

Электронный архив УГЛТУ  
1'59  
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

Годовалов Юрий Геннадьевич



Интеллектуальная информационная поддержка системы  
экономической оценки лесов  
(на примере Полевского лесхоза)

Специальность 05.13.06 – Автоматизация и управление  
технологическими процессами и производствами

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Екатеринбург 2002

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Научные руководители

доктор технических наук, профессор,  
действительный член РАИН и РАН  
В. П. Часовских

доктор сельскохозяйственных наук,  
доцент С. В. Залесов

Официальные оппоненты

доктор технических наук, профессор,  
действительный член РАИН  
В. Г. Лабунец

доктор технических наук,  
с. н. с. Ю. В. Лебедев

Ведущая организация

Поволжское государственное  
лесоустроительное предприятие

Защита состоится 14 мая 2002 г. в 10 часов на заседании диссертационного совета К.212.281.01 при Уральском государственном лесотехническом университете (УГЛТУ), 620100 г. Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, 37, к. 401.

Автореферат разослан «5 » июня 2002 г.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке УГЛТУ.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

 кандидат технических наук,  
доцент А. И. Монтиле

Актуальность темы. Современные рыночные условия характеризуются высокой динамикой спроса и цен на материалы и конечную продукцию лесного комплекса, жесткой конкуренцией со стороны отечественных и зарубежных лесозаготовителей, высокими требованиями к срокам и качеству выполнения контрактных обязательств, значительной неопределенностью и связанными с ней рисками. С другой стороны, объектам лесного хозяйства присуща возобновляемость ресурсов. При этом лес является сложной биохозяйственной системой, что неизбежно накладывает ограничения на принимаемые управленческие решения.

Возрастающие требования к качеству и срокам получения результатов лесохозяйственной деятельности делают актуальной проблему разработки интерактивных компьютерных технологий для экономической оценки лесов и выработки решений с приемлемой точностью и оценкой риска их реализации в нестабильной внешней среде.

Отличительной особенностью настоящего исследования является учет неопределенности, неполноты информации и ограниченных вычислительных ресурсов при создании и использовании компьютерной технологии принятия решений и их оценки. Установившийся в научной литературе термин «поддержка принятия решений» обозначает подготовку вариантов для лица, принимающего решения. Ориентация на автоматическое формирование решений в лесном хозяйстве, в силу неполной информации и высокой сложности предметной области, представляется преждевременной.

Одним из направлений повышения эффективности использования лесов является разработка критериев, на основе которых возможно принятие решений, обеспечивающих повышение качества лесного фонда, и разработка методики его экономической оценки, что в конечном итоге позволит более эффективно использовать бюджетные средства и обеспечит получение дополнительного лесного дохода.

Вторым важнейшим направлением повышения эффективности использования лесов является компьютеризация и автоматизация всех этапов подготовки управленческих и технологических решений. Как показывает зарубежный и отечественный опыт, без использования современных методов принятия решений обеспечить достаточно быструю и достоверную разработку вариантов решений при ведении лесохозяйственной деятельности.

Научная библиотека  
УГЛТУ  
г. Екатеринбург

сти не представляется возможным. Это делает актуальным разработку программного обеспечения для системы поддержки принятия решений по экономической оценке лесов на уровне лесхоза и проведение научных исследований в данной области.

Диссертационная работа явилась результатом исследований, выполненных по НИР: в рамках проекта 169 «Создание компьютерной справочно-аналитической системы многофакторной оценки научной деятельности ВУЗа», выполняемому УГЛТА по подпрограмме 3, № ГР 01.2.00108541; НИР УГЛТА 1.1.99 «Исследование моделей и создание комплексов информационных технологий для оценки положения слабоструктурированных объектов в многомерном пространстве», № ГР 01.9.80006371; НИР УГЛТА 1.1.00 № ГР 01.20.0005726; НИР 50/2000, НИР 50/2001 «Создание агрегированных баз данных Красноуфимского и Егоршинского лесхозов Свердловского управления лесами», проведенных в УГЛТУ по заказу Минобразования РФ и Свердловского управления лесами.

**Объект исследования.** Таксационная характеристика участков лесного фонда Уральского региона, продемонстрированная на примере Полевского лесхоза Свердловской области.

**Предмет исследования.** Процедуры и методы поддержки принятия решений при стратегическом и оперативном управлении проектировании и планировании основных видов работ в лесхозах Уральского региона.

