

## Цифровая трансформация лесного хозяйства: технологии и распределенные реестры лесотранспортной инфраструктуры

С.В. Ченушкина<sup>a</sup>, И.Н. Кручинин<sup>b</sup>

Уральский государственный лесотехнический университет, ул. Сибирский Тракт, 37, Екатеринбург, Россия

<sup>a</sup> svch2003@yandex.ru, <sup>b</sup> Kinaa.k@yandex.ru

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0002-7768-4223>, <sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-7598-9672>

Статья поступила 15.10.2022, принята 01.11.2022

*В статье исследовано состояние цифровой трансформации лесного хозяйства, описываются термины, обоснованы перспективность и необходимость уточнения подходов к существующим бизнес-процессам с внедрением цифровых решений и инвестирования в процесс цифровой трансформации. Приведены преимущества цифровизации для отрасли в виде снижения бумажного документооборота, повышения эффективности производства и снижения временных затрат на согласование, отмечается необходимость обучения кадров и наличие материально-технической базы. Выделены основные технологии и цифровые решения, используемые в лесном хозяйстве: цифровые модели местности и цифровая топография с построением цифровой 3D модели или карты лесотранспортной сети; искусственный интеллект как способ прогнозирования и отслеживания текущего состояния (вырубок, карьеров и др.); роботизированные системы, участвующие в производстве продукции из дерева и распределенные реестры на основе больших объемов данных, которые являются основой для построения федеральных государственных информационных систем и в дальнейшем дадут возможность развития и интеграции отдельных модулей цифровой трансформации. При этом уделяется внимание проблемным местам, возникающим в период информатизации, связанным с разрозненностью использования цифровых решений и низким уровнем технического обеспечения в разных субъектах Российской Федерации. Результатом статьи стало обозначение круга задач, способствующих эффективности развития цифровой трансформации, таких как поддержка созданных «озер данных», оцифровка государственных документов, правовое регулирование процессов цифровизации, повышение квалификации сотрудников, модернизация технической и технологической базы, повышение устойчивости мобильной связи и точности геопозиционирования. В связи с этим статья имеет практическую значимость для специалистов в области лесного хозяйства.*

**Ключевые слова:** цифровая трансформация; лесное хозяйство; распределенные реестры; технологии; цифровые решения; проблемы и перспективы; лесотранспортная инфраструктура.

## Digital transformation of forestry: technologies and distributed registers of forest transport infrastructure

S.V. Chenushkina<sup>a</sup>, I.N. Kruchinin<sup>b</sup>

Ural State Forestry Engineering University; 37, Sibirskiy Trakt St, Yekaterinburg, Russia

<sup>a</sup> svch2003@yandex.ru, <sup>b</sup> Kinaa.k@yandex.ru

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0002-7768-4223>, <sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-7598-9672>

Received 15.10.2022, accepted 01.11.2022

*The article examines the state of digital transformation of forestry, describes the term, prospects and the need to clarify approaches to existing business processes with the introduction of digital solutions and investment in the process of digital transformation. The advantages of digitalization for the industry in the form of reducing paper document flow, increasing production efficiency and reducing the time spent on approval are given, while the need for personnel training and the availability of a material and technical base is noted. The main technologies and digital solutions used in forestry are highlighted: digital terrain models and digital topography with the construction of a digital 3D model or map of the forest transportation network; artificial intelligence as a way to predict and track the current state (logging, quarries, etc.); robotic systems involved in the production of wood products and distributed registries based on large amounts of data, which are the basis for building federal state information systems and will further enable the development and integration of individual modules of digital transformation. At the same time, attention is paid to the problem areas that arise during the period of informatization, related to the fragmentation of the use of digital solutions and the low level of technical support in different subjects of the Russian Federation. The conclusion of the article is the designation of a range of tasks that contribute to the effectiveness of the development of digital transformation: such as support for the created "data lakes", digitization of state documents, legal regulation of digitalization processes, professional development of employees, modernization of the technical and technological base, increasing the stability of mobile communications and the accuracy of geo-positioning, the article has practical significance for specialists in the field of forestry.*

**Keywords:** digital transformation; forestry; distributed registries; technologies; digital solutions; problems and prospects; forest transportation infrastructure.

