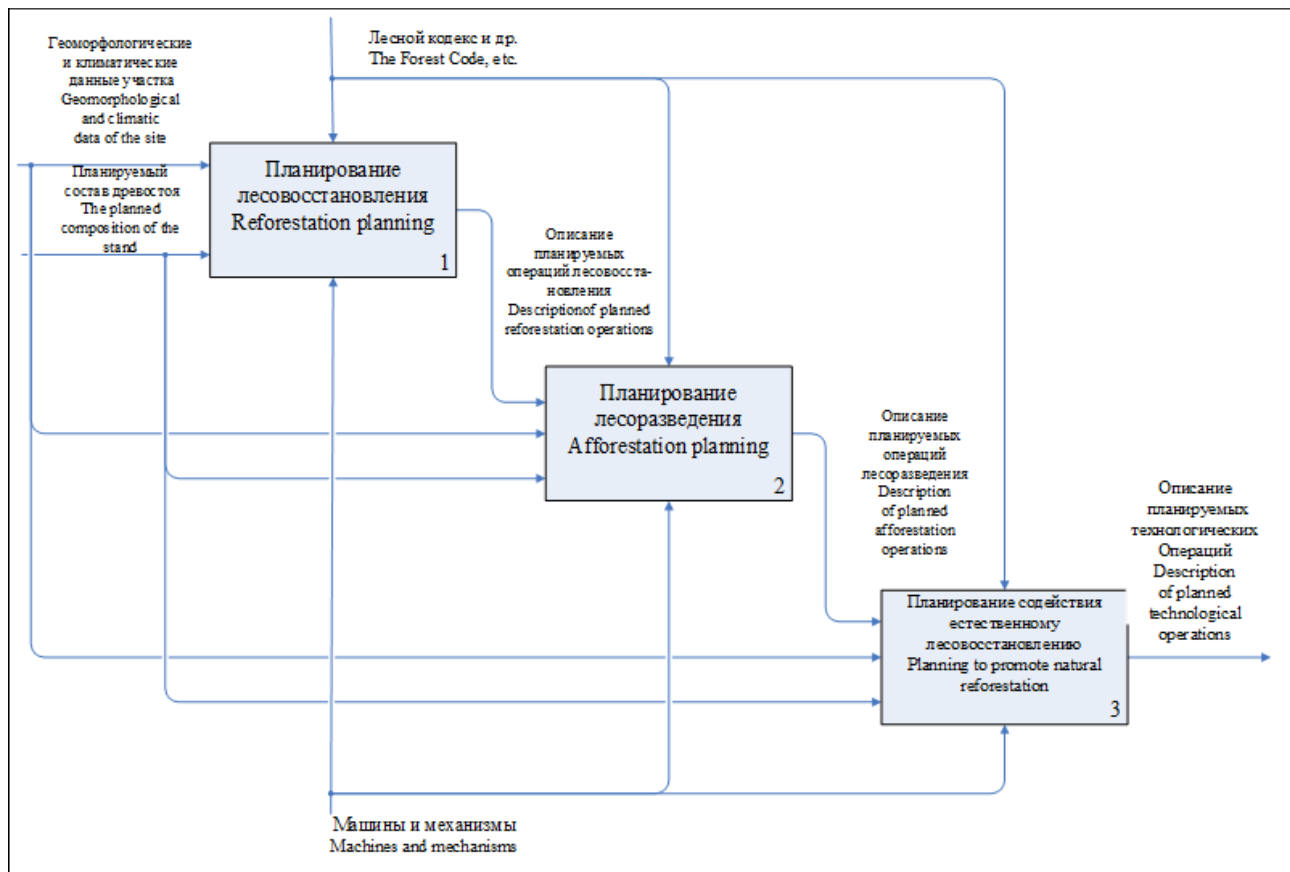


Рисунок 3. Результат декомпозиции контекстной диаграммы на A2 для справочной информационной системы для адаптивного восстановления лесных ландшафтов (FLR-Library)

Figure 3. The result of decomposition of a context diagram A2 for a reference information system for adaptive restoration of forest landscapes (FLR-Library)

Источник: собственные результаты авторов
Source: own results

В дальнейшем разработанная модель ляжет в основу программного обеспечения (ПО) СИС для адаптивного восстановления лесных ландшафтов, поэтому необходимо подробно рассмотреть компоненты диаграммы A2 с целью определения общих и различающихся входных переменных, которые способны описать каждый процесс, для дальнейшего применения в алгоритме ИС.