**Цель работы.** Разработка и внедрение автоматизированной системы экономической оценки лесов на уровне лесхоза.

**Идея работы** заключается в исследовании и применении теории обработки баз данных таксационных характеристик участков лесного фонда с целью автоматизированного построения признакового пространства и эффективной стратегии принятия наилучшего решения.

**Методы исследований** обосновываются и базируются на использовании общей теории систем, теории принятия решений, теории баз данных и методов доступа к ним, дискретной математики.

**Достоверность диссертационных исследований** подтверждается достоверными результатами компьютерного моделирования, внедрением разработанной методики и программного обеспечения в различных организациях и учебном процессе УГЛТУ.

**Научная новизна** полученных результатов сводится к следующему.

1. Разработана методика определения эталонных насаждений, использующая базу данных таксационных характеристик участков лесного фонда на конкретной территории.
2. Получены данные о влиянии возраста древостоя, среднего диаметра отведенных в рубку деревьев на количественные и качественные параметры заготавливаемой древесины, лесные подати и рыночную стоимость круглых лесоматериалов, получаемых из этой древесины, что позволило автоматизировать формирование признакового пространства для формирования стратегии принятия наилучшего решения.
3. Разработана методика экономической оценки лесного фонда на уровне лесхоза, включающая в себя автоматизированные процедуры формирования платежей за пользование лесными ресурсами и расходов на выращивание эталонных насаждений.
4. Разработана модель представления данных таксационных характеристик участков лесного фонда и программное обеспечение, реализующее алгоритмы методики экономической оценки лесного фонда на уровне лесхоза.
5. Модель представления данных таксационных характеристик участков лесного фонда реализована средствами промышленной СУБД ADABAS.
6. Разработано программное обеспечение в средах C++ и Natural для организации эффективной обработки баз данных таксационных характеристик и построения признакового пространства для принятия наилучшего решения.

**Практическая ценность работы.** Результаты диссертационной работы могут служить основой для автоматизированных систем кадастровой оценки участков лесного фонда. Материалы исследований могут быть использованы в лесхозах при проведении рубок главного и промежуточного пользования, для учета затрат на лесное хозяйство, в автоматизированных системах территориальных органов управления лесами для выбора схем ведения лесного хозяйства, в других государственных органах, в частности, для определения справедливого размера платежей за лесопользование.

**Реализация результатов работы.** Результаты научных исследований, выполненных в диссертационной работе, используются в учебном процессе УГЛТУ, в автоматизированных системах Департамента МПР РФ по УрФО,

Поволжского государственного лесоустроительного предприятия, Лесной службы комитета природных ресурсов Челябинской области, Полевского лесхоза Свердловской области и других организациях.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались на V Международной научно-технической конференции «Математические методы и информационные технологии в экономике» (Пенза 2000), II Международной научно-технической конференции «Информационные технологии и системы в образовании, науке, бизнесе» (Пенза 2000), научно-технических конференциях студентов и аспирантов Уральской государственной лесотехнической академии (Екатеринбург, 1999, 2001).

Публикации. Основные положения диссертации изложены в 6 печатных работах.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 4-ех глав, заключения и списка использованной литературы, включающего 158 работ, в том числе 3 на иностранных языках. Основной материал изложен на 165 страницах, иллюстрирован 29 таблицами и 24 рисунками.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы диссертационного исследования, формулируется его цель, научная новизна и практическая ценность.

Первая глава посвящена основным принципам создания автоматизированных систем с интеллектуальной информационной поддержкой принятия решений, применительно к экономической оценке лесов и планированию производственной деятельности лесхоза.

В общих положениях приведено описание природно-экономических условий района исследований, – Свердловской области и ее лесных ресурсов. Исходя из выявленных тенденций, характерных для района исследований, проведено обоснование выбора конкретной территории, на которой будут проводиться исследования, – Полевского лесхоза, дана его краткая характеристика.

Рассмотрена сущность и основные подходы к построению автоматизированных систем управления экономической оценкой лесов и планирования производственной деятельности лесхоза.

Вопросами автоматизации управления и принятия решений занимались ведущие ученые: В. Н. Глушков, Г. Р. Громов, Э. В. Попов, Д. А. Поспелов, Г. С. Поспелов, С. С. Свириденко, В. С. Шибанов, В. Ф. Хорошевский и др. Из зарубежных авторов наибольшее внимание вопросам построения информационных технологий уделяли: Дж. Мартин, Р. Форсайт, Дж. Элти, М. Кумбс, Д. Уотерман, Ф. Хейес-Рот, И. Ложе и др.

