

На правах рукописи

ПОПОВА АНАСТАСИЯ КОНСТАНТИНОВНА

**ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ
ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ**

05.25.05 – информационные системы и процессы,
правовые аспекты информатики

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Иркутск – 2008

Работа выполнена в Институте динамики систем и теории управления
Сибирского отделения Российской академии наук.

Научный руководитель: кандидат технических наук
Черкашин Евгений Александрович

Официальные оппоненты: доктор технических наук
Жижимов Олег Львович

кандидат технических наук
Бахвалов Сергей Владимирович

Ведущая организация: Институт географии им. В.Б. Сочавы
СО РАН (г. Иркутск)

Защита состоится "5" сентября 2008 г. в 15.00 на заседании диссертационного
совета ДМ 003.046.01 в Институте вычислительных технологий СО РАН по
адресу: 630090, г. Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 6.

С диссертацией можно ознакомиться в специализированном читальном зале вы
числительной математики и информатики ГПНТБ СО РАН.

Автореферат разослан "4" августа 2008г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор физико-математических наук,
профессор



Чубаров Л.Б.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Российская Федерация обладает большими запасами лесных ресурсов (ЛР), которые размещены неравномерно, местами истощены, а значительная часть территории области относится к особо охраняемым территориям, где ведение хозяйственной деятельности ограничено. Значительная часть сибирских и дальневосточных регионов РФ являются источником лесных ресурсов, которые составляют основную экспортную составляющую для этих регионов.

Проблема формирования политики использования ЛР является чрезвычайно важной задачей для лиц, принимающих решения (ЛПР) в управлении лесопромышленным регионом. ЛПР в процессе принятия решения сталкивается с задачами, которые являются «антиинтуитивными». Под «антиинтуитивными» решениями понимаются решения, которые не являются «очевидно хорошими» на взгляд эксперта, т.е. решения, которые требуют специального исследования. Эффективность принимаемых ЛПР решений в первую очередь зависит от объема, вида и качества исходных данных о состоянии ЛР, а также прогнозов развития ЛР в зависимости от принимаемых ЛПР решений (политики заготовки ЛР). Таким образом, создание информационной системы для поддержки принятия решений по рациональному использованию лесных ресурсов является актуальной задачей.

В настоящее время существуют различные программные системы для прогнозирования состояния лесных ресурсов, среди которых можно отметить комплекс программ *FORRUS-S* (Московский государственный университет леса и ВНИЦЛесресурс), *Landscape Management System* (University of Washington, College of Forest Resources), *Forest Vegetation Simulator* (USDA Forest Service, Вашингтон).

Целью работы является создание информационной системы (ИС) для ЛПР по рациональному использованию лесных ресурсов на основе компьютерного анализа и прогнозирования их состояния. Кроме того, целью работы являлась разработка специализированных приложений по

рациональному использованию ЛР на основе компонент информационной системы.

Основные задачи работы.

1. Разработать методику конструирования информационной системы для ЛПР по рациональному использованию лесных ресурсов, основанную на комплексном подходе, включающем этапы идентификации математических моделей лесных ресурсов, расчета прогноза динамики, а также анализа критериев компьютерного моделирования.
2. Разработать подсистему идентификации моделей динамики и управления древостоем (ДУД) и «Лесные ресурсы».
3. Разработать инструментальные средства для конструирования интеллектуальных информационных систем для прогнозирования и анализа динамики ЛР на основе моделей.
4. Применить информационную систему для моделирования состояния лесных ресурсов Иркутской области.

Методы исследования основываются на использовании методов математического моделирования, методов сбора, хранения, преобразования, отображения и доступа к пространственно-распределенным данным, объектно-ориентированного подхода в проектировании и разработке программных средств, логического программирования.

Основные защищаемые положения.

1. Разработана информационная система для исследования состояния лесных ресурсов промышленного региона ранга области, обеспечивающая анализ набора допустимых решений ЛПР. Указанный анализ осуществляется на основе результатов параметрической идентификации математических моделей ЛР, генерирования набора сценариев, расчета прогноза полученных сценариев, многокритериальной оптимизации набора сценариев и визуализации результатов в ГИС.
2. Созданы базы знаний системы параметрической идентификации моделей ДУД и «Лесные ресурсы», позволяющие создавать представления

идентифицированных моделей лесных ресурсов промышленного региона на основе имеющихся баз данных распределения площадей лесов по породам и классам возраста.

