

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ

INFORMATION TECHNOLOGIES FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF FOREST RESOURCES

Скворцова Е.И., преподаватель СПО кафедры информационных технологий, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Ягодкин А.С., к.т.н., заведующий кафедрой информационных технологий, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Занин И.Н., преподаватель кафедры компьютерных технологий и микроэлектронной инженерии, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Шапкин В.С., ассистент кафедры информационных технологий, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Skvortsova E.I. teacher of secondary vocational education, Department of Information Technology, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Yagodkin A.S., candidate of physical and mathematical sciences, Head of the Department of information technology, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Zanin I.N., teacher of the Department of computer technology and microelectronic engineering, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Shapkin V.S., assistant of the Department of information technology, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация: Статья рассматривает применение технологий больших данных в цифровизации лесного хозяйства России. Анализируется интеграция дистанционного зондирования с ГИС-системами для мониторинга лесов в реальном времени. Описываются современные методы прогнозирования состояния лесов, включая аналитические, эмпирико-статистические и имитационные модели. Представлен российский прогнозно-моделирующий комплекс FORRUS-S для оценки динамики лесных насаждений. Подчеркивается роль аналитических инструментов в оптимизации лесозаготовок и предотвращении нарушений законодательства. Обосновывается необходимость консолидации информационных источников и применения пространственных данных для принятия управленческих решений. Демонстрируется, как цифровые технологии способствуют балансу между экономической эффективностью и экологической устойчивостью лесов России.

Abstract: The article considers the application of big data technologies in the digitalization of forestry in Russia. The integration of remote sensing with GIS systems for real-time forest monitoring is analyzed. Modern methods for forecasting the state of forests are described, including analytical, empirical-statistical and simulation models. The Russian

forecasting and modeling complex FORRUS-S for assessing the dynamics of forest stands is presented. The role of analytical tools in optimizing logging and preventing violations of the law is emphasized. The need to consolidate information sources and use spatial data for making management decisions is substantiated. It is demonstrated how digital technologies contribute to the balance between economic efficiency and environmental sustainability of Russian forests.

Ключевые слова: цифровизация, большие данные, географические информационные системы, дистанционное зондирование, прогнозное моделирование, лесной мониторинг, аналитические системы, устойчивое лесопользование, FORRUS-S, лесное хозяйство.

Keywords: digitalization, big data, geographic information systems, remote sensing, predictive modeling, forest monitoring, analytical systems, sustainable forest management, FORRUS-S, forestry.

Лесной комплекс России, охватывающий пятую часть мирового лесного покрова, стоит на пороге технологической революции, связанной с внедрением цифровых технологий и использованием больших данных. Современные подходы к управлению лесными ресурсами трансформируются под влиянием информационных технологий, открывающих принципиально новые возможности для мониторинга, анализа и прогнозирования состояния лесных экосистем.

Современные спутниковые снимки, технологии лидара и беспилотные летательные аппараты обеспечивают получение данных в реальном времени, что позволяет эффективно контролировать вырубки, пожары и другие экологические нарушения. Традиционные методы инвентаризации постепенно уступают место цифровым решениям, способным предоставить более точную и детальную информацию о лесных активах.

Геоинформационные системы (ГИС) становятся фундаментальным элементом цифровизации лесного сектора. ГИС представляют собой специализированные программные продукты, состоящие из множества слоев, включающих планы лесонасаждений, спутниковые снимки, квартально-выделную сеть с таксационными характеристиками и другие данные. Это позволяет не только наглядно отображать лесохозяйственную информацию, но и эффективно управлять лесным хозяйством, планировать различные мероприятия – от сплошных рубок до лесовосстановительных работ.

Аналитическое обеспечение лесного хозяйства является необходимым условием для сохранения и устойчивого управления лесами. Технологии больших данных позволяют эффективно прогнозировать состояние лесов, возникновение и распространение очагов вредных организмов, что способствует повышению эффективности планирования и реализации мероприятий по защите лесов.

Для разработки качественных прогнозов используются различные типы моделей: аналитические, эмпирико-статистические и имитационные, позволяющие оценивать лесопатологическую ситуацию и прогнозировать изменения параметров в различных условиях. Имитационное моделирование активно применяется для планирования лесного

хозяйства и прогнозирования его развития, что особенно важно для долгосрочных перспектив отрасли.

Значительным шагом в развитии цифровизации лесного хозяйства стала разработка в период с 2003 по 2010 год информационного комплекса FORRUS-S, предназначенного для прогнозирования динамики состояния лесов при различных сценариях использования. Данная система позволяет моделировать изменения таксационных показателей лесных насаждений с учетом мероприятий по лесному хозяйству и лесовосстановлению.

FORRUS-S (FORest of RUSSia-Stand) предназначен для имитационного моделирования и анализа динамических процессов, протекающих в лесных массивах. Он состоит из модели естественного развития, модели экзогенных воздействий и набора сервисных программ. Размеры моделируемых лесных массивов достигают нескольких десятков тысяч гектаров, а шаг моделирования составляет 5 лет, что соответствует лесохозяйственным нормативам.

