



СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ SYSTEM ANALYSIS AND PROCESSING OF KNOWLEDGE

УДК 519.816

DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-3-558-565

Разработка структуры системы поддержки принятия решений при управлении лесохозяйственным комплексом

Иванов С.А.

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова,
Россия, 194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., д. 5,
Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики
Россия, 190103, Санкт-Петербург, Лермонтовский пр., д. 44
E-mail: kemsit@mail.ru

Аннотация. Управление лесохозяйственным комплексом – нетривиальная задача, решение которой требует анализа различных факторов. Цифровизация данного процесса должна включать в себя разработку таких модулей информационной системы, как геоинформационную, поддержки принятия решений, паттерны для сбора и интеллектуального анализа данных. В данной статье рассмотрены основные тенденции по цифровизации лесной отрасли, предложена и декомпозирована система управления лесохозяйственным комплексом. Определены основные преимущества использования системы поддержки принятия решений (СППР) в модуле обработки данных, разработана структура системы поддержки принятия решений, определен критерий оптимальности.

Ключевые слова: обработка данных, модель СППР, оптимальное решение

Для цитирования: Иванов С.А. 2022. Разработка структуры системы поддержки принятия решений при управлении лесохозяйственным комплексом. Экономика. Информатика, 49(3): 558–565. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-3-558-565

Development of the Structure of a Decision Support System in the Management of the Forestry Complex

Sergey A. Ivanov

Saint-Petersburg State Forest Technical University
5 Institutskiy Ln, Saint-Petersburg, 194021, Russia
Saint Petersburg University of Management Technologies and Economics
44 Lermontovsky Ave, Saint-Petersburg, 190103, Russia
E-mail: kemsit@mail.ru

Abstract. The management of the forestry complex is a non-trivial task, the solution of which requires the analysis of various factors. The digitalization of this process should include the development of information system modules such as geoinformation, decision support, patterns for data collection and data mining. Taking into account the complexity and non-stationarity of the sphere of the agro-industrial complex and forestry as objects of management, as well as the stochastic nature of processes, the optimization of measures is a difficult task. This article discusses the main trends in the digitalization of the forest industry, proposes and decomposes a management system for the forestry complex. The structure of the information system, which includes key patterns, has been developed. The main advantages of using the decision support system (DSS) in the data processing module are determined, the structure of the decision support system is developed, and the optimality criterion is determined.

Keywords: data processing, DSS model, optimal solution

For citation: Ivanov S.A. 2022. Development of the Structure of a Decision Support System in the Management of the Forestry Complex. *Economy. Informatics*, 49(3): 558–565 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-3-558-565

Введение

Существующая система государственного управления лесохозяйственной деятельностью имеет сложную многоуровневую ведомственную структуру, что обусловило распределение полномочий и функций управления ею на федеральном, региональном и муниципальном уровнях власти [Головачев, 2012; Кислухина, 2012; Резанов, 2014; Маркова, 2017; Попов, 2020]. С 4 февраля 2021 г. действует подписанный Президентом Российской Федерации закон о цифровой трансформации лесного комплекса. Предусматривается создание федеральной государственной информационной системы лесного комплекса (ФГИС ЛК) с обеспечением полной прослеживаемости древесины от мест её заготовки и складирования до производства продукции, её переработки и вывоза продукции из РФ [Заикин и др., 2022].

Учитывая сложность и нестационарность сферы агропромышленного комплекса и лесного хозяйства как объектов управления, а также стохастичность процессов, оптимизация мероприятий является сложной задачей. Решение её связано с разработкой критериев для оценки, определения факторов, влияющих на эффективность, с разработкой моделей, методов и программных средств для поддержки принятия решений [Панов и др., 2016].