3. Разработаны инструментальные средства, которые позволяют конструировать специализированные информационные системы, направленные на поддержку решений задач ЛПР, связанных с анализом состояния и перспектив использования ЛР промышленного региона.

4. Решены задачи прогнозирования ЛР Иркутской области с использованием созданной информационной системы и инструментальных средств, определены максимальные объемы неистощительных рубок.

Научная новизна представленных в диссертации результатов состоит в следующем.

1. Разработана новая методика построения информационных систем для ЛПР, базирующаяся на прогнозировании состояния лесных ресурсов в зависимости от различных сценариев их использования.

2. Создана оригинальная информационная система, использующая в качестве базовых математических моделей модели динамики управления древостоем (ДУД) и «Лесные ресурсы», впервые разработаны базы знаний для идентификации этих моделей по исходным данным распределения площадей лесов по породам и классам возраста.

3. Разработаны оригинальные инструментальные средства для конструирования ИС для анализа состояния лесных ресурсов промышленного региона.

Практическая значимость. Созданная информационная система может использоваться при решении задач моделирования состояния лесных ресурсов различных регионов. В частности, она применялась для прогнозирования состояния лесных ресурсов Иркутской области и Усть-Илимского района, для которых были определены объемы рубок, позволяющие вести неистощительное использование ЛР.

Разработанная информационная система протестирована на данных, предоставленных Институтом географии СО РАН.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 04-07-90227-в, 05-07-97201-р_байкал_в, 05-07-97204-р_байкал_в) и СО РАН (грант N 104).

Личный вклад автора. Основные научные и практические результаты диссертации получены автором лично: разработана общая концепция создания информационной системы для ЛПР по рациональному использованию лесных ресурсов, предложена и осуществлена программная реализация информационной системы и инструментальных средств конструирования ИС для анализа состояния лесных ресурсов промышленного региона. В публикациях [5-7, 10-12] А.К. Попова участвовала в процессе постановки задачи, разработке архитектуры информационной системы. В работах [2-3] А.К. Попова приняла участие в прогнозировании динамики лесных ресурсов. В работах [1, 16, 18] А.К. Поповой принадлежит программная реализация компонент информационной системы.

Представление работы. Основные положения и результаты представлялись на международных, всероссийских и региональных конференциях по математике и информатике: Всероссийской конференции «Математические и информационные технологии в энергетике, экономике, экологии» (г. Иркутск-Байкал) 2003 г., Всероссийской конференции «Инфокоммуникационные и вычислительные технологии и системы» (г. Улан-Удэ-Байкал) 2003 г., научных чтениях к 75-летию академика И.П. Дружинина (Иркутск) 2004 г., Всероссийской конференции «Информационные и математические технологии» (г. Иркутск-Байкал) 2004, 2007 гг., Международной конференции ИнтерКарто/ИнтерГИС 10 (Владивосток) 2004 г., Всероссийской конференции с международным участием «Новые информационные технологии в исследовании сложных структур» – ICAM'04 (Иркутск) 2004 г., Международной научной конференции «Инфокоммуникационные и вычислительные технологии в науке, технике и образовании» (Ташкент) 2004 г., Всероссийской конференции молодых ученых

по математическому моделированию и информационным технологиям (Кемерово) 2005 г., летнем симпозиуме «Научно-образовательный центр «Байкал» – стратегия развития» 2006 г. (Иркутск).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 18 печатных работ по списку литературы, в том числе (в скобках в числителе указан общий объём этого типа публикаций, в знаменателе – объём, принадлежащий лично автору) статья в изданиях, рекомендуемых ВАК для предоставления основных результатов диссертации (0,21/0,18 печ. л.), 3 статьи в научных журналах (1,77/1,02 печ. л.), 12 публикаций в трудах и материалах конференций (3,06/2,31 печ. л.), 2 публикации в тезисах конференций (0,25/0,19 печ. л.).

Структура и объём работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, включающего 106 наименований. Работа содержит 107 страниц машинописного текста, 35 рисунков, 7 таблиц.