В результате моделирования были получены диаграммы A0, A1, A2, которые показывают структурированное изображение функций системы, информации и объектов, связывающих эти функции.

Заключение

В результате исследования было проведено моделирование СИС для адаптивного лесовосстановления. Информационная модель разработана с

учётом специфики отрасли, базируясь на данных по терминологии лесного хозяйства из различных стран мира и законодательства РФ (Лесной кодекс); охватывает весь процесс восстановления лесного ландшафта – от операций по подготовке почвы до моделирования древостоя; - от лесовосстановления до лесоразведения. На базе предложенной информационной модели будет разработано ПО СИС для адаптивного восстановления лесных ландшафтов (FLR-Library), которое сократит время принятия управленческого решения и повысит эффективность управления при восстановлении лесных ландшафтов.

Список литературы

1. Новикова, Т. П. Разработка справочной информационной системы для адаптивного восстановления лесных ландшафтов (FLR-library) // НИР: грант № 23-26-00102. Российский научный фонд. 2023. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=53916036>
2. Новикова, Т. П. Справочная информационная система FLR-Library для адаптивного лесовосстановления: кластерный анализ / Т. П. Новикова, А.И. Новиков, Е. П. Петрищев // Лесотехнический журнал. – 2023. – Т. 12, № 3(45). – С. 164–179.– DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.3/12>.
3. Евдокимова, С. А. Применение алгоритмов кластеризации для анализа клиентской базы магазина / С. А. Евдокимова [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2021. – Т. 14, № 2. – С. 4-12. – DOI 10.12737/2219-0767-2021-14-2-4-12. <https://elibrary.ru/item.asp?id=46359564>.
4. Евдокимова, С. А. CASE-технологии : практикум / С. А. Евдокимова. – Воронеж : Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2016. – 128 с. – <https://elibrary.ru/item.asp?id=29248570>
5. Евдокимова, С. А. Выбор методологии моделирования предметной области при проектировании информационной системы / С. А. Евдокимова // Моделирование систем и процессов. – 2015. – Т. 8, № 3. – С. 18-22. – DOI 10.12737/17161. <https://elibrary.ru/item.asp?id=25476426>
6. Novikova, T. P. The choice of a set of operations for forest landscape restoration technology / T. P. Novikova // Inventions. – 2022. – Vol. 7, No. 1. – DOI 10.3390/inventions7010001. <https://elibrary.ru/item.asp?id=47544460>
7. Экспресс-анализ семян в лесохозяйственном производстве: теоретические и технологические аспекты / А. И. Новиков, М. В. Драпалюк, С. В. Соколов, Т. П. Новикова. – Воронеж : Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2022. – 176 с. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48309574>
8. Программное обеспечение для управления системой технического обслуживания и ремонта лесных машин: оценка применимости / А. Н. Заикин [и др.] // Лесотехнический журнал. – 2023. – Т. 13, № 2(50). – С. 105-127. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2023.2/6. <https://elibrary.ru/item.asp?id=54525086>
9. Цифровизация системы организации рабочих процессов лесозаготовительных машин: оценка эффективности на примере «Ponss», «Komatsu» и «John Deere» / В. В. Сиваков [и др.] // Лесотехнический журнал. - 2023. - Т. 13. -№3(51). - С. 200-218. - DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.3/14>.
10. Labelle, Eric R. & Kemmerer, Julia. (2022). Business Process Reengineering of a Large-Scale Public Forest Enterprise Through Harvester Data Integration. Croatian journal of forest engineering. 43. DOI: <https://doi.org/10.5552/crojfe.2022.1129>.
11. Soderberg, Jon & Wallerman, Jorgen & Almang, Anders & Moller, Johan & Willen, Erik. (2021). Operational prediction of forest attributes using standardised harvester data and airborne laser scanning data in Sweden. Scandinavian Journal of Forest Research. 36. 1-9. DOI: 10.1080/02827581.2021.1919751.
12. Kim, Gyun-Hyung & Kim, Ki-Duck & Lee, Hycon-Scung & Choi, Yunsung & Mun, Ho-Scong & Oh, Jaehyun & Shin, Bcom-Soo. (2021). Development of Wi-Fi-Based Teleroperation System for Forest Harvester. Journal of Biosystems Engineering. 46. DOI: 10.1007/s42853-021-00100-2.
13. Kemmerer, Julia & Labelle, Eric R.. (2021). Using harvester data from on-board computers: a review of key findings, opportunities and challenges. European Journal of Forest Research. 140. DOI: 10.1007/s10342-020-01313-4.
14. Техническое обслуживание технологических машин на базе цифровизации / А. К. Тугенгольд, Р. Н. Волошин, А. Р. Юсупов, Т. Н. Круглова // Вестник Донского государственного технического университета. 2019. Т. 19. № 1. С. 74-80. DOI 10.23947/1992-5980-2019-19-1-74-80.
15. Coat Colour Grading of the Scots Pine Seeds Collected from Faraway Provenances Reveals a Different Germination Effect / I. V. Bacherikov, D. E. Raupova, A. S. Durova [et al.] // Seeds. – 2022. – Vol. 1, No. 1. – P. 49-73. – DOI 10.3390/seeds1010006. <https://elibrary.ru/item.asp?id=54691529>
16. The features designed of mechatronic system of adaptive hopper's feeder: case study for Scots pine seeds morphology / P. Tylek, D. N. Demidov, M. N. Lysych [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science,