**Введение.** Цифровые технологии и цифровая экономика являются неотъемлемой частью нашей современности, цифровая трансформация идет параллельно по разным отраслям: транспорт, здравоохранение, промышленность, строительство, сельское хозяйство и др. Сфера лесного хозяйства является одной из отстающих в плане развития, и это несет большие риски для сектора. Цифровая трансформация как отдельный раздел была добавлена в стратегию развития лесного комплекса только с 2021 г. [1–4], после определения указом президента РФ № 474 от 21 июля 2020 г. данного направления как одной из национальных целей развития РФ.

Многие авторы и органы государственной власти отмечают фактическую безальтернативность цифровой трансформации, что наглядно продемонстрировали период пандемии и необходимость ведения бизнеса в жестких условиях.

Тот факт, что понятие цифровой трансформации используется как в деловой среде, так и в академической научной литературе, докладах, так же, как и отраслевой оттонок, делает ее многоплановой и при этом узконаправленной.

Лесной комплекс России составляет около 809 млн га, а лесная промышленность — одна из старейших отраслей хозяйства, при этом низкие темпы цифровизации в сочетании с большими объемами данных диктуют необходимость не только технологического совершенствования, но и организационных изменений и повышения уровня технической оснащенности лесных хозяйств, как минимум — обеспечения компьютерной и оргтехникой, мобильными устройствами, системами навигации и стабильным интернет-каналом для передачи данных.

Внедрение цифровых решений и технологий не будет эффективно без трансформации существующих бизнес-процессов и операционных процедур лесозаготовительной деятельности, продаж, логистических цепочек, согласующих этапов, контроля и мониторинга, а это — инвестиции в приобретение информационных систем, повышение качества материально-технической базы, повышение компетенций сотрудников [5].

Преимущества использования и внедрения цифровых технологий для отрасли большие, они включают:

- учет, мониторинг и обработку больших объемов данных о лесном комплексе и лесотранспортной инфраструктуре;
- внедрение информационных систем и цифровых платформ, позволяющих ускорить и упростить доступ участников организации лесных хозяйств и лесопотребителей к оформлению документированных процедур закупок, логистики и производства;
- системное решение проблем реорганизации труда и автоматизации рутинных задач и избавление от бумажного документооборота;
- внедрение новых технологий лесной промышленности, базирующихся на искусственном интеллекте и цифровых двойниках.

Каждая отрасль экономики, в зависимости от потребности и проблем, выстраивает свой путь цифрового развития — или внедрения одной перспективной группы проектов и информационных систем, или ускоренное внедрение разноплановых и разрозненных по функционалу и технологиям решений по типу «лоскутной цифровизации».

Цифровая трансформация лесного хозяйства идет по второму пути параллельного развертывания и применения решений отдельных производственных и экономических задач.

Цифровые модели местности и цифровые топографические карты — представление территории в виде двухмерного (за счет спутниковых снимков) изображения или трехмерной модели, построенной путем сканирования LIDAR-оборудования или методом аэрофотосъемки или с использованием квадрокоптера. Дроны позволяют быстро и точно провести инвентаризацию лесных массивов [6].

Искусственный интеллект помогает найти оптимальные решения по построению лесотранспортной сети, прогнозированию пожаров или отслеживанию незаконных вырубок, как, например, сервис лесоизменений геопортала Республики Татарстан, за счет четырехсерийного спектрального анализа вчерашних и сегодняшних фотоснимков позволяет в автоматическом режиме распознавать изменения — незаконные вырубки, карьеры или места усыхания деревьев [7].

Роботизация лесной промышленности, — если в базовом и наиболее распространенном понимании это традиционные манипуляторы-перекладчики для загрузки и разгрузки станков, то сегодня это комплексы полностью автоматизированных участков жизненного цикла изделия по концепции «Индустрия 4.0» [8; 9]: раскрой, кромкооблицовка, установка и присадка деталей, сборка и т. д. с роботами, ориентированными на данный участок. Основную монотонную работу выполняют антропоморфные роботы *Kuka* и коллаборативные роботы *Universal Robots* [10].



