



УДК 630, 004.9

© Н. В. Казаков, П. Б. Рябухин, М. А. Садетдинов, 2013

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ИНЖЕНЕРИИ ЗНАНИЙ В ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИИ

*Казаков Н. В.* – канд. техн. наук, доцент кафедры «Технология заготовки и переработки древесных материалов», тел.: (4212) 22-44-12, e-mail: kazakov.nikolay@hotmail.com; *Рябухин П. Б.* – д-р техн. наук, декан факультета «Природопользование и экология», тел.: (4212) 22-44-13, e-mail: PRyabukhin@mail.khstu.ru (ТОГУ); *Садетдинов М. А.* – асп., специалист службы обеспечения лесопользования, тел.: (4212) 40-05-84, e-mail: Mikhail.Sadetdinov@rfpgroup.ru (ЗАО «РФП лесозаготовка»)

Авторами представлены основные положения автоматизированных систем инженерии знаний в лесопользовании. Раскрыто содержание основных математических моделей и алгоритмов. Намечены пути развития подобных систем и перспективы их эффективного применения лесопромышленниками.

Authors present substantive provisions of automated systems in engineering of knowledge in forest exploitation. The maintenance of the basic mathematical models and algorithms is shown. Ways of development of similar systems and prospect of their effective application by lumbermen are outlined.

*Ключевые слова:* автоматизированные системы, инженерия знаний, лесопользование, численное моделирование, алгоритм.

Замедление темпов экономического роста лесопромышленного комплекса России и стоящие перед ним проблемы тесно взаимосвязаны, а их масштаб требует системного подхода к решению на государственном и региональном уровнях.

Сложность и многообразие процессов лесопользования предопределяет необходимость применения универсальных комбинированных методов ведения хозяйства [1], которые невозможно эффективно реализовывать без специализированных автоматизированных информативных систем. Одной из наиболее перспективных, по мнению специалистов для целей управления лесопользованием является использование высоко насыщенных знаниями автоматизированных информативных систем, позволяющих существенно облегчить доступ к достоверной информации и обеспечить контроль выполне-

ния всех хозяйственных и производственных операций [2, 3]. Здесь применяются инструменты, позволяющие автоматизировать определенные повторяющиеся действия, уменьшая нагрузку инженеров рутинными операциями и помогая им сконцентрироваться на творческих, нестандартных аспектах реализации выполняемых процессов. Существенным аргументом применения автоматизированных систем является потенциальная возможность привлечения для решения стоящих перед лесопромышленниками задач менее квалифицированных специалистов [4, 5].

Назначение автоматизированной системы инженерии знаний «лесопользование» (далее АСИЗ-Л) заключается в применении интеллектуальных алгоритмов, включающих базу знаний современного лесопользования, модулей экспертных систем и моделирования (генерации) некоторого решения непосредственно самой системой. АСИЗ-Л, применительно к нашей прикладной задаче, включает методы и средства извлечения, представления, структурирования и использования знаний в области лесопользования.

Основной задачей АСИЗ-Л является создание открытого научно-технического, инженерного и образовательного интернет-ресурса для разработки и сопровождения специализированной базы знаний лесопользования.

Согласно проекту в рамках АСИЗ-Л разработана технология структурирования данных базы знаний отождествляющая полное (детальное) описание систем и способов лесопользования, которое ляжет в основу создания полномасштабного макета - прототипа лесопользования на базе технологических элементов, информационных устройств и их связей. Для работы над проектом АСИЗ-Л необходимо создание группы из разносторонних специалистов и обеспечить постоянное привлечение молодых сотрудников (аспирантов, магистрантов, студентов и обязательно школьников). Вся работа указанной группы должна быть поделена на частично пересекающиеся зоны ответственности.

В целом АСИЗ-Л развивается в трёх основных направлениях.