Установлено, что наилучшим образом для поддержки принятия решений по предметной области подходит интеллектуальная информационная система (ИСППР). Такая система, исходя из общих требований, предъявляемых к информационным системам и системам поддержки принятия решений, должна пояснить свои советы конечному пользователю, и, кроме того, предоставить ему универсальные средства свободного моделирования.

В предлагаемой системе используются аналитические модели, специализированные базы данных, интерактивный процесс моделирования на компьютере, а также субъективные суждения пользователя. Основными компонентами ИСППР являются: оборудование, программное обеспечение, данные, модели и труд пользователя.

Для построения полноценной системы с интеллектуальной информационной поддержкой экономической оценки лесов необходимо выделить основные понятия, отношения и характер информационных потоков, необходимые для описания процесса решения лесохозяйственных задач. В соответствие с этим общепризнанным положением, были сгруппированы и проанализированы данные, являющиеся основой для оценки лесов и принятия решений о планировании производственной деятельности лесхозов. Анализ совокупности собранных данных представляет собой анализ таксационных характеристик лесного фонда Полевского лесхоза.

Во второй главе представлена разработка методики экономической оценки лесов для планирования производственной деятельности лесхозов. Апробация методики проводилась в ходе кадастровой оценки лесного фонда Полевского лесхоза.

Экономической оценке лесов различных формаций и целевого назначения, а также отдельным аспектам такой оценки посвящено значительное количество научных работ (В. И. Переход, 1957; И. В. Туркевич, 1963; И. В. Воронин, 1968; В. Л. Джикович, 1970, 1979; А. А. Цымек, 1972; В. А. Ильин, 1973; Н. Т. Воронков, 1974; Е. Я. Судачков, 1976; А. А. Цымек, С.

М. Марукян, 1977; О. Н. Анцукевич 1979; Н. И. Кожухов, 1980, 1988; Л. И. Панищева, 1983; В. Д. Волков, 1986; Т. А. Кислова, 1986, 1988а, 1988б; Н. А. Луганский и др., 1992, 1994; Х. Грегерсен, А. Контерас, 1995; В. А. Ильев, 1993, 1996, 1998, 2000, 2001; Н. А. Моисеев, 1967, 1998, 1999; Л. В. Овчинников, 1996; А. П. Петров, 1993, 2000; Ю. В. Лебедев, 1994, 1996а, 1996б, 1998; М. В. Лосев, 1998; Н. М. Панант, 2001; и др. ).

Большинство исследователей сходится на том, что лесные земли являются источником всех общественно полезных свойств леса. Экономическая оценка лесных земель определяется по тому эффекту, который они могут дать в будущем при условии рационального ведения лесного хозяйства на них. В настоящее время большинство исследователей придерживаются рентного подхода к оценке лесов и лесных земель.

Результаты работы автоматизированной системы оценки лесного фонда, в том числе экономической оценки, должны быть представлены в законодательно установленной форме, которой является государственный лесной кадастровый (ст.68 Лесного кодекса РФ). В нем содержатся сведения об экологических, экономических и иных количественных и качественных характеристиках лесного фонда.

Вопросам кадастровой оценки лесов и лесных земель посвящен целый ряд научных работ (Л. И. Ильев, 1969; И. В. Туркевич, 1977; А. Д. Янушко, М. М.. Санкович, 1983; С. Т. Байдаков, 1987; Е. П. Судаков, О.А. Шараева, 1990; А. П. Петров, 1993; Б. И. Софонов, А. Н. Лобанов, 1996; Н. Ф. Саломайлов, 1998; В. И. Баев, 2000; О. Блинкова, А. Антонов, 2000; Г. М. Кулаков, 2000; Ю. В. Лебедев и др., 2000). По мнению А. П. Петрова кадастровая оценка земли, в том числе лесной, базируется на учете всех доходов и расходов, реализуемых на основе эффективности ее использования.

Для принятия принципиальных методических положений были критически проанализированы две методики экономической оценки лесов, разработанные в последние годы и активно использующиеся в практической деятельности по кадастровой оценке лесов.