Объекты и методы исследования

Управление лесохозяйственным комплексом – сложный процесс, требующий на сегодняшний день глубокого уровня автоматизации и применения разных подходов для получения, обработки, анализа данных и принятия решений на основе проведенного анализа. Несмотря на возникающие сложности и слабое относительно других отраслей проникновение информационных технологий, в лесном хозяйстве есть и запрос на цифровизацию, и потенциал на реализацию различных ИТ-проектов. В целом такую систему можно декомпозировать на три основных компонента:

1. модуль мониторинга (сбора) данных, который состоит из наземного мониторинга и системы мониторинга при помощи беспилотных летательных аппаратов (БЛА);
2. модуль обработки данных, состоящий из системы поддержки принятия решений, системы интеллектуального анализа данных и геоинформационной системы (ГИС);
3. модуль визуализации данных, который включает в себя инфограммы, графики, геоданные.

Пример такой системы управления представлен на рис. 1.

В рамках статьи подробно рассматривается внутренняя структура одного из элементов модуля обработки данных – системы поддержки принятия решений (СППР).

Автоматизированные СППР позволяют менеджерам – специалистам в управлении лесохозяйственным комплексом оперировать большим объемом информации, заложенной в базе данных (знаний), исследовать различные ситуации, выдавать прогнозные решения, что в обычном ручном операционном режиме делать достаточно трудоемко и неэффективно. СППР не исключает человека-специалиста из процесса, но, являясь эргатической системой, дает ему весь необходимый инструментарий для наиболее эффективного, оптимального и быстрого принятия решений. Важно правильно проанализировать текущую ситуацию и сопоставить её с определенным алгоритмом управления. Актуальность внедрения ситуационного управления определяется важностью своевременного изменения алгоритма управления с целью обеспечения требуемой результативности процесса функционирования системы. В системах поддержки принятия решений информация, выданная лицу, принимающему решение (ЛПР), может предопределить успешность всей операции. Соответственно, предлага-

емые СППР варианты действий должны быть определены текущей ситуацией и набором имеющихся ресурсов [Оркин и др., 2021].