Voronezh, 23 октября 2020 года. – Voronezh, 2020. – P. 012054. – DOI 10.1088/1755-1315/595/1/012054. <https://elibrary.ru/item.asp?id=44464703>

17. Novikov, A. I. Non-Destructive Quality Control of Forest Seeds in Globalization: Problems and Prospects of Output Innovative Products / A. I. Novikov, T. P. Novikova // Globalization and its socio-economic consequences : Proceedings, Rajecké Teplice, Slovak Republic, 10–11 октября 2018 года. – Rajecké Teplice, Slovak Republic: University of Zilina, 2018. – P. 1260-1267. <https://elibrary.ru/item.asp?id=36825831>

18. Влияние климатического индекса градусо-дней на виталитет 3-летних семян сосны обыкновенной из сортированных по спектрометрическим свойствам семян / Е. П. Петрищев [et al.] // Лесотехнический журнал. – 2022. – Т. 12, № 1(45). – С. 110-118. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2022.1/9. <https://elibrary.ru/item.asp?id=48271757>

19. Express analysis of seeds in forestry production: theoretical and technological aspects / A. I. Novikov, M. V. Drapalyuk, S. V. Sokolov, T. P. Novikova. – Voronezh : Voronezh State Forestry Engineering University named after G.F. Morozov, 2022. – 176 p. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48309574>

20. Новикова, Т. П. Оценка качества лесосеменного материала на экспериментальном участке сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) при адаптивном восстановлении лесных ландшафтов // Лесотехнический журнал. – 2023. – Т. 13, № 1(49). – С. 112-128. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2023.1/8. <https://elibrary.ru/item.asp?id=53814693>

References

1. Novikova, T. P. Development of a reference information system for adaptive restoration of forest landscapes (FLR-library) // grant No. 23-26-00102. Russian Science Foundation. 2023. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=53916036>

2. Novikova, T. P. The FLR-Library reference information system for adaptive reforestation: cluster analysis / T. P. Novikova, A.I. Novikov, E. P. Petrishchev // Forestry Engineering Journal. – 2023. – Т. 12, № 3(45). – С. 164–179.– DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.3/12>.