Это методика эколого-экономической оценки лесов, разработанная группой ученых института леса УрО РАН под руководством доктора технических наук Ю. В. Лебедева, и методика экономической оценки лесов, разработанная по заданию Федеральной службы лесного хозяйства России во Всероссийском научно-исследовательском институте лесоводства и ме-

ханизации лесного хозяйства (ВНИИЛМ) под руководством П. Т. Воронкова.

При проведении анализа мы исходили из следующих предпосылок:

1. В связи с большой длительностью периода выращивания леса до состояния спелости (70-140 лет), при проектировании автоматизированной системы лесхоза необходимо опираться на накопленную информационную базу и существующие информационные потоки.
2. Результаты работы автоматизированной системы, базирующейся на предлагаемой методике экономической оценки лесов, должны стать основой для поддержки принятия управленческих решений в процессе лесоустройства и практической деятельности лесхозов.

В двух проанализированных методиках не рассматриваются по существу вопросы учета затрат на охрану и защиту леса. В методике, разработанной специалистами ВНИИЛМа, учитываются лишь затраты на лесовосстановление, которые предлагается рассчитывать за цикл формирования молодняков до смыкания крон, который длится около 15-ти лет. В действительности затраты на выращивание эталонных насаждений производятся лесхозом в течение длительного периода времени, составляющего практически весь оборот рубки.

На основании критического анализа и приведенных выше предпосылок, выносятся следующие предложения по оптимизации существующих методик экономической оценки лесов.

1. Для успешного проведения экономической и кадастровой оценки лесов необходимо разработать методику по определению эталонных насаждений, для конкретных лесорастительных условий.
2. При проведении экономической оценки лесов необходимо учитывать в полном объеме затраты на основные виды работ, производимых лесхозами.

Одним из основных понятий используемой методики экономической оценки лесов является понятие эталонных насаждений – насаждений, обладающих высокой устойчивостью к неблагоприятным факторам и обеспечивающих в данных лесорастительных условиях наивысшую сумму дисконтированного рентного дохода от всех видов лесопользования. Для определения эталонных насаждений необходимо провести поэтапный расчет ряда натуральных и стоимостных показателей (рис. 1).

Фактический материал, характеризующий рост чистых нормальных древостоев основных лесных формаций Полевского лесхоза, относящихся к разнотравной группе типов леса, позволяет сделать следующий вывод.

Периоды, в течение которых начинается снижение среднего периодического прироста стволовой древесины за десятилетие относительно его предшествующих значений, приходятся на следующие временные интервалы:

- у сосновок искусственного происхождения – на 40-50 лет;
- у сосновок естественного происхождения – на 60-70 лет;
- у березняков – на 70-80 лет;
- у ельников – на 80-90 лет.

Оставление этих древостоев в нетронутом виде после того, как их возраст превысит указанные рамки, будет приводить к экономическим потерям.

Лесные подати на древесину для анализируемых формаций рассчитывались для 1-го, 4-го и 7-го разрядов такс с расстоянием вывозки до 10,1, 40,1-60 и 100,1 и более километров. Анализируя результаты расчетов, можно констатировать следующее:

1. Величина лесных податей определяется породным составом древостоя, запасом древесины и товарной структурой, в последнем случае решающее значение имеет доля деловой древесины.
2. По времени снижения среднего периодического приращения лесных податей за десятилетие ниже его среднего значения за весь возраст древостоя можно судить о наступлении экономически обоснованного возраста рубок главного пользования.
3. Увеличение расстояния вывозки приводит к уменьшению абсолютных значений взимаемых лесных податей, но не приводит к изменению закономерностей в их формировании и временной динамике.

По мере уменьшения запаса стволовой древесины, изменения товарной структуры древостоев и размера платы за лесопользование рассматриваемые формации можно расположить в следующей последовательности: сосновки искусственного происхождения, сосновки естественного происхождения, ельники и чистые березняки.

В ряде научных работ (А. М. Кожевников и др., 1998; М. Г. Тарасевич, 2000) предлагается использовать рыночную стоимость древесины и выра-

батываемой из нее продукции для экономической оценки лесов. Доля лесных податей в стоимости лесопродукции, полученной из древесины всех рассматриваемых формаций, очень низка, особенно при расстоянии вывозки в 40-60 км и более. К возрасту 100 лет доля лесных податей, начисленных для 4-го и 7-го разряда такс эталонных насаждений, в среднем составляет 5,6-6,7% от рыночной стоимости круглых лесоматериалов, которые могут быть выработаны из этой древесины. Другие исследователи отмечают, что для существующих насаждений ставки платежей за лесопользование составляют менее 2-3 % от цены их реализации (Sokolova, 2000).