**Рис. 1.** Робот Kuka, осуществляющий сборку изделий из древесины

За передвижение отвечают мобильные роботы — интеллектуальные шаттлы *MiR* в виде тележек для перемещения деталей по складу или цеху, которые способны сами построить эффективный маршрут.

Лесное хозяйство России отличается большими объемами данных, фиксация которых является одним из основных условий для дальнейшей успешной цифровой трансформации лесной отрасли. Создание систем распределенных реестров и государственных информационных системы — ключевое направление стратегии развития.

В настоящее время федеральным агентством лесного хозяйства совместно с Министерством цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации и технологическим партнером *AT Consulting* ведется проектирование функционала и реализация федеральной государственной информационной системы лесного комплекса (ФГИС ЛК) [11], объединяющей действующие реестры «Интерактивная карта “Леса России”» и «Единая государственная автоматизированная информационная система учета древесины и сделок с ней» [12].

В реестр ФГИС ЛК должны лечь принципиально новые подходы к ведению лесного хозяйства.

Планируется, что через личный кабинет авторизованные пользователи ФГИС ЛК смогут:

- посмотреть лесные карты с возможностью детализации данных до лесосек и мест разработки или складирования древесины, объектов и мощностей лесоперерабатывающей инфраструктуры [13];
- разместить документы, подтверждающие право арендатора или собственника древесины или мест (пунктов) складирования древесины объектами лесоперерабатывающей инфраструктуры, полные сведения о владельце, включающие ИНН, форму организации, сроки пользования, цели и состояние;
- формировать и подписывать декларации, отслеживать сделки и взаимодействовать с органами — участниками лесных отношений в форме электронных документов, подписанных квалифицированной электронной подписью, посредством их размещения на портале, включая единый портал государственных и муниципальных услуг;
- формировать свод данных об автотранспорте, используемом при заготовке или транспортировке древесины, о мероприятиях по лесовосстановлению.

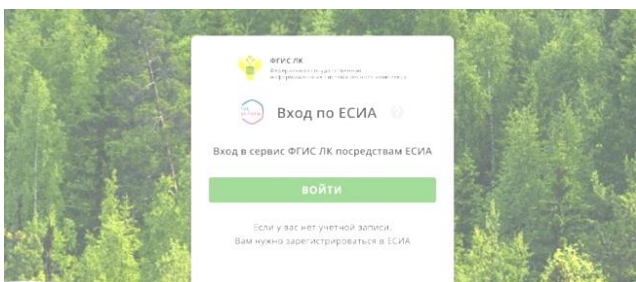


Рис. 2. Проект ФГИС Лесного комплекса с авторизацией через портал Госуслуг

Отдельным мероприятием является необходимость составления распределенного реестра транспортной

инфраструктуры: карты лесных дорог, их состояния, придорожных объектов, возможность проезда и загрузки-разгрузки древесины.

Рост числа лесного транспорта, включая пожарный, и потребности в перевозках и проезде через лесной массив увеличили нагрузку на лесотранспортную инфраструктуру.

Реализация задач обеспечения транспортных потребностей возможна с использованием двух противоположных технологий и направлений: новое строительство лесной дороги, при этом осуществляется новая вырубка участка, отсыпка, проектирование и монтаж полотна, или второй вариант — реконструкция существующих участков [14].

Процесс реконструкции достаточно затратный, но зачастую не остается выбора, и дороги отсыпают с нуля.

Распределенный реестр транспортной инфраструктуры и внедрение технологий мониторинга и управления лесотранспортной сети с использованием современных цифровых решений позволят повысить эффективности отслеживания состояния лесной дороги для потребителей [15].

Таким образом, основная цель создания распределенного реестра — создание карты лесных дорог посредством наполнения базы данных фотоснимками и транспортно-эксплуатационными показателями.



Рис. 3. Пример позиционирования лесной дороги

Инновационные технологии транспортного планирования и развитие реестровых моделей обеспечат доступность и качество грузоперевозок и процесса передвижения автомобилей в условиях лесополос.