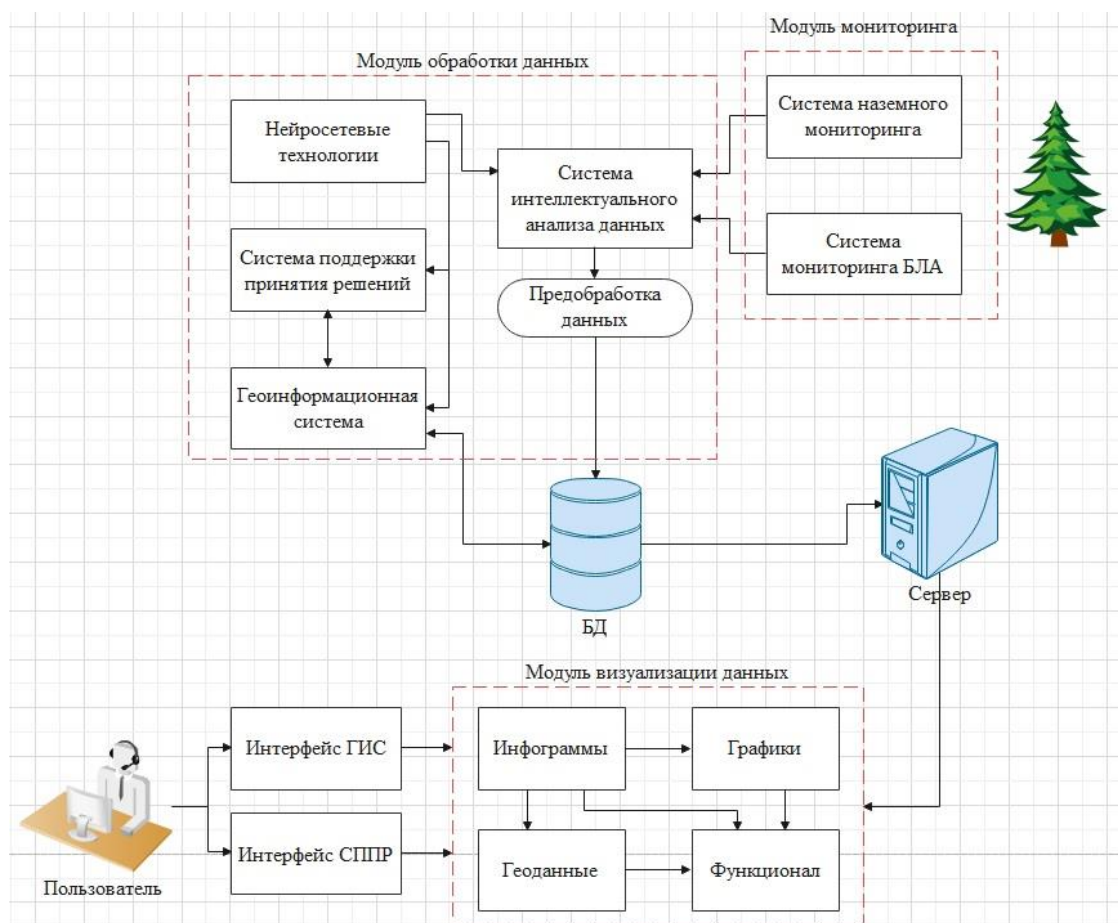


Рис. 1. Пример структуры системы управления лесохозяйственным комплексом
Fig. 1. Example of the structure of the forestry complex management system

Одной из современных и активно используемых систем поддержки принятия решений в управлении лесным хозяйством является информационная система МОТТИ. В основе этого программного продукта лежит компьютерная модель развития древостоя, позволяющая рассчитывать рост деревьев при различных сценариях ведения лесного хозяйства. Программное обеспечение МОТТИ имеет финскую и английскую версию системы [Лукашик и др., 2018]. Подобных систем на рынке программного обеспечения достаточно много, но они не являются универсальными для применения в различных регионах. Так, указанная система относительно географии России может быть использована только в Северо-Западном Федеральном округе. Отечественных разработок по сравнению с зарубежными аналогами на рынке значительно меньше (например, можно выделить комплекс программ FORRUS-S, предназначенных для имитационного моделирования и анализа динамических процессов, протекающих в лесных массивах [Лукашик и др., 2019]). При явном запросе на автоматизацию различных процессов управления лесным комплексом, возрастающей государственной поддержке, большому опыту разработки систем поддержки принятия решений для различных отраслей можно сделать вывод о перспективности данных исследований и разработок.

Основные преимущества СППР в рамках рассматриваемой на рис. 1 структуры системы управления [Иванов и др., 2021]:

1. *Наличие базы данных (знаний)* (постоянно пополняющейся) наиболее эффективных стратегий развития лесного хозяйства, что позволяет сделать наиболее репрезентативную

выборку решений, удовлетворяющих как заявленному критерию оптимальности, так и ограничениям, в основном касающимся минимизации затрачиваемых ресурсов.

2. *Снижение фактора человеческой ошибки* за счет уменьшения субъективизма пользователя системы (ЛПР) – предполагается интеграция с объемной базой знаний, разработанной с привлечением экспертов, работающих в различных лесохозяйственных комплексах, а также системных аналитиков.

3. *Учет* не только внутренних рисков, но и внешних, а также последних изменений законодательства в лесном секторе на всех необходимых уровнях (федеральный, региональный, муниципальный), а также локальных нормативных актов компании.

4. *Возможность решения управленческих задач* по обозначенной проблематике *в условиях неопределенности*; инструментарий позволяет значительно снизить энтропию факторов, влияющих на принятие решений за счет интеллектуального анализа данных, полученных на основании системы мониторинга и подготовленных к дальнейшему анализу.

5. *Возможность быстрого реагирования* на возникновение нештатных ситуаций – снижение времени на обработку поступающей информации.

6. *Повышение эффективности контроля* за исполнением решений.

Следует отдельно отметить типичные ошибки, которые совершаются ЛПР: ошибки планирования, наблюдения, выполнения, диагностики и взаимодействия с автоматизированной системой управления (АСУ) [Карелин, Береза, 2019]. Разрабатываемая система поддержки принятия решений предназначена, в том числе, для решения этих проблем.