Автор благодарит к.т.н. Черкашина Е.А. за руководство диссертационной работой, а также д.г.н. Черкашина А.К., к.г.н. Владимирова И.Н. за консультации при реализации подсистемы математического моделирования ЛР. Особую признательность за помощь в работе, ценные замечания при выполнении работы и постоянную поддержку автор выражает чл.-к. РАН Бычкову И.В.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обосновывается актуальность темы диссертации, сформулированы основные положения и цель, а также задачи исследования. Обосновывается научная новизна, практическая значимость, приводятся основные результаты работы.

В **первой главе** представлено описание существующих подходов к применению математического моделирования природных ресурсов в процессе поддержки принятия решений по рациональному ресурсопользованию.

Рассматривается используемый в исследовании подход к построению информационных систем для поддержки принятия решений как интеллектуальных (интеллектных) систем анализа данных, использующих

специализированные в предметной области подсистемы математического моделирования. Процесс принятия решения в таких системах состоит из этапов выбора класса задачи, идентификации модели исследуемого объекта, при этом используется база данных, содержащая исходные данные об этом объекте. Затем на основе информации об исходной задаче, в частности, множестве допустимых решений ЛПР, формируется набор изменяемых параметров модели, строятся их комбинации, порождая сценарии возможного развития объекта в будущем. На следующем этапе производится компьютерный расчет сценариев и вычисление критериев оценки этих сценариев. На последнем этапе осуществляется, в общем случае, многокритериальная оптимизация сценариев, и, если становится возможным, выбор наилучшего с точки зрения некоторого набора критериев сценария. Полученный сценарий или набор сценариев представляется ЛПР.

Отличительной особенностью таких информационных систем является использование математического моделирования для получения дополнительной информации об исследуемом объекте.

Проведенный анализ подходов и технологий, использующихся в существующих ГИС и информационных системах по рациональному использованию лесных ресурсов, показал, что современные ГИС обладают как библиотеками средств моделирования пространственных данных, ориентированными на определенные задачи, так и необходимым инструментарием реализации модулей для решения других задач. Также некоторые ГИС (например, ГИС MEXES, ЭСПЛА) содержат базы знаний о предметной области, позволяющие проводить достаточно эффективный поиск решения для ЛПР.

Существующие программные средства по рациональному использованию ЛР позволяют проводить моделирование динамики ЛР, отображать результаты моделирования на карте. В рамках диссертационного исследования разработана информационная система, которая совершенствует реализованные ранее технологии исследований ЛР в направлении автоматизации идентификации

моделей ЛР, создания инструментальных средств для поддержки принятия решений, что позволяет расширить класс решаемых задач, например, задачей гибкого управления сценариями лесопользования.

Во **второй главе** приведено описание вопросов математического и программного обеспечения информационной системы по рациональному использованию лесных ресурсов, в том числе описание математических моделей динамики ЛР, технологии создания ИС, реализации методов представления знаний.

В информационной системе реализованы модели «Динамики управления древостоем» и «Лесные ресурсы». Модель ДУД предназначена для расчета временной динамики лесных ресурсов территории ранга области и лесхоза по категориям земель и группам возраста. Модель позволяет решать теоретические и практические задачи прогнозирования динамики ЛР с учетом последствий различного вида хозяйственной деятельности и катастрофических смен. При построении модели принимаются во внимание возникновение пожаров и проведение плановых вырубок, изъятия лесов лесного фонда в результате капитального строительства.

Исходные данные для модели ДУД хранятся в БД формата Microsoft Excel (.xls) и представляют собой данные о площадях лесов 53 лесхозов Иркутской области, разделенные по 7 породам и 6 классам возраста, а также значения численности населения, протяженности дорог для каждого лесхоза.

В модели «Лесные ресурсы» учитываются динамика леса на обширных пространствах и особенности хозяйственного освоения территории. Модель позволяет выбирать такой вариант территориальной организации рубок главного пользования и создавать такую систему лесоэксплуатации, которые учитывали бы как цели лесозаготовительной промышленности, так и задачи воспроизводства лесных ресурсов, а также ландшафтно-защитные, средообразующие, рекреационные и другие функции лесов. Данная модель позволяет описать изменение структуры лесов от уровня области в целом до

динамики внутреннего площадного строения лесонасаждений отдельного лесного квартала.