1. Интерактивная среда для научных экспериментов и информационный научно-популярный продукт. АСИЗ-Л позволяет свободно обновлять (или дополнять) данные баз знаний, зависимостей, технических показателей и технологий в случае их изменения, что дает пользователю возможность отслеживать динамику конкретно интересующего показателя и оценивать (количественно и визуально) каким образом изменение данного показателя влияет на эффективность применения систем машин и технологий в целом. Данная модификация позволит в интерактивном режиме отслеживать динамику уже существующих зависимостей, проверять их работоспособность и уровень достоверности вновь полученных данных в области систем лесопользования с отображением ссылок на источники информации; проводить НИОКР по вопросам подбора, модернизации и адаптации машин и механизмов для устойчивого лесопользования в конкретных условиях заказчика. Интерактивное окно с визуальными данными и сведениями о разработчике приведено на рис. 1.

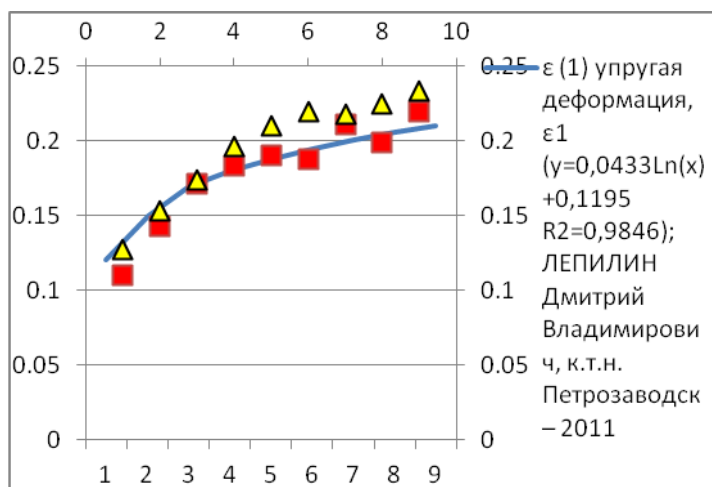


Рис. 1. Изменение деформаций грунтов лесосеки с ростом числа циклов проходки транспортной машины

2. Мультимедийное обучение студентов и научно-популярный образовательный портал для школьников. Интерактивная лаборатория – новый подход к изучению специальных дисциплин. Данная лаборатория задумана к реализации в виде игровой системы лесопользования, которая позволит студентам самим моделировать различные условия и системы, получать балльные оценки эффективности (или оценки в фактических показателях) и визуально наблюдать происходящие процессы. Это позволит упростить процесс обучения и повысить уровень восприятия и понимания получаемых знаний. Для школьников планируется создание специальной игровой системы о лесопользовании, где в красочной форме представляются основные сведения о лесе, о его проблемах, пропагандируется цивилизованное поведение человека в лесах и закладываются природоохранные основы современного лесопользования.

3. Программные комплексы для лесопромышленников, позволяющие получать научно обоснованные:

- оценки применимости систем лесопользования (существующих и перспективных);
- прогнозы (различной срочности) воздействий на природу заданного способа лесопользования в конкретных лесорастительных условиях;
- оптимизационные решения по адаптации (модернизации) систем лесопользования к условиям заказчика;
- параметры и структуру эффективных систем лесопользования для конкретных природно-производственных условий.

В настоящее время уже создан программный комплекс (ПК) «PREDIC APPLIC 1.0» автоматизированного расчета, оптимизации и прогнозирования при-

менимости лесозаготовительных систем машин и технологий. Данный ПК позволяет осуществлять расчет и получение количественной оценки эффективности применения существующих и перспективных систем лесопользования в конкретных условиях эксплуатации и прогнозировать применимость существующей и вновь создаваемой техники и технологий лесопользования [6]. Для расчета и оценки применимости техники и технологии используются известные и созданные группой разработчиков [6, 7] зависимости и алгоритмы (рис. 2), позволяющие моделировать функционирование систем лесопользования в конкретных условиях эксплуатации, в том числе и операции по лесовосстановлению.