Результаты и их обсуждение

Возможность организации баз данных и баз знаний больших объемов позволяет использовать накопленную информацию при решении различных задач с учетом методов генерации решений, формирования системы критериев и выбора решений в рамках обозначенной предметной области – управления лесным хозяйством. Рассмотрим подробнее модель СППР.

Множество всех пользователей системы представимо в виде:

$$P = \{P_1, P_2, P_3, P_4\},$$

где P_1 – эксперты по принятию решений, P_2 – системные аналитики, P_3 – лицо, принимающее решение, P_4 – исследователи.

БД – база данных.

БЗ – база знаний.

БМ – база моделей: экономических, технических, технологических и т. д.

БС – база реализованных ранее стратегий на основе опыта различных лесохозяйств.

БК – база данных критериев, база знаний иерархий критериев и функций принадлежности.

БА – база данных с набором альтернатив, база знаний набора альтернатив.

МППР – методы поддержки принятия решений.

Критерий оптимальности может быть представлен системой и определен непосредственно ЛПР для каждого конкретного случая. Тогда оптимальному решению будет соответствовать:

$$F^{\text{опт}} = F(\bar{X}, Y) = \begin{cases} \max_{1 \leq i \leq m} \left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{ij} \right) \text{ (Лапласа)} \\ \max_{1 \leq i \leq m} \min_{1 \leq j \leq n} a_{ij} \text{ (Вальда)} \\ \min_{1 \leq i \leq m} \max_{1 \leq j \leq n} (a_{ij} - a_{ij}) \text{ (Сэвиджа)} \\ \max_{1 \leq i \leq m} [\alpha \max_{1 \leq j \leq n} a_{ij} + (1 - \alpha) \min_{1 \leq j \leq n} a_{ij}] \text{ (Гурвица)} \end{cases},$$

где a_i – вектор управляемых параметров, определяющих свойства системы, $i = \overline{1, m}$; p_j – вектор неуправляемых параметров, определяющих состояние обстановки, $j = \overline{1, n}$; α – коэффициент оптимизма, $0 \leq \alpha \leq 1$.

Множество информации, передаваемой между интерфейсом СППР и экспертным модулем СППР, представимо в виде:

$$I = \{I_1, I_2, I_3\},$$

где I_1 – информация из БД, БЗ, БМ, БС; I_2 – информация о проблеме от ЛПР; I_3 – искомое решение (управляющее воздействие).

Таким образом, СППР можно представить в виде теоретико-множественной модели M :

$$M = \langle P, \text{БД, БЗ, БМ, БС, БК, БА, МППР, } I \rangle.$$

Структура СППР представлена на рис. 2.