Исходные данные для модели «Лесные ресурсы» хранятся в БД формата dBase (.dbf) и содержат данные о площадях лесов Усть-Илимского района по кварталам и 3 группам возраста, запасы спелых и перестойных лесов. В БД ГИС входит цифровая топографическая основа Иркутской области (для модели ДУД) и Усть-Илимского района (для модели «Лесные ресурсы»).

Модель ДУД описывает породо-возрастную структуру лесных ресурсов на более крупном уровне и предназначена для решения более общих задач, чем модель «Лесные ресурсы», которая, в свою очередь, позволяет более детально анализировать последствия проведения рубок. Кроме того, модель «Лесные ресурсы» является пространственно-распределенной.

В третьей главе представлено описание программной реализации разработанной информационной системы и ее инструментальных средств разработки специализированных приложений.

Информационная система предназначена для прогнозирования состояния лесных ресурсов на основе приложения системы математических моделей к конкретному природному объекту и некоторой политики использования лесных ресурсов, заданной набором параметров модели. Прогнозы состояния лесных ресурсов рассчитываются по соответствующим моделям в зависимости от масштаба природного объекта и задачи, решаемой ЛПР. Каждый прогноз – это модельный сценарий, задаваемый комбинацией параметров модели. Сценарии, предоставляемые ЛПР для дальнейшего анализа, определяются по совокупности предварительно заданных критериев из всего набора прогнозов.

Информационная система представляет собой совокупность трех базовых подсистем: ГИС, подсистемы математического моделирования и системы автоматизации логических рассуждений (системы искусственного интеллекта). Программная система функционирует на основе ГИС, и кроме стандартных средств хранения, отображения и обработки пространственно-распределенных данных она позволяет отображать информацию, полученную в результате

математического моделирования динамики лесных ресурсов, в виде таблиц, диаграмм, картографических произведений, а также представлять динамику ресурса в виде анимации. Описание задачи прогнозирования, объекта моделирования, задание критериев анализа результатов производится в процессе диалога с подсистемой пользовательского интерфейса. Подсистема искусственного интеллекта (ИИ) позволяет автоматизировать процесс построения математической модели природного объекта на этапах идентификации параметров модели по исходным данным об объекте, синтеза структуры модели.