В рамках данного направления отдельной проблемой стоит оптимизация параметров морозоустойчивой конструкции дорожной одежды лесовозной дороги, состоящей из двух или трех слоев. На рис. 4 приведена схема дорожной одежды, состоящей из трех слоев: асфальтобетонное покрытие с добавками из вермикулита, грунтовермикулитовый морозозащитный слой и грунт земляного полотна.

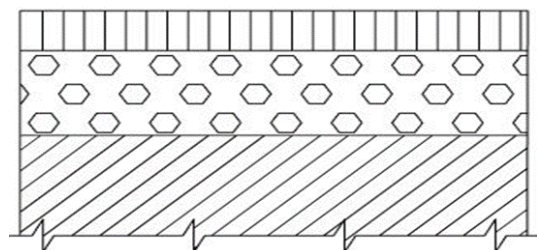


Рис. 4. Схема многослойной морозоустойчивой конструкции дорожной одежды лесовозной дороги



В дорожной одежде, состоящей из нескольких слоев, эксплуатационные значения зависят от толщины конструктивных слоев и их физико-механических характеристик. Так как основные марки и типы дорожно-строительных материалов не варьируются, в качестве изменяемых переменных принимаются толщины конструктивных слоев.

В нашем случае нормативные требования для лесовозных дорог с заданным типом дорожной одежды СП 288.1325800.2016 «Дороги лесные. Правила проектирования и строительства» будут обеспечены при условии, что общий модуль упругости на покрытии дорожной одежды  $E_{\text{общ}} = [U_0]$ , состоящей из нескольких конструктивных слоев, рассчитывается по следующему выражению:

$$U_0 = \frac{U_7 U_1 + U_8 U_2 + U_9 U_3}{U_1 + U_2 + U_3},$$

где  $U_1, U_2, U_3$  — соответственно толщины слоев дорожной одежды;  $U_7, U_8, U_9$  — модули упругости.

Для реализации реестра был разработан и автоматизирован алгоритм с использованием языка PHP [16] для определения оптимальных параметров толщин слоев в зависимости от заданных ограничений коэффициентов теплопроводности и поправочного коэффициента условий эксплуатации лесовозных дорог (рис. 5).

**Схема многослойной морозостойчивой конструкции дорожной одежды лесовозной дороги**

**Определяем параметры (если не будут введены или не попадут в границы возьмется случайная величина)**

- коэффициент теплопроводности верхнего слоя покрытия:  $U4_{\text{min}} = 0.795 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$   $U4_{\text{max}} = 1.657 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$   Ваше значение: 1.209;
- коэффициент теплопроводности слоя грунтовермикулитового материала:  $U5_{\text{min}} = 0.065 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$   $U5_{\text{max}} = 1.063 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$   Ваше значение: Случайное значение: 0.240;
- коэффициент теплопроводности слоя грунта земляного полотна:  $U6_{\text{min}} = 1.612 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$   $U6_{\text{max}} = 1.823 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$   Ваше значение: Случайное значение: 1.717;
- .....;
- модуль упругости верхнего слоя покрытия:  $U7_{\text{min}} = 2000 \text{ МПа}$   $U7_{\text{max}} = 2400 \text{ МПа}$   Ваше значение: Случайное значение: 2190;
- модуль упругости слоя грунтовермикулитового материала:  $U8_{\text{min}} = 100 \text{ МПа}$   $U8_{\text{max}} = 200 \text{ МПа}$   Ваше значение: Случайное значение: 154;
- модуль упругости грунта земляного полотна:  $U9_{\text{min}} = 35 \text{ МПа}$   $U9_{\text{max}} = 45 \text{ МПа}$   Ваше значение: Случайное значение: 37;
- Ограничение по предельному напряжению сдвига в грунте  $\tau_c$ :  $U11_{\text{min}} = 0.010 \text{ МПа}$   $U11_{\text{max}} = 0.035 \text{ МПа}$   Ваше значение: Случайное значение: 0.015;
- Поправочный коэффициент условий эксплуатации лесовозных дорог:  $U12_{\text{min}} = 20 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$   $U12_{\text{max}} = 34 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$   Ваше значение: Случайное значение: 25;
- Весовой коэффициент  $K1$   Ваше значение: Случайное значение: 4.640;
- Весовой коэффициент  $K2$   Ваше значение: Случайное значение: 12.418;