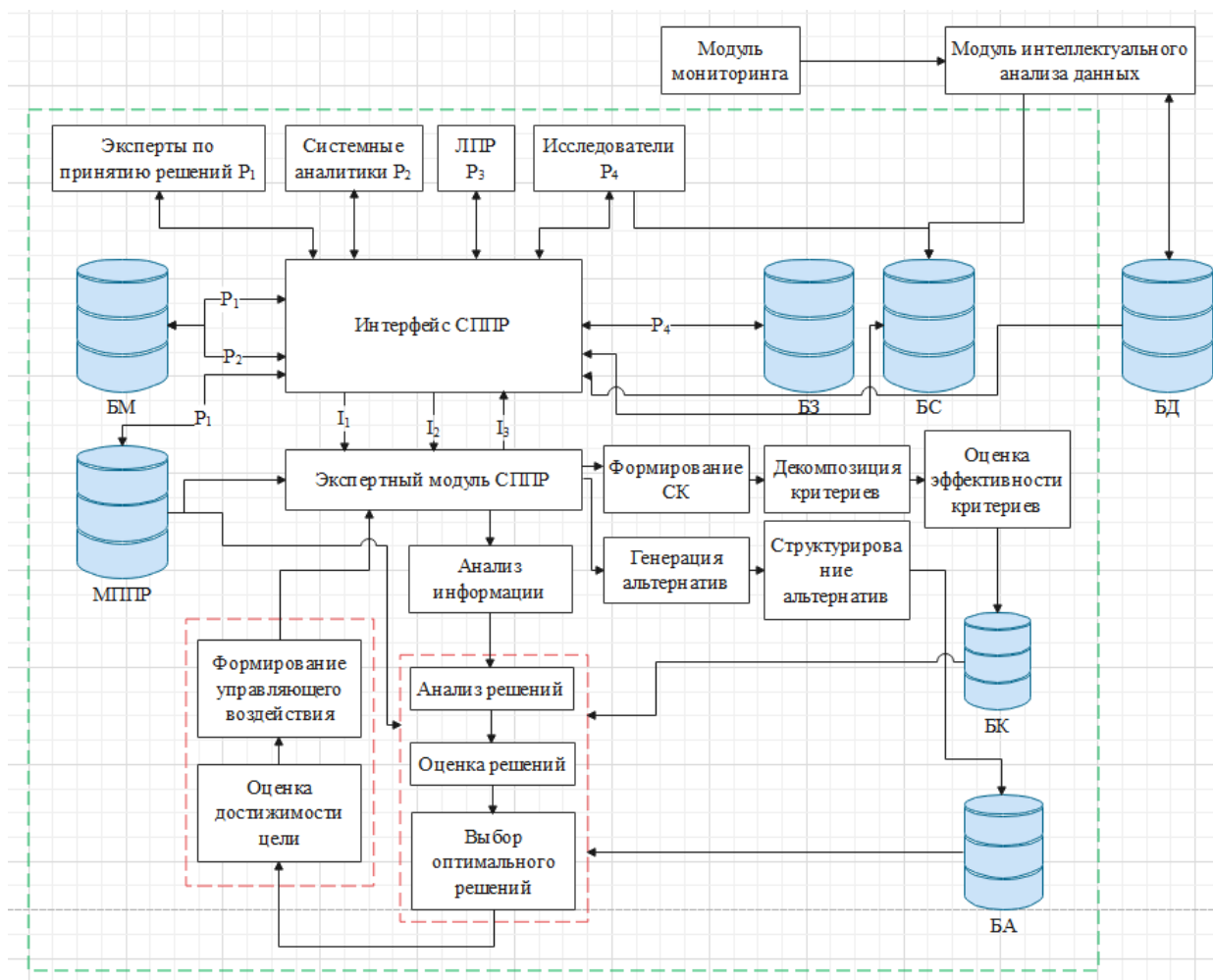


Рис. 2. Структура СППР
 Fig. 2. The structure of the DSS

При формулировке и решении задач выбора управляющих воздействий в условиях неопределенности за основу предполагается взять концепцию системного (комплексного) моделирования, под которой понимается полимодельное многокритериальное описание и исследование заданной предметной области с использованием комбинированных методов, алгоритмов и методик, позволяющих на конструктивной основе обеспечить эффект взаимного усиления достоинств каждой из применяемых моделей [Чуваков, 2015].

Эксперты по принятию решений в области управления лесным хозяйством, системные аналитики, ЛПР, исследователи взаимодействуют с системой поддержки принятия решений через соответствующий интерфейс, получая доступ к соответствующему экспертному модулю СППР. В рамках модуля формируется система критериев, происходит их декомпозиция и оценка

эффективности, после чего формируется *БК*. На основе генерации и структурирования альтернатив разрабатывается *БА*. Комплексный паттерн «Анализ информации» включает в себя анализ решений, их оценку и выбор оптимального решения. В рамках экспертного модуля происходит оценка достижимости цели и формирование управляющего воздействия.

Заключение

Таким образом, определено место системы поддержки принятия решений в общей структуре системы управления лесохозяйственным комплексом, предложены подходы к выбору оптимального решения в зависимости от предпочтений ЛПР и поставленной задачи, определены основные элементы СППР.