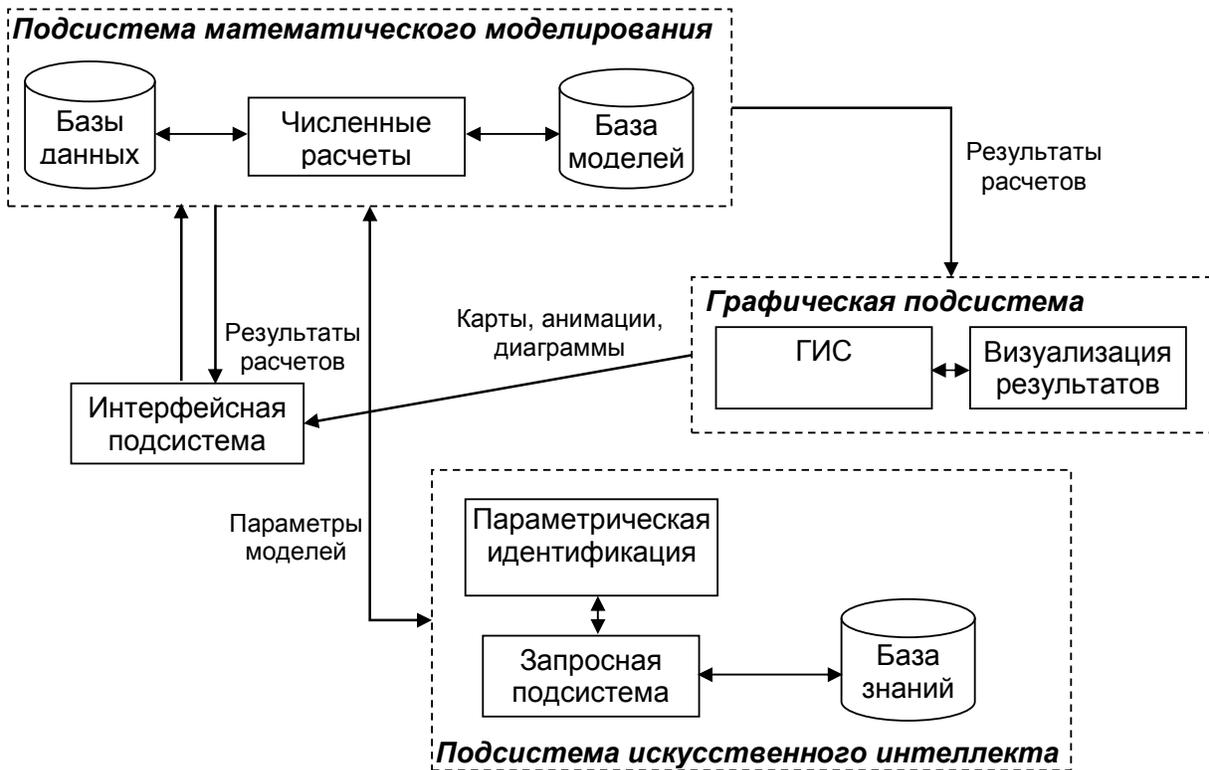


Рис. 1. Информационные потоки ИС

Подсистема математического моделирования представлена блоком численных расчетов, базой данных и моделей; она получает параметры моделей и некоторые входные данные от подсистемы ИИ и пользователя через пользовательский интерфейс. Подсистема искусственного интеллекта состоит из блока параметрической идентификации, запросной подсистемы, базы

знаний; она передает в подсистему математического моделирования идентифицированные параметры моделей. Графическую подсистему образуют блоки ГИС и визуализации результатов; в нее поступают результаты расчетов, на основе которых для ЛПР формируются диаграммы, карты, картографические анимации ЛР (рис. 1).

Карта создается раскраской объектов – лесхозов и районов в зависимости от численного значения выбранной расчетной характеристики. Для этого данные расчетной базы данных разделяются на группы в зависимости от установленных диапазонов значений, и различным объектам карты присваиваются соответствующие значения раскраски (рис. 2).

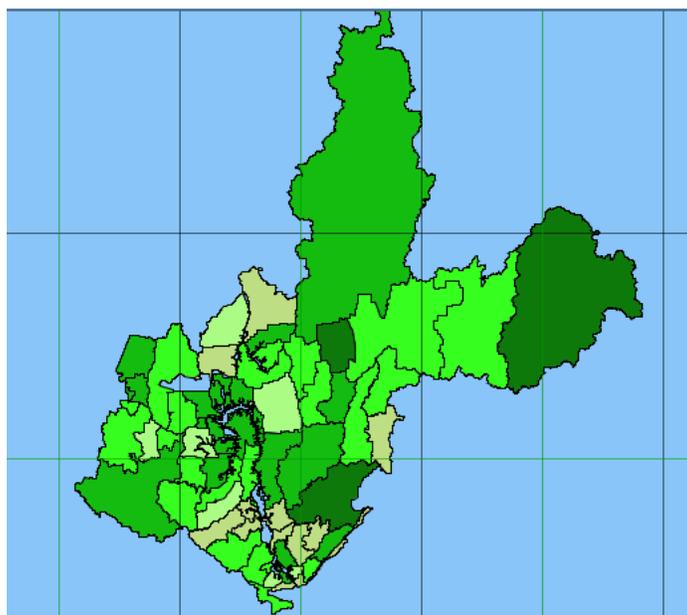


Рис. 2. Состояние сосновых лесов спелого и перестойного класса возраста

Информационная система разрабатывается на основе программной технологии Java, которая является объектно-ориентированной, платформо-независимой, многопоточной. Использование технологии Java при разработке системы позволило использовать возможности имеющихся java-библиотек (например, для работы с картами, обработки Пролога), реализовать управление отдельными модулями системы с помощью скриптов на основе JavaScript,

создать вариант системы в виде апплета. Все подсистемы реализованы в виде модулей информационной системы.

Базовые блоки информационной системы позволяют рассчитывать динамику лесных ресурсов. Однако при решении некоторых задач пользователю может потребоваться расширение возможностей ИС. Для этого в состав информационной системы включены инструментальные средства, позволяющие пользователям создавать на ее основе свои приложения.