**Генерация случайных значений варьируемых параметров: толщина слоев  $U1, U2, U3$  по ограничениям модуля упругости**

- толщина верхнего слоя покрытия:  $U1_{\text{min}} = 0.03 \text{ м}$   $U1_{\text{max}} = 0.06 \text{ м}$  ;
- толщина слоя грунтовермикулитового материала:  $U2_{\text{min}} = 0.15 \text{ м}$   $U2_{\text{max}} = 0.30 \text{ м}$  ;
- толщина рабочего слоя земляного полотна:  $U3_{\text{min}} = 0.60 \text{ м}$   $U3_{\text{max}} = 1.65 \text{ м}$  ;

**Рис. 5.** Интерфейс программы расчета толщин слоев дорожной одежды

Необходимо отметить и дальнейшее улучшение лесотранспортной сети за счет развития и создания интеллектуальных транспортных систем. В совокупности с дронами это позволит спроектировать сеть наиболее эффективной для перемещения и временных затрат, с учетом трендов мирового транспортного комплекса.

Анализ проектов и цифровых решений в области цифровой трансформации показывает неравномерность в пространственном и региональном разрезе на территории России, что связано с техническими, экономическими и географическими особенностями регионов.

Основные проблемы цифровой трансформации в лесном хозяйстве Российской Федерации появляются в процессе реализации и отражаются на развитии

цифровизации в других отраслях, это «лоскутность» применения информационных технологий, информационных ресурсов и реестров данных в зависимости как от уровня субъекта Российской Федерации, так и на региональном уровне, что ведет к существенным проблемам при организации сделок и лесозаготовительной деятельности.

Другая проблема связана с зависимостью от финансовых возможностей и наличия инвестиций. Покупку дорогостоящих роботов может позволить себе только передовое производство. Также возникает необходимость в импортозамещении, которое на текущий момент только начинает набирать обороты. Это затрагивает оборудование и программное обеспечение для моделирования и искусственного интеллекта, в основном, зарубежных производителей.

Как следствие, наблюдается неоднородность технического и технологического оснащения дорожно-транспортной инфраструктуры, возможностей проектирования и строительства лесных дорог, включая наличие и качество навигационного и коммуникационного оборудования и Интернет-каналов.

Существуют уязвимости цифровых решений, коммуникационной и информационной инфраструктуры, необходимость обеспечения информационной безопасности, так как модули являются частью зарубежных систем спутниковой связи и серверов [17–18].

Таким образом, основные технологические тренды и перспективы — это развитие робототехники в лесной промышленности, моделирование и построение более точной карты местности, высокоскоростные беспроводные системы связи стандарта 5G для возможности взаимодействия и занесения данных в распределенные реестры на местности, динамические цифровые модели лесотранспортной сети с учетом пересечения с трассами федерального значения, системы высокоточного позиционирования, цифровые сервисы и системы, ориентированные на конкретные специальности в лесном хозяйстве и лесной деятельности, формирование правовой базы и национальных стандартов в области информационных систем, импортозамещение оборудования и технологических решений.

**Заключение.** Перечень задач и проблем требует отдельного внимания и проработки специалистами в области моделирования бизнес-процессов, а также технологических ресурсов и времени:

- поддержка создания и своевременной корректировки «озер данных», включая создание сетевой инфраструктуры (хранилища, дата-центры, интерфейсы для доступа), ограничительные меры и налоговые стимулы для наполнения «озер» организациями, арендаторами и представителями лесных хозяйств [19; 20];

- при проектировании и реализации информационных систем необходимо учитывать требования информационной безопасности при работе с персональными данными и повышения доверия к системам, интероперабельность и возможность интеграции данных между системами;

- адаптация и учет особенностей субъекта Российской Федерации при проектировании и внедрении цифровых сервисов и решений при проектировании лесотранспортной инфраструктуры, включая организацию информационного взаимодействия уровней V2V (*Vehicle-to-Vehicle*) и V2I (*Vehicle-to-Infrastructure*).