3. Evdokimova, S. A. Application of clustering algorithms for analyzing the customer base of the store / S. A. Evdokimova [et al.] // Modeling of systems and processes. - 2021. – Vol. 14, No. 2. – pp. 4-12. – DOI 10.12737/2219-0767-2021-14-2-4-12. <https://elibrary.ru/item.asp?id=46359564>

4. Evdokimova, S. A. CASE technologies : practicum / S. A. Evdokimova. – Voronezh : Voronezh State Forestry Engineering University named after G.F. Morozov, 2016. – 128 p. <https://elibrary.ru/item.asp?id=29248570>

5. Evdokimova, S. A. The choice of methodology for modeling the subject area in the design of an information system / S. A. Evdokimova // Modeling of systems and processes. – 2015. – Vol. 8, No. 3. – pp. 18-22. – DOI 10.12737/17161. <https://elibrary.ru/item.asp?id=25476426>

6. Novikova, T. P. The choice of a set of operations for forest landscape restoration technology / T. P. Novikova // Inventions. – 2022. – Vol. 7, No. 1. – DOI 10.3390/inventions7010001. <https://elibrary.ru/item.asp?id=47544460>

7. Express analysis of seeds in forestry production: theoretical and technological aspects / A. I. Novikov, M. V. Drapalyuk, S. V. Sokolov, T. P. Novikova. Voronezh : Voronezh State University-I. M. Sechenov State Forestry Engineering University, 2022. – 176 p. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48309574>

8. Software for managing the system of maintenance and repair of forest machines: an assessment of applicability / A. N. Zaikin [et al.] // Forestry Journal. – 2023. – Vol. 13, No. 2(50). – pp. 105-127. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2023.2/6 . <https://elibrary.ru/item.asp?id=54525086>

9. Digitalization of the workflow management system of logging machines: efficiency assessment using the example of «Ponsse», «Komatsu», and «John Deere» / V. V Sivakov. [et al.] // Lesotekhnicheskii zhurnal [Forestry Engineering journal], Vol. 13, No. 3 (51), pp. 200-218 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.3/14>.