Данные средства призваны обеспечить пользователя возможностью самому управлять функционированием программы, изменяя некоторые ее модули. При этом изменяемые модули создаются на языках, программирование на которых не требует наличия специальной программной среды.

Механизм программирования пользовательских приложений реализован при помощи интерпретатора языка программирования JavaScript и специальной библиотеки jsCalc, что позволяет интегрировать множество базовых функций и объектов в рамках одного приложения. Библиотека jsCalc реализована в виде модуля информационной системы, она предоставляет доступ к различным функциям программы, например, построению графиков, карт. В программу-приложение JavaScript должна включаться загрузка модуля jsCalc, который непосредственно производит расчет сценариев моделей динамики ЛР, конструирование графиков и карт по результатам расчетов, передает эти данные пользователю для дальнейшего манипулирования ими. Пользовательский интерфейс программы строится на основе библиотеки Swing, доступ к которой также обеспечен через средства JavaScript. Графики создаются на основе библиотеки JFreeChart, карты – библиотеки OpenMap.

Возможность программирования скрипта является удобным инструментом для разработчиков. Например, таким образом можно создавать собственный пользовательский интерфейс, импортировать исходные данные из форматов, неподдерживаемых информационной системой, анализировать результатные данные и т.д. Таким образом, модуль программирования скриптов позволяет разработчикам на основе информационной системы

создавать собственные варианты программного обеспечения для моделирования лесных ресурсов.

В состав информационной системы включена интеллектуальная подсистема, реализованная при помощи логического языка программирования Prolog. Она содержит базу знаний с правилами, позволяющими производить параметрическую идентификацию математической модели. Для каждой модели в базе знаний системы имеется определенный раздел знаний, используемый подсистемой искусственного интеллекта для построения базовой структуры этой модели по известным данным об объекте, идентификации модели на основе данных об исследуемом объекте, а также поиска начальных условий модели.

Например, для модели ДУД исходные данные о площадях, занятых породой определенного класса возраста получают с помощью правил вида

$$\text{square}(\text{Lesh}, \text{Prd}, \text{vozrast}(\text{"молодняки 1кл "}), t0, S) :- \text{sq}(\text{Lesh}, \text{Prd}, _ , S, _ , _ , _).$$

После того, как из БЗ получены все исходные данные, начинается построение последовательности смены участками леса своих возрастных классов по модели ДУД с помощью следующего правила:

$$\text{perehod}(\text{model}(\text{dud}), \text{Prd}, \text{K1}, \text{K12}, \text{In}) :- \text{smena}(\text{K12}, \text{K1}), \text{intens}(\text{Prd}, \text{In}).$$

«В модели ДУД переход леса породы *Prd* из класса *K1* в класс *K12* с интенсивностью *In* осуществляется, если *K12* сменяет *K1* и интенсивность для породы *Prd* равна *In*».

Используя это правило, строится матрица коэффициентов перехода площадей леса из одного состояния в другое, проводятся численные расчеты. Также при этом может быть учтено проведение в лесах рубок главного пользования. Правило проведения рубок выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} \text{rubkaGP}(\text{model}(\text{dud}), \text{porod}(\text{K}), \text{vozrast}(\text{V}), \text{Vr}) :- \\ :- \text{porodRub}(\text{K}), \text{rubkaGP_type}(\text{V}), \text{rubGP}(\text{K}, \text{Vr}). \\ \text{rubkaGP_type}(\text{"спелые и перестойные"}). \end{aligned}$$

«В модели ДУД рубки главного пользования по породе K возраста V объемом Vr проводятся, если порода K может вырубаться, ее возраст V подлежит вырубке и объем ее рубки составляет Vr ».

Далее по построенной структуре модели и полученным исходным данным информационной системой проводятся прогнозные расчеты. По результатам расчетов могут быть построены графики в виде временных рядов по каждому лесхозу, породе, классу возраста. Также результаты отображаются на карте для любого момента расчетного времени, любой породы и класса возраста.

Использование баз знаний в ИС дает возможность описывать сложные закономерности динамики природных объектов. Для гибкой подстройки модели к условиям региона не требуется изменять код информационной системы расчета прогноза, а необходимо лишь внести требуемые данные в базу знаний или дополнить ее новыми правилами.