Программный комплекс построен на базе математического моделирования технологических переходов и составлен таким образом, что оценка и выводы по эффективности применения той или иной системы машин и технологий проводятся по комплексу критериев. Математическая постановка задачи поиска эффективных технологий, структуры и параметров машин сведена к минимизации векторного критерия [6, 7]:

$$(\Xi) \Xi = \phi(W, T, D, M, P), \quad (1)$$

где  $W, T, D, M, P$  – глобальные диапазоны целевых функционалов.

$$\min \Xi_i = \int_{t_n}^{t_k} \int_{Y_i \min}^{Y_i \max} \dots \int_{Y_p \min}^{Y_p \max} \dots \int \varphi(y, t) M(X_M, X_T, Y) d_{y1} \cdot d_{y2} \cdot \dots \cdot d_{yp} \cdot d_t, \quad (2)$$

где  $t_n, t_k$  – временной интервал изменения условий;  $Y_i \min, Y_i \max$  – граничные значения  $i$ -ой характеристики разрабатываемых лесосек;  $X_M$  – технические параметры и технологическая структура лесосечной машины;

$X_T, Y$  – соответственно, параметры технологического процесса и природно-производственных условий эксплуатации техники;

$W(X_M, X_T, Y), T(\cdot), D(\cdot), M(\cdot), P(\cdot)$  – соответственно, математические модели удельных затрат энергии, времени, и потерь древесного сырья, минерализации почвы, повреждений оставляемых деревьев, молодняка, подроста;

$\varphi(Y, t)$  – обобщенная совместная плотность распределения характеристик лесосек. Здесь в качестве аргументов выступают: природно – климатические условия, информация о лесосырьевой базе, качество подроста, экологические особенности лесоучастка, применяемые технологии и системы машин, тип технологического процесса лесопромышленного предприятия.

Множество всех эффективных точек называется областью компромиссов или областью решений, оптимальных по Паретто [3]. Оптимальность по Паретто векторного критерия  $\Xi(X_M, X_T, Y)$  означает, что нельзя более улучшать значения одного из частных критериев, не ухудшая хотя бы одного из остальных.