10. Labelle, Eric R. & Kemmerer, Julia. (2022). Business Process Reengineering of a Large-Scale Public Forest Enterprise Through Harvester Data Integration. *Croatian journal of forest engineering*. 43. DOI: 10.5552/crojfe.2022.1129.
11. Soderberg, Jon & Wallerman, Jorgen & Almang, Anders & Moller, Johan & Willen, Erik. (2021). Operational prediction of forest attributes using standardised harvester data and airborne laser scanning data in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 36. 1-9. DOI: 10.1080/02827581.2021.1919751.
12. Kim, Gyun-Hyung & Kim, Ki-Duck & Lee, Hycon-Scung & Choi, Yunsung & Mun, Ho-Scong & Oh, Jac-Hcun & Shin, Bcom-Soo. (2021). Development of Wi-Fi-Based Tlcooperation System for Forest Harvester. *Journal of Biosystems Engineering*. 46. DOI: 10.1007/s42853-021-00100-2.
13. Kemmerer, Julia & Labcllc, Eric R.. (2021). Using harvester data from on-board computers: a review of key findings, opportunities and challenges. *European Journal of Forest Research*. 140. DOI: 10.1007/sl 0342-020-01313-4.
14. Maintenance of technological machines based on digitalization / A. K. Tugengold, R. N. Voloshin, A. R. Yusupov, T. N. Kruglova // *Bulletin of the Don State Technical University*. 2019. Vol. 19. no. 1.C.74-80. DOI 10.23947/1992-5980-2019-19-1-74-80.
15. Coat Colour Grading of the Scots Pine Seeds Collected from Faraway Provenances Reveals a Different Germination Effect / I. V. Bacherikov, D. E. Raupova, A. S. Durova [et al.] // *Seeds*. – 2022. – Vol. 1, No. 1. – P. 49-73. – DOI 10.3390/seeds1010006. <https://elibrary.ru/item.asp?id=54691529>
16. The features designed of mechatronic system of adaptive hopper's feeder: case study for Scots pine seeds morphology / P. Tylek, D. N. Demidov, M. N. Lysych [et al.] // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Voronezh, 23 октября 2020 года. – Voronezh, 2020. – P. 012054. – DOI 10.1088/1755-1315/595/1/012054. <https://elibrary.ru/item.asp?id=44464703>*
17. Novikov, A. I. Non-Destructive Quality Control of Forest Seeds in Globalization: Problems and Prospects of Output Innovative Products / A. I. Novikov, T. P. Novikova // *Globalization and its socio-economic consequences : Proceedings, Rajecke Teplice, Slovak Republic, 10–11 октября 2018 года. – Rajecke Teplice, Slovak Republic: University of Zilina, 2018. – P. 1260-1267. <https://elibrary.ru/item.asp?id=36825831>*
18. Novikova, T. P. The influence of the climatic index of degree days on the vitality of 3-year-old seedlings of scots pine from seeds sorted by spectrometric properties / T. P. Novikova, V. I. Malysheva, E. P. Petrishchev // *Forestry Journal*. – 2022. – vol. 12, No. 1(45). – pp. 110-118. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2022.1/9 . <https://elibrary.ru/item.asp?id=48271757>
19. Express analysis of seeds in forestry production: theoretical and technological aspects / A. I. Novikov, M. V. Drapalyuk, S. V. Sokolov, T. P. Novikova. – *Voronezh : Voronezh State Forestry Engineering University named after G.F. Morozov, 2022. – 176 p. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48309574>*
20. Novikova, T. P. Assessment of the quality of forest seed material at the experimental site of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) during adaptive restoration of forest landscapes / T. P. Novikova // *Forestry Engineering Journal*. – 2023. – vol. 13, No. 1(49). – pp. 112-128. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2023.1/8. <https://elibrary.ru/item.asp?id=53814693>.

Сведения об авторах

✉ *Новикова Татьяна Петровна* – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры компьютерных технологий и микроэлектронной инженерии, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, д. 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087; <http://orcid.org/0000-0003-1279-3960>, e-mail: novikova_tp.vglta@mail.ru.

Новиков Артур Игоревич – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры древесиноведения, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, д. 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1230-0433>, e-mail: arthur.novikov@vglta.vrn.ru.

Лисицын Виктор Иванович – кандидат ф.-м. наук, профессор кафедры общей и прикладной физики, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, <https://orcid.org/0000-0002-2148-1988>, viktor-lisicyn@yandex.ru

Петрищев Евгений Петрович – аспирант, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, д. 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1395-3631>, e-mail: petrishchev.vgltu@mail.ru.

Information about the authors

✉ *Tatyana P. Novikova* – Cand. Sci. (Technical), Docent, Chair of Computer Technology and Microelectronic Engineering, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazeva str., 8, Voronezh 394087, Russian Federation, 394087, <http://orcid.org/0000-0003-1279-3960>, e-mail: novikova_tp.vglta@mail.ru.

Arthur I. Novikov – Dr Sci. (Tech.), professor, Chair of Wood Science, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, 8, Timiryazeva, Voronezh, 394087, Russian Federation, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1230-0433>, e-mail: arthur.novikov@vglta.vrn.ru.

Lisitsyn Victor Ivanovich – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Professor, of the Department of General and Applied Physics, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, 8, Timiryazeva St., Voronezh, Russian Federation, 394087, <https://orcid.org/0000-0002-2148-1988>, viktor-lisicyn@yandex.ru

Evgeniy P. Petrishchev – Postgraduate Student (Tech.), Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, 8, Timiryazeva, Voronezh 394087, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1395-3631>, e-mail: petrishchev.vgltu@mail.ru.

✉ – Для контактов | Corresponding author