Также информационная система реализована в виде апплета, что позволяет обеспечить к ней доступ по протоколу http. На сервере хранится файл-архив типа *.jar, в котором содержатся исходные данные для расчетов по модели, модули программного комплекса. Апплет является доверенным (trusted), что позволяет ему сохранять данные расчетов на компьютер пользователя.

В четвертой главе описаны примеры использования информационной системы в области прогнозирования состояния лесных ресурсов Иркутской области. Для модели ДУД проведены прогнозные расчеты длительностью 30 лет по лесхозам Иркутской области, в результате которых определены объемы рубок, позволяющие вести неистощительное использование ЛР. Также из рассчитанных сценариев выделены парето-оптимальные решения по заданному набору критериев.

Для модели «Лесные ресурсы» проведены расчеты длительностью 100 лет для территории Усть-Илимского района, определены максимальные объемы неистощительных рубок.

В **заключении** приводится анализ полученных результатов, указываются направления дальнейшего развития информационной системы и разработанных инструментальных средств.

Автором получены следующие основные теоретические и практические результаты:

1. Обоснована актуальность разработки информационной системы для ЛПР по рациональному использованию лесных ресурсов. Определены основные направления совершенствования реализованных ранее технологий исследования ЛР.
2. Разработана методика конструирования информационной системы, основанная на комплексном подходе, включающем этапы идентификации математических моделей лесных ресурсов, расчета прогноза динамики, а также анализа критериев компьютерного моделирования.
3. Реализованы модели динамики ЛР «Динамика управления древостоем» и «Лесные ресурсы» и подсистема их параметрической идентификации.
4. Реализовано задание сценариев использования лесных ресурсов на основе различных комбинаций параметров модели, многокритериальная оптимизация рассчитанных сценариев по набору критериев.
5. Созданы инструментальные средства, которые позволяют конструировать специализированные информационные системы, направленные на поддержку решений задач, связанных с анализом состояния и перспектив использования ЛР промышленного региона.
6. Информационная система и инструментальные средства апробированы в задачах прогнозирования ЛР Иркутской области.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК для представления основных научных результатов диссертации:

1. Чудненко, А.К. Один подход к преобразованию условных знаков при обмене данными между ГИС [Текст] / А.К. Чудненко, А.Е. Хмельнов // Омский научный вестник, №4(25). – ОмГТУ, 2003 г. – С.238-240.

Статьи в журналах:

2. Чудненко, А.К. Гибридная ГИС прогнозирования динамики лесонасаждений [Текст] / Е.А. Черкашин, А.К. Чудненко // Вестник ТГУ. Приложение № 9(II). – 2004. – С. 69-72.
3. Попова, А.К. Применение ГИС- и веб-технологий для создания интегрированных информационно-аналитических систем [Текст] / И.В. Бычков, А.С. Гаченко, А.К. Попова, Г.М. Ружников, Е.С. Фереферов, А.Е. Хмельнов // Вычислительные технологии. – 2007. – Т. 12, специальный выпуск 3. – С. 5-19.
4. Попова, А.К. Автоматизация процессов подготовки управленческих решений в лесной области [Текст] / А.К. Попова // Вычислительные технологии. – 2008. – Т. 13, специальный выпуск 1. – С. 69-77.

Труды конференций:

5. Чудненко, А.К. Интегрированная ГИС учета и прогнозирования лесных ресурсов [Текст] / И.В. Бычков, Е.А. Черкашин, А.К. Чудненко // Инфокоммуникационные и вычислительные технологии и системы: Материалы Всероссийской конференции. Часть 1. – Улан-Удэ, 2003. – С.88-89.
6. Чудненко, А.К. Создание системы поддержки принятия решений по рациональному использованию лесных ресурсов [Текст] / И.В. Бычков, Е.А. Черкашин, А.К. Чудненко // Вычислительные технологии. Т.9. Вестник КазНУ им. аль-Фараби. Серия «Математика, механика, информатика», № 3(42), часть 1. Совместный выпуск по материалам Международной конференции «Вычислительные и информационные технологии в науке, технике и образовании», 2004. – С. 364-369.
7. Чудненко, А.К. Прогнозирование пространственно-временной динамики лесных ресурсов Иркутской области с использованием ГИС-технологий [Текст] / И.Н. Владимиров, А.К. Чудненко // Солнце, Земля, вода и энергия: Материалы научных чтений, посвященных 75-летию со дня рождения академика И.П. Дружинина. Труды Восточно-Сибирского отделения АПВН.– Вып.2. – Новосибирск: Наука, 2005. – С. 61-68.
8. Попова, А.К. Применение систем, основанных на формализованных знаниях, для исследования динамики лесных ресурсов [Текст] / А.К. Попова // Материалы VIII школы-семинара молодых ученых. – Иркутск, 2006. – С. 149-152.
9. Попова, А.К. Инструментальное программное средство разработки СППР по рациональному использованию лесных ресурсов [Текст] / А.К. Попова //