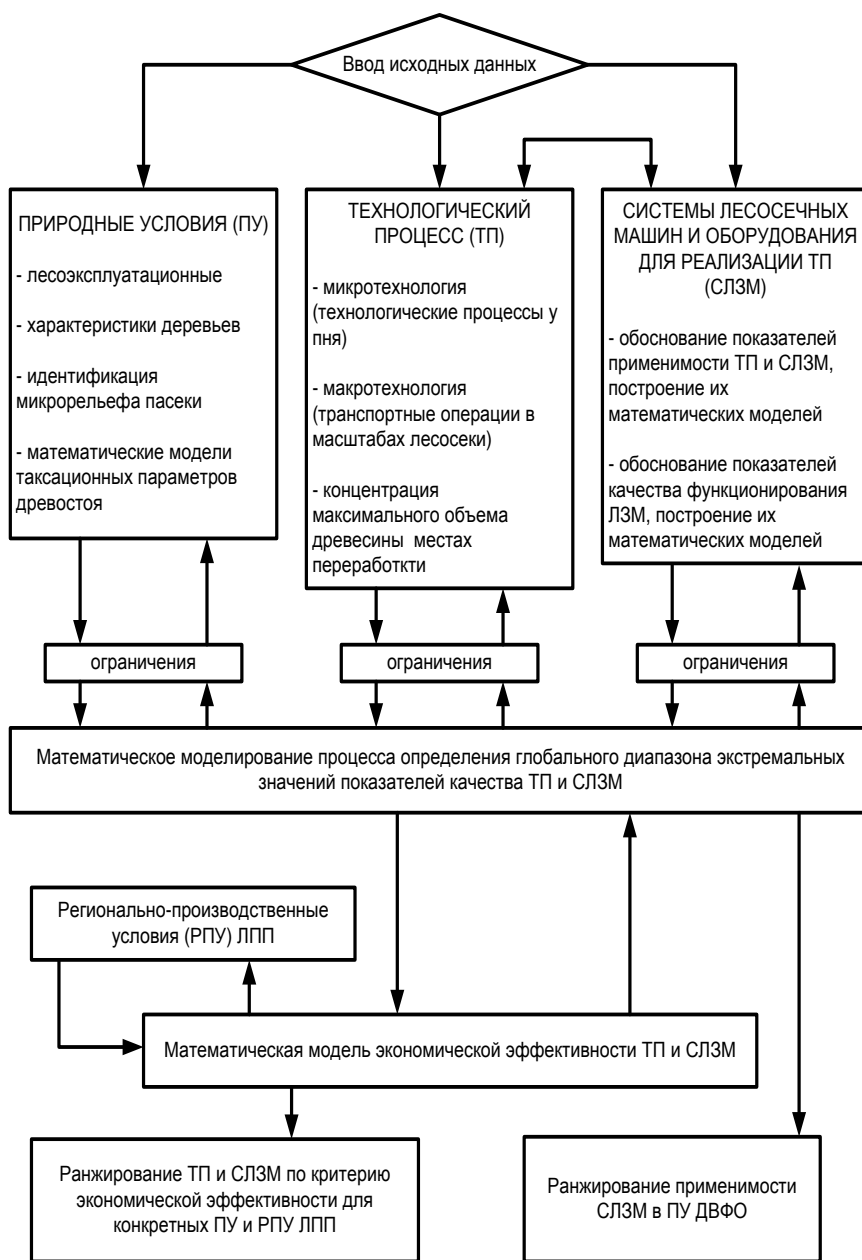


Рис. 2. Алгоритм построения математической модели лесопользования, комплексной оценки технологических процессов и параметров систем машин и механизмов

Для определения экстремума по Паретто производится переход от задачи векторной оптимизации к задаче нелинейной оптимизации специально сконструированной скалярной функции цели:

$$\Xi(X_M, X_T, Y) = \Phi\{W_\Sigma, T_\Sigma, P_\Sigma, D_\Sigma, M_\Sigma, B_\Sigma\} \quad (3)$$

Сконструированная свертка критериев выглядит следующим образом:

$\hat{\Xi}(X_M, X_T, Y) = (L(X_M, X_T, Y) - L_i^*) / L_i^*$  – для минимизируемых критериев;

$\hat{\Xi}(X_M, X_T, Y) = (L_i^* - L(X_M, X_T, Y)) / L_i^*$  – для максимизируемых критериев,

где:  $L_i^*$  – значение  $i$ -го критерия, полученное при выборе оптимальных параметров с учетом только  $i$ -го показателя качества.

Экстремальные значения  $L_i^*$  получают после решения оптимизационной задачи по одному из  $i$ -х критериев.

Таким образом, обобщенная целевая функция, для нашего случая, представлена в следующем виде:

$$\Xi = \left[ \frac{W_\Sigma(X_M, X_T, Y) - W_\Sigma^*}{W_\Sigma^*} - \frac{T_\Sigma(X_M, X_T, Y) - T_\Sigma^*}{T_\Sigma^*} - \frac{P_\Sigma(X_M, X_T, Y) - P_\Sigma^*}{P_\Sigma^*} - \frac{D_\Sigma(X_M, X_T, Y) - D_\Sigma^*}{D_\Sigma^*} - \frac{M_\Sigma(X_M, X_T, Y) - M_\Sigma^*}{M_\Sigma^*} - \frac{B_\Sigma(X_M, X_T, Y) - B_\Sigma^*}{B_\Sigma^*} \right] \Rightarrow \min \quad (4)$$

где  $W_\Sigma^*, T_\Sigma^*, P_\Sigma^*, D_\Sigma^*, M_\Sigma^*, B_\Sigma^*$  – диапазон экстремальных значений исследуемых критериев;  $W_\Sigma, T_\Sigma, P_\Sigma, D_\Sigma, M_\Sigma, B_\Sigma$  – текущие значения исследуемых критериев.