Разработка соответствующих методов и алгоритмов для представленной структуры, проектирование и последующая реализация информационной системы предполагаются в дальнейших исследованиях по данной проблематике. Также отдельное внимание должно быть уделено оценке эффективности внедрения системы поддержки принятия решений в ИТ-инфраструктуру лесохозяйственного комплекса по существующим методикам [Иванов, Квятковская, 2019].

Список литературы

- Головачев С.А. Лесной комплекс многолесного региона как объект промышленно-торговой политики (на примере Хабаровского края). *Власть и управление на Востоке России*. 4(61): 158–164.
- Заикин А.Н., Сиваков В.В., Зеликов В.А. 2022. Программное обеспечение для управления лесохозяйственным и лесозаготовительным процессами: оценка применимости. *Лесотехнический журнал*. 1(45): 96–109.
- Иванов С.А. 2021. Элементы информационной поддержки принятия решений при управлении лесным хозяйством. Актуальные вопросы лесного хозяйства: материалы V международной молодежной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 11–12 ноября 2021 года. Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова. 138–141.
- Иванов С.А., Квятковская И.Ю. 2019. Использование методики оценки совокупной ценности (TVO) для определения эффективности системы поддержки принятия решений при выборе комплектующих для автоматизированной системы закрытого грунта. *Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии*. 1(45): 110–117.
- Карелин А.Е., Береза А.Н. 2019. Экспертная система для поддержки принятия решений оператора в системе электроснабжения города. *Инженерный вестник Дона*. 4(55): 28.
- Кислухина И.А. Исследование государственной политики в сфере лесных отношений, сформировавшейся в результате принятия нового лесного кодекса РФ. *Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник*. 2: 196–204.
- Лукашик Е.Е., Мальшев Д.О., Смирнов И.А. 2019. Компьютерная система поддержки принятия решений как инструмент экономической оценки рубок ухода за лесом. Наука, бизнес, власть – триада регионального развития: сборник статей IV международной научно-практической конференции, Великий Новгород, 05 апреля 2019 года. Великий Новгород: ГНИИ «Нацразвитие». 118–122.
- Лукашик Е.Е., Никонов М.В., Смирнов И.А. 2018. Возможности компьютерных систем поддержки принятия решений в лесном хозяйстве (на примере программного обеспечения metinfo – MOTTI stand simulator). Современные проблемы и инновационные технологии в лесном хозяйстве: Материалы научно-практической конференции, посвященной 20-летию лесного образования в НовГУ имени Ярослава Мудрого, Великий Новгород, 22–23 ноября 2018 года. – Великий Новгород: Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого.
- Маркова Н.С. 2017. Эффективность управления лесохозяйственной деятельностью в Курской области. *Российская наука и образование сегодня: проблемы и перспективы*. 5(18): 27–29.
- Оркин В.В., Нестеренко О.Е., Платонов С.А. 2021. Модель системы ситуационного управления в автоматизированной системе поддержки принятия решений. *Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму*. 1-2 (151-152): 40–45.



- Панов А.В., Сотникова Н.А., Карпенко Е.И. 2016. Разработка научных подходов к обеспечению экологической безопасности сельских территорий Калужской области, пострадавших от аварий на Чернобыльской АЭС, с использованием компьютерных систем поддержки принятия решений. Труды регионального конкурса проектов фундаментальных научных исследований. Калуга: Государственное автономное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования Калужской области «Калужский государственный институт развития образования». 296–310.
- Попов С.С., Лагун И.В. 2020. Определение понятия государственной лесной политики как способ оптимизации управления лесного хозяйства. *Colloquium-Journal*. 4-5(57): 7–8.
- Резанов В.К., Резанов К.В. 2014. Типологические основы инвестиционной политики устойчивого развития лесного комплекса региона. *Вестник Тихоокеанского государственного университета*. 4(35): 209–216.
- Чуваков А.В. 2015. Концепция разработки информационной системы поддержки принятия решений при управлении сложными техническими системами. *Актуальные направления научных исследований: от теории к практике*. 3(5): 27–280.