- Труды XII Байкальской Всероссийской конференции «Информационные и математические технологии в науке и управлении». Часть II. – Иркутск, 2007. – С. 158-163.
10. Чудненко, А.К. «Создание интегрированных ГИС учета и прогнозирования динамики лесных ресурсов» [Текст] / Е.А. Черкашин, А.К. Чудненко // Труды Всероссийской конференции «Математические и информационные технологии в энергетике, экономике, экологии». Часть 1. – Иркутск, 2003. – С. 156-160.
 11. Чудненко, А.К. Программная система представления и обработки иерархических моделей лесных ресурсов [Текст] / Е.А. Черкашин, А.К. Чудненко // Труды Байкальской Всероссийской конференции «Информационные и математические технологии». – Иркутск, 2004. – С. 152-157.
 12. Чудненко, А.К. Интеллектуальная геоинформационная система динамики управления древостоем в контексте задачи разработки системы поддержки принятия решений по рациональному использованию лесных ресурсов [Текст] / Е.А. Черкашин, А.К. Чудненко, И.Н. Владимиров // Материалы Международной конференции ИнтерКарто/ИнтерГИС 10. Международная картографическая ассоциация, 2004. – С. 81-85.
 13. Чудненко, А.К. Инструментальные средства разработки программных систем анализа древостоев [Текст] / А.К. Чудненко // Материалы VI школы-семинара молодых ученых «Математическое моделирование и информационные технологии». – Иркутск, 2005. – С. 36-37.
 14. Чудненко, А.К. Прогнозирование динамики лесных ресурсов Иркутской области с использованием ГИС-технологий [Текст] / А.К. Чудненко // Материалы IV Байкальской школы-семинара молодых ученых «Математическое моделирование и информационные технологии». – Иркутск, 2004. – С. 33-34.
 15. Чудненко, А.К. Создание интеллектуальной геоинформационной системы прогнозирования динамики лесных ресурсов [Текст] / А.К. Чудненко // Материалы V школы-семинара молодых ученых «Математическое моделирование и информационные технологии». – Иркутск, 2004. – С. 40-41.
 16. Чудненко, А.К. Интеллектуальная геоинформационная система управления динамикой лесных ресурсов ИнГeС «Дилер» [Текст] / А.К. Чудненко, И.В. Бычков, Е.А. Черкашин // Материалы Международной научной конференции «Инфокоммуникационные и вычислительные технологии в науке, технике и образовании». – Ташкент, 2004. – С. 124-128.

Тезисы конференции:

17. Попова, А.К. Разработка базы знаний для исследования развития лесных ресурсов [Текст] / А.К. Попова // VI Всероссийская конференция молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям (с участием иностранных ученых). Программа и тезисы докладов. – Кемерово, 2005. – С. 48-49.
18. Чудненко, А.К. «Реализация интегрированных ГИС учета и прогнозирования динамики лесных ресурсов» [Текст] / Е.А. Черкашин, А.К. Чудненко // Тезисы докладов III школы-семинара молодых ученых, аспирантов и студентов г. Иркутска «Математическое моделирование и информационные технологии». – Иркутск, 2003. – С. 31-32.

Примечание: в связи со сменой фамилии Чудненко А.К. на Попову А.К. в списке опубликованных по теме диссертации работ следует учесть эту поправку.

Редакционно-издательский отдел
Института динамики систем и теории управления СО РАН
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 134
Подписано в печать 28.07.08
Формат бумаги 60 x 84 1/16, объем 1,25 п.л.
Заказ № 18. Тираж 100 экз.

Отпечатано в ИДСТУ СО РАН