Программный комплекс состоит из четырех условных модулей:

«А» – **Модуль** генерации лесопромышленных характеристик участка лесного фонда (природных условий, древесного сырья, подроста и молодняка):

1. Ввод исходных данных, запуск, проведение и останов вычислительного процесса;

2. Генерация основных лесопромышленных характеристик участка лесного фонда и расчет на их основе параметров древесного сырья, подроста, молодняка и других факторов, способных содействовать естественному возобновлению лесной экосистемы;

3. Сохранение результатов вычислительного процесса и сформированных файлов количественных значений лесопромышленных характеристик участка лесного фонда, древесного сырья, подроста и молодняка.

«Б» – **Модуль** расчета применимости лесозаготовительных систем машин и технологий для заданных или сгенерированных модулем «А» условий:

1. Ввод исходных данных, запуск, проведение и останов вычислительного процесса;



2. Расчет и оценка эффективности применения заданных лесозаготовительных систем машин и технологий в конкретных условиях эксплуатации;
3. Сохранение результатов вычислительного процесса и сформированных файлов оценок применимости техники и технологии и параметров условий эксплуатации.

**«В» – Модуль** оптимизации систем машин и технологий:

1. Запуск и проведение оптимизации на основе данных, полученных модулями «А» и «Б»;
2. Вывод результатов оптимизации в файл.

**«Г» – Модуль** прогнозирования применимости перспективных лесозаготовительных систем машин и технологий для заданных или сгенерированных модулем «А» условий:

1. Запуск и прогнозирование применимости перспективных лесозаготовительных систем машин и технологий на основе данных полученных модулями «А», «Б» и «В»;
2. Вывод результатов прогнозирования применимости в файл.

Данный программный комплекс может применяться как самостоятельно, так и быть интегрирован в АСИЗ-Л, где будет направлен на создание научно обоснованных и экономически целесообразных практических рекомендаций лесопромышленникам. Получение достоверной и объективной информации в АСИЗ-Л позволит лесному бизнесу сократить непредвиденные расходы, связанные с применением новых и модернизацией существующих способов лесопользования. Потенциальные возможности АСИЗ-Л определяют коммерческую и практическую ценность подобных программных продуктов и комплексов.

В настоящее время созданная инициативная группа кафедры ТДМ ТОГУ проводит систематизацию знаний, в ходе которой обосновываются существующие и перспективные алгоритмы АСИЗ-Л, устанавливаются теоретические основы функционирования систем лесопользования, методы формализации принципиально возможных технологических процессов лесопользования и параметров систем машин для их реализации [7, 8].

### **Библиографические ссылки**

1. Ковалев А.П. Особенности рубок в лесах Дальнего Востока // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2010. – № 3(18). – С. 109-114.
2. Информационно-управляющие системы ГУАП СПб. – 2010. - №2(45). - С.61-66.
3. Загоруйко Н. Г. Прикладные методы анализа данных и знаний. — Новосибирск: ИМ СО РАН, 2005. ISBN 5-86134-060-9.
4. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем / Учебник для вузов. — СПб.: Питер, 2000. 384 с.



5. Моросанова Н.А., Соловьев С.Ю. // Управление большими системами. Электронный сборник научных трудов Института проблем управления. - 2012. - № 36. - С. 5—38.

6. Казаков Н.В., Садетдинов М.А. Программный комплекс автоматизированного расчета, оптимизации и прогнозирования применимости лесозаготовительных систем машин и технологий: «Predic applic 1.0». Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011615126 от 29.06.2011.

7. Рябухин П.Б., Казаков Н.В. Комплексная модель для решения задачи структурно-параметрического синтеза систем лесозаготовительных машин // Системы. Методы. Технологии. – 2009. – №2. – С. 42-44.

8. Рябухин П.Б., Ковалев А.П., Алексеенко А.Ю. О необходимости перехода на устойчивое и неистощительное использование лесов Дальнего Востока // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2011. – № 2 (21). – С. 61–71.