- «доступные государственные данные»: оцифровка имеющихся государственных и научных данных, возможность интеграции с другими системами;

- правовое регулирование использования данных, обеспечение информационной безопасности, включая работу с персональными данными [21];

- развитие навыков и культуры работы с информационными системами и электронными данными: массовое обучение выпускников вузов и специалистов в лесной отрасли, включая государственное управление.

Распределенные реестры и государственные информационные системы недостаточно доступны или содержат ошибочные, устаревшие сведения или не могут использоваться для обмена данными за счет межведомственной несогласованности.

Создание цифрового реестра лесотранспортной сети с веб-интерфейсом и GPS-позиционированием позволит усовершенствовать процесс проектирования и мониторинга транспортных показателей лесных дорог. Прототип расположен в сети Интернет по адресу <https://road.lms-usfeu.ru> (рис. 6).

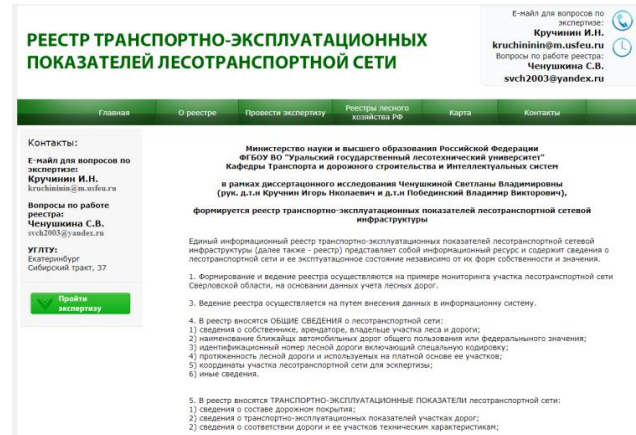


Рис. 6. Веб-интерфейс реализованного цифрового реестра

В рамках исследования в реестр были занесены данные и показатели 30 участков лесотранспортной сети Свердловской области. С использованием модуля были рассчитаны оптимальные значения конструктивных слоев морозоустойчивых дорожных одежд, что позволило определить, что при прочих равных условиях их величины могут быть снижены на 12–17 % в зависимости от дорожно-климатических условий.

Таким образом, цифровая трансформация — это центральный элемент четвертой технологической революции, но при этом сложный и малопредсказуемый процесс, включающий в себя перестроение экономики с вовлечением цифровых решений и систем, электронного документооборота и адаптации правового регулирования и др.

Важнейшим фактором здесь является готовность общества и специалистов к активному использованию новых решений, поэтому подготовка кадров, обладающих квалификацией для осуществления цифровой трансформации лесного хозяйства, является первоочередной задачей, как и развитие технической и информационной баз, формирующих благоприятные условия цифровой трансформации отрасли.

#### Литература

1. Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года: распоряжением Правительства Рос. Федерации от 20 сент. 2018 г. № 1989-р. М., 2018. 46 с.
2. Развитие цифровой экономики в России. Программа до 2035 года. URL: <http://innclub.info/wp-content/uploads/2017/05/strategy> (дата обращения: 10.10.2022).
3. Проект 12 ноября 2019 г. Концепции создания и функционирования в Российской Федерации отраслевой цифровой платформы «Цифровой лес». URL: <http://www.freedocs.xyz/docx-525953349> (дата обращения: 10.10.2022).
4. О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы: указ Президента РФ от 09.05.2017 г. № 203. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_216363/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_216363/) (дата обращения: 10.10.2022).
5. Mariam H. Ismail, Mohamed Khater, Mohamed Zaki. Digital Business Transformation and Strategy: What Do We Know So Far? Cambridge Service Alliance, 2017.
6. Чулушкина С.В., Кручинин И.Н. 3D-моделирование лесотранспортной сети в условиях цифровой трансформации лесного хозяйства // Тенденции развития науки и образования. 2022. Т. 88. № 3. С. 158-160.
7. Искусственный интеллект отслеживает незаконные рубки и потенциальные места лесных пожаров в Татарстане // Сайт М-ва цифрового развития, гос. управления, информационных технологий и связи Республики Татарстан. URL: <https://digital.tatarstan.ru/index.htm/news/2008983.htm> (дата обращения: 29.10.2022).
8. Valentini R., Marchesini B.L., Gianelle D., Sala G., Yarovslavtsev A., Vasenev V., Castaldi S. New tree monitoring systems: from Industry 4.0 to Nature 4.0. *Annals of Silvicultural Researches*. 2019. V. 43. № 2.
9. Qin J., Liu Y., Grosvenor R. A categorical framework of manufacturing for Industry 4.0 and beyond // *Procedia CIRP*. 2016. № 52. P. 173-178.
10. Гнездилова Ю.С. Робототехника как элемент четвертой промышленной революции и перспективы развития робототехники в России // *Международная экономика*. 2019. № 6. С. 46-57.