References

- Golovachev S.A. Lesnoj kompleks mnogolesnogo regiona kak objekt promyshlenno-torgovoj politiki (na primere Habarovskogo kraja) [The forest complex of a multi-forested region as an object of industrial and trade policy (on the example of the Khabarovsk Territory)]. *Vlast' i upravlenie na Vostoke Rossii* [Power and management in the East of Russia]. 4(61): 158–164.
- Zaikin A.N., Sivakov V.V., Zelikov V.A. 2022. Programmnoe obespechenie dlja upravlenija lesohozajstvennym i lesozagotovitel'nym processami: oценка primenimosti [Software for managing forestry and logging processes: assessment of applicability]. *Leso-tehnicheskij zhurnal* [Lesotechnical journal]. 1(45): 96–109.
- Ivanov S.A. 2021. Jelementy informacionnoj podderzhki prinjatija reshenij pri upravlenii lesnym hozjajstvom [Elements of information support for decision-making in forestry management]. *Aktual'nye voprosy lesnogo hozjajstva: materialy V mezhduna-rodnoj molodezhnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Sankt-Peterburg, 11–12 nojabrja 2021 goda. Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj lesotehnicheskij universitet imeni S.M. Kirova* [Topical issues of forestry: materials of the V International Youth Scientific and Practical Conference, St. Petersburg, November 11–12, 2021. St. Petersburg State Forest Engineering University named after S.M. Kirov]. 138–141.
- Ivanov S.A., Kvjatkovskaja I.Ju. 2019. Ispol'zovanie metodiki ocenki sovokupnoj cennosti (TVO) dlja opredelenija jeffektivnosti sistemy podderzhki prinjatija reshenij pri vybore komplektujushhih dlja avtomatizirovannoj sistemy zakrytogo grunta [Using the Total Value Estimation (TVO) Methodology to Determine the Effectiveness of a Decision Support System in the Selection of Components for an Automated Covered Ground System]. *Prikaspijskij zhurnal: upravlenie i vysokie tehnologii* [Prikaspiian journal: management and high technologies]. 1(45): 110–117.
- Karelin A.E., Bereza A.N. 2019. Jekspertnaja sistema dlja podderzhki prinjatija reshenij operatora v sisteme jelektrosnabzhenija goroda [Expert system for decision support of the operator in the power supply system of the city]. *Inzhenernyj vestnik Dona* [Engineering Bulletin of the Don]. 4(55): 28.
- Kisluhina I.A. Issledovanie gosudarstvennoj politiki v sfere lesnyh otnoshenij, sformirovavshejsja v rezul'tate prinjatija novogo lesnogo kodeksa RF [Study of the state policy in the field of forest relations, formed as a result of the adoption of the new forest code of the Russian Federation]. *Vestnik Moskov-skogo gosudarstvennogo universiteta lesa - Lesnoj vestnik* [Bulletin of the Moscow State Forest University - Forest Bulletin]. 2: 196–204.
- Lukashik E.E., Malyshev D.O., Smirnov I.A. 2019. Komp'juternaja sistema podderzhki prinjatija reshenij kak instrument jekonomicheskoy ocenki rubok uhoda za lesom [Computer decision support system as a tool for economic assessment of forest care felling]. *Nauka, biznes, vlast' - triada regional'nogo razvitija: sbornik statej IV mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Velikij Novgorod, 05 aprelja 2019 goda. Velikij Novgorod: GNII «Nacrazvitie»* [Science, business, power - a triad of regional development: collection of articles of the IV international scientific and practical conference, Veliky Novgorod, April 05, 2019. - Veliky Novgorod: GNII «National Development»]. 118–122.
- Lukashik E.E., Nikonov M.V., Smirnov I.A. 2018. Vozmozhnosti komp'juternyh sistem podderzhki prinjatija reshenij v lesnom hozjajstve (na primere programmno obespechenija metinfo - MOTTI