В последние годы в России активно развиваются системы "Умный лес" и "Цифровой лес", которые представляют собой комплексные решения для управления лесным хозяйством. Система "Умный лес", разработанная в Пермском крае, позволяет вести учет лесного фонда и лесопользование в цифровом формате, осуществлять мониторинг хранения, транспортировки и переработки древесины, отслеживать лесоизменения с помощью спутникового мониторинга и охранять леса от пожаров.

Данная система продемонстрировала значительные результаты: в Пермском крае удалось в 1,5 раза снизить теневой оборот древесины и в 2,5 раза повысить эффективность взаимодействия лесопользователей и профильных органов власти. Опыт Пермского края уже успешно тиражирован в лесной отрасли Кировской области, а тестирование информационного продукта проводят другие регионы России.

Система "Цифровой лес" также помогает автоматизировать процессы управления лесным хозяйством и охотничьими ресурсами, переводя в цифровой формат государственные услуги. Важным аспектом функционирования подобных систем является оцифровка материалов лесоустройства, что обеспечивает полноту и достоверность используемых данных.

Методы дистанционного зондирования Земли давно и успешно используются для обеспечения органов управления и предприятий лесного сектора актуальными и достоверными данными. Они незаменимы при выполнении лесоустроительных работ, оценке лесосырьевой базы, государственной инвентаризации лесов, осуществлении противопожарного и лесопатологического мониторинга.

Спутниковый мониторинг позволяет наблюдать за лесными массивами в реальном времени, что помогает обнаруживать изменения в лесах на ранних стадиях и оперативно реагировать на них. Беспилотные летательные аппараты (дроны) используются для проведения высокоточных обследований лесных территорий, получения данных из труднодоступных участков, мониторинга состояния лесов и выявления незаконных вырубок.

Особое значение имеет применение цифровых технологий для прогнозирования лесных пожаров. Прогнозирование лесных пожаров представляет собой определение вероятности возникновения и разрастания лесных пожаров во времени и пространстве на основании анализа данных мониторинга. Исходными данными для такого прогнозирования служат класс пожарной опасности по условиям погоды, местоположение и площади участков лесного фонда различных классов пожарной опасности, данные о рельефе местности, наличие потенциальных источников огня и данные о грозовой деятельности.

Современные методы включают использование искусственного интеллекта для прогнозирования и картирования вероятности лесных пожаров. Методы машинного обучения, включая случайный лес и генетические алгоритмы, используются для оценки вероятности пожаров с точностью около 88%. Такие факторы, как влажность, скорость ветра, количество осадков, высота, уклон и нормализованный разностный индекс влажности, используются для прогнозирования возможных очагов возгорания.

Одним из перспективных направлений развития цифровизации лесного хозяйства является интеграция различных информационных систем и создание единой платформы для управления лесными ресурсами. Необходимо разработать единую ГИС программу для лесной отрасли, организовать подготовку общих нормативов ведения баз данных, которые затем будут использованы для ведения непрерывного лесоустройства.

Предлагается создание платформы "Цифровой лес", которая включает автоматизированные сервисы мониторинга и оценки лесного фонда, а также картографический веб-обозреватель. С помощью технологий искусственного интеллекта такая платформа сможет проводить мониторинг вырубок, карьеров, выявлять гари, лесопатологии, ветровалы, определять преобладающие древесные породы на лесной участок.

Важным направлением является расширение применения технологий искусственного интеллекта и машинного обучения в лесном хозяйстве. Современные методы тематической обработки спутниковых данных позволяют проводить не только визуально-экспертную оценку лесных территорий, но также внедрять высокоточные автоматизированные методы анализа, учитывающие спектральные, геометрические и текстурные характеристики наземных объектов.

Автоматизированные системы, созданные с применением технологий машинного обучения и автоматического анализа изображений, позволяют в относительно короткие сроки анализировать большие территории лесного фонда, что открывает новые возможности для эффективного управления лесными ресурсами.

Цифровизация лесного хозяйства открывает широкие перспективы для устойчивого управления лесными ресурсами России. Внедрение технологий больших данных, геоинформационных систем, дистанционного зондирования и искусственного интеллекта способствует повышению эффективности планирования и реализации лесохозяйственных мероприятий, обеспечивает контроль процессов лесопользования и сокращает количество ошибок, приводящих к неэффективности экономики лесного хозяйства.

Развитие цифровых технологий в лесном секторе требует дальнейшей консолидации информационных источников и применения пространственных данных для принятия управленческих решений. Это обеспечит баланс между экономической эффективностью и экологической устойчивостью лесов, способствуя сохранению и приумножению лесных богатств России в интересах нынешнего и будущих поколений.

Список литературы

1. Николай Казаков. Промышленное лесоиспользование: цифровизация и автоматизация // Инфра-Инженерия. - 2023.
2. Информационные технологии в лесном хозяйстве. / В.Л. Черных, В.В. Сысуев // Учебное пособие. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2000. -378 с.
3. Лесоводство / С.В. Залесов // Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский государственный лесотехнический университет. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2020. - 295 с.

References

1. Nikolay Kazakov. Industrial forest management: digitalization and automation // Infra-Engineering. - 2023.
2. Information technologies in forestry. / V.L. Chernykh, V.V. Sysuev // Study guide. - Yoshkar-Ola: MartSTU, 2000.
3. Forestry / S.V. Zalesov // Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Ural State Forest Engineering University. - Ekaterinburg: USFTU, 2020.