11. О создании федеральной государственной информационной системы лесного комплекса: приказ Рослесхоза от 22.04.2021 № 372 // Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс». URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_421432](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_421432) (дата обращения: 29.10.2022).
12. Единая государственная автоматизированная информационная система учёта древесины и сделок с ней // Единая гос. автоматизированная информ. система учёта древесины и сделок с ней. URL: <https://lesegais.ru> (дата обращения: 29.10.2022).
13. Вагизов М.Р. Прикладные аспекты развития геоинформационного обеспечения лесного хозяйства // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право / под ред. д.т.н., проф. Е.П. Истомина. СПб.: ООО «Андреевский издательский дом», 2019. Вып. 3 (35). С. 173-175.
14. Кручинин И.Н., Шакирзянов Д.И. Информационное обеспечение технологии строительства дорожных покрытий лесных дорог применительно к условиям республики КОМИ // Цифровые технологии в лесном секторе: материалы Всерос. науч.-технической конф. (26-27 марта 2020 г.). СПб.: Политех-пресс, 2020. С. 169-171.
15. Daniel Schallmo, Christofer A. Williams, Luke Boardman. Digital Transformation of Business Models - Best Practice, Enablers, and Roadmap // XXVIII ISPIM Innovation Conference - Composing the Innovation Symphony, Austria, Vienna on 18-21 June. Vienna, 2018.
16. Побединский В.В., Кручинин И.Н., Ченушкина С.В., Ахтямов Э.Р. Программа оптимизации параметров конструкции лесовозной дороги с морозозащитным слоем: свид. о гос. регистрации программы для ЭВМ № RU 2022616417, 2022.
17. Jugulum R., Gray D.H. Competing with high quality data: concept, tools and techniques for building a successful approach to data quality. New York, 2014. 304 p.
18. Scholz R.W., Czichos R., Parycek P., Lampoltshammer T.J. Organizational vulnerability of digital threats: a first validation of an assessment method // European Journal of Operational Research. 2020. № 282 (2). P. 627-643.
19. Barenfanger R., Otto B., Gizanis D. Business and data management capabilities for digital economy. White paper, 2015.
20. Earley S. DAMA-DMBOK: Data Management Body of Knowledge. New Jersey, 2017.
21. Власенко В.Н., Ширококов А.С. Цифровизация государственного экологического управления: правовые аспекты // Вестн. РУДН. Сер. Юридические науки. 2021. Т. 25. № 2. С. 601-619.
5. Mariam H. Ismail, Mohamed Khater, Mohamed Zaki. Digital Business Transformation and Strategy: What Do We Know So Far? Cambridge Service Alliance, 2017.
6. CHenushkina S.V., Kruchinin I.N. 3D modeling of the forest transportation network in the conditions of digital transformation of forestry // Tendencii razvitiya nauki i obrazovaniya. 2022. V. 88. № 3. P. 158-160.
7. Artificial intelligence tracks illegal logging and potential forest fires in Tatarstan // Sajt M-va cifrovogo razvitiya gos. upravleniya, informacionnyh tekhnologij i svyazi Respubliki Tatarstan. URL: <https://digital.tatarstan.ru/index.htm/news/2008983.htm> (дата обращения: 29.10.2022).
8. Valentini R., Marchesini B.L., Gianelle D., Sala G., Yarovslavtsev A., Vasenev V., Castaldi S. New tree monitoring systems: from Industry 4.0 to Nature 4.0. Annals of Silvicultural Researches. 2019. V. 43. № 2.
9. Qin J., Liu Y., Grosvenor R. A categorical framework of manufacturing for Industry 4.0 and beyond // Procedia CIRP. 2016. № 52. P. 173-178.