stand simulator) [Possibilities of computer decision support systems in forestry (on the example of software metinfo - MOTTI stand simulator)]. *Sovremennye problemy i innovacionnye tehnologii v lesnom hozjajstve: Materialy nauchno-prakticheskoj konferencii, posvjashhennoj 20-letiju lesnogo obrazovanija v NovGU imeni Jaroslava Mudrogo, Velikij Novgorod, 22–23 nojabrja 2018 goda.* – Velikij Novgorod: Novgorodskij gosudarstvennyj uni-versitet imeni Jaroslava Mudrogo [Modern problems and innovative technologies in forestry: Proceedings of the scientific and practical conference dedicated to the 20th anniversary of forest education at Yaroslav the Wise Novgorod State University, Veliky Novgorod, November 22–23, 2018. – Veliky Novgorod: Novgorod State University named after Yaroslav the Wise].

- Markova N.S. 2017. *Jefferktivnost' upravlenija lesohozjajstvennoj dejatel'nost'ju v Kurskoj oblasti* [Efficiency of management of forestry activities in the Kursk region]. *Rossijskaja nauka i obrazovanie segodnja: problemy i perspektivy* [Russian science and education today: problems and prospects]. 5(18): 27–29.
- Orkin V.V., Nesterenko O.E., Platonov S.A. 2021. *Model' sistemy situacionnogo upravlenija v avtomatizirovannoj sisteme podderzhki prinjatija reshenij* [Model of a situational control system in an automated decision support system]. *Voprosy oboron-noj tehniki. Serija 16: Tehniceskie sredstva protivodejstvija terrorizmu* [Voprosy oboronnoi tekhniki. Series 16: Technical means of countering terrorism]. 1–2 (151–152): 40–45.
- Panov A.V., Sotnikova N.A., Karpenko E.I. 2016. *Razrabotka nauchnyh podhodov k obespečeniju jekologicheskoj bezopasnosti sel'skih territorij Kaluzhskoj oblasti, postradavshih ot avarij na Chernobyl'skoj AJeS, s ispol'zovaniem komp'juternyh sistem podderzhki prinjatija reshenij. Trudy regional'nogo konkursa proektov fundamental'nyh nauchnyh issledovanij. Kaluga: Gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie dopolnitel'nogo professional'nogo obrazovanija Kaluzhskoj oblasti «Kaluzhskij gosudarstvennyj institut razvitija obrazovanija»* [Proceedings of the regional competition of projects of fundamental scientific research. Kaluga: State Autonomous Educational Institution of Additional Professional Education of the Kaluga Region «Kaluga State Institute for the Development of Education»]. 296–310.
- Popov S.S., Lagun I.V. 2020. *Opređenje ponjatija gosudarstvennoj lesnoj politiki kak sposob optimizacii upravlenija lesnogo hozjajstva* [Definition of the concept of state forest policy as a way to optimize forestry management]. *Colloquium-Journal*. 4–5(57): 7–8.
- Rezanov V.K., Rezanov K.V. 2014. *Tipologičeskie osnovy investicionnoj politiki ustojchivogo razvitija lesnogo kompleksa regiona* [Typological foundations of the investment policy of sustainable development of the forest complex of the region]. *Vestnik Tihookeanskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Pacific State University]. 4(35): 209–216.
- Chuvakov A.V. 2015. *Koncepcija razrabotki informacionnoj sistemy podderzhki prinjatija reshenij pri upravlenii slozhnymi tehničeskimi sistemami* [The concept of developing an information system for decision support in the management of complex technical systems]. *Aktual'nye napravlenija nauchnyh issledovanij: ot teorii k praktike* [Actual directions of scientific research: from theory to practice]. 3(5): 27–280.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Иванов Сергей Александрович, доцент кафедры информационных систем и технологий, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет, доцент кафедры информационных технологий и математики, Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики, г. Санкт-Петербург, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Sergey A. Ivanov, Associate Professor of the Department of Information Systems and Technologies, Saint-Petersburg State Forest Technical University, Associate Professor of the Department of Information Technology and Mathematics, Saint Petersburg University of Management Technologies and Economics, St. Petersburg, Russia