10. Gnezdilova YU.S. Robotics as an element of the fourth industrial revolution and prospects for the development of robotics in Russia // The World Economics. 2019. № 6. P. 46-57.
11. On the creation of the federal state information system of the forest complex: prikaz Rosleskhoza ot 22.04.2021 № 372 // Dostup iz sprav.- pravovoj sistemy «Konsultant Plyus». URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_421432](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_421432) (дата обращения: 29.10.2022).
12. Unified state automated information system for wood accounting and transactions with it // Edinaya gos. avtomatizirovannaya inform. sistema uchyota drevesiny i sdelok s nej. URL: <https://lesegais.ru> (дата обращения: 29.10.2022).
13. Vagizov M.R. Applied aspects of the development of geoinformation support of forestry // Informacionnye tekhnologii i sistemy: upravlenie, ekonomika, transport, pravo / pod red. d.t.n., prof. E.P. Istomina. SPb.: ООО «Андреевский издательский дом», 2019. Vyp. 3 (35). P. 173-175.
14. Kruchinin I.N., SHakirzyanov D.I. Information support of the technology of construction of road surfaces of forest roads in relation to the conditions of the KOMI Republic // Cifrovye tekhnologii v lesnom sektore: materialy Vseros. nauch.-tehnicheskoy konf. (26-27 marta 2020 g.). SPb.: Politekhpress, 2020. P. 169-171.
15. Daniel Schallmo, Christofer A. Williams, Luke Boardman. Digital Transformation of Business Models - Best Practice, Enablers, and Roadmap // XXVIII ISPIM Innovation Conference - Composing the Innovation Symphony, Austria, Vienna on 18-21 June. Vienna, 2018.
16. Pobedinskij V.V., Kruchinin I.N., CHenushkina S.V., Ahtyamov E.R. Program of optimization of parameters of construction of a logging road with a frost-proof layer: svid. o gos. registracii programmy dlya EVM № RU 2022616417, 2022.
17. Jugulum R., Gray D.H. Competing with high quality data: concept, tools and techniques for building a successful approach to data quality. New York, 2014. 304 p.
18. Scholz R.W., Czichos R., Parycek P., Lampoltshammer T.J. Organizational vulnerability of digital threats: a first validation of an assessment method // European Journal of Operational Research. 2020. № 282 (2). P. 627-643.
19. Barenfanger R., Otto B., Gizanis D. Business and data management capabilities for digital economy. White paper, 2015.
20. Earley S. DAMA-DMBOK: Data Management Body of Knowledge. New Jersey, 2017.
21. Vlasenko V.N., SHirobokov A.S. Digitalization of state environmental management: legal aspects: pravovye aspekty // RUDN Journal of Law. 2021. V. 25. № 2. P. 601-619.

#### References

1. Strategy for the development of the forest complex of the Russian Federation until 2030: rasporyazheniem Pravitel'stva Ros. Federacii ot 20 sent. 2018 g. № 1989-r. M., 2018. 46 p.
2. Development of the digital economy in Russia. The program until 2035. URL: <http://innclub.info/wp-content/uploads/2017/05/strategy> (дата обращения: 10.10.2022).
3. Draft on November 12, 2019 of the Concept of the creation and Functioning of the Digital Forest industry Digital platform in the Russian Federation. URL: <http://www.freedocs.xyz/docx-525953349> (дата обращения: 10.10.2022).
4. On the Strategy for the development of the Information Society in the Russian Federation for 2017-2030": ukaz Prezidenta RF ot 09.05.2017 g. № 203. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_216363/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_216363/) (дата обращения: 10.10.2022).