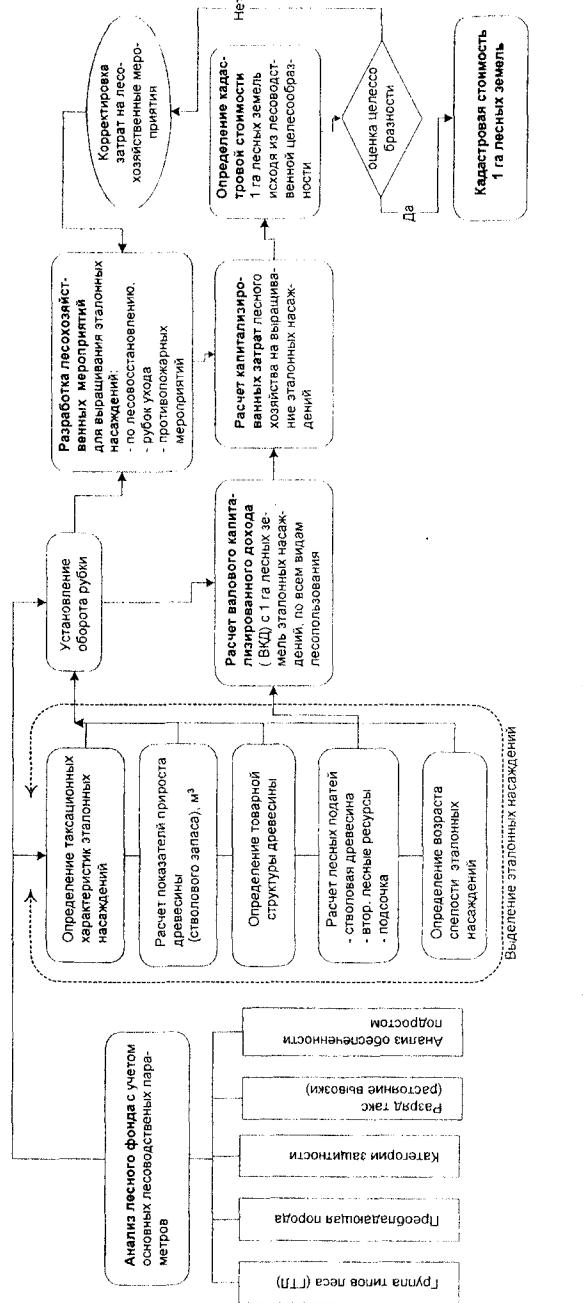
Для привязки эталонных насаждений к лесорастительным условиям, присущим конкретному лесхозу, было проведено определение таксационных и экономических параметров эталонных насаждений, относящихся к наступлению возраста спелости для насаждений всех категорий защитности, имеющимся в лесхозе по группам коренных типов леса. При этом было учтено, что пользование древесиной в лесах ряда категорий защитности является сопутствующим.

На основании всего вышеперечисленного было подтверждено, что для условий травяной группы типов леса южной тайги, которая занимает наибольшую площадь лесных земель Полевского лесхоза, максимальным запасом и стоимостью на корню обладают чистые нормальные сосновки искусственного происхождения, которые могут быть признаны эталонными для этих условий произрастания.

Таким образом, в качестве эталонного насаждения для всех хозяйственных групп типов леса были установлены насаждения, обладающие к возрасту спелости максимальной производительностью и обеспечивающие получение максимального лесного дохода. Если учесть, что уровень выполнения защитных функций в большинстве случаев связан с производительностью тесной прямой зависимостью, то такой подход к кадастровой оценке эталонных насаждений вполне объективен.

После определения эталонных насаждений производится завершающий этап оценки (рис. 1.) – расчет кадастровой стоимости (КС). Кадастровая стоимость 1 га лесных земель равна сумме валовых капитализированных доходов, получаемых от всех видов лесных пользований 1 га эталонных насаждений за вычетом суммы капитализированных расходов лесного хозяйства на лесовосстановление, проведение рубок ухода и на мероприятия

# Электронный архив УГЛТУ



по охране лесов от пожаров, производимых наиболее рациональным в данных лесорастительных условиях способом.

$$KC = \sum_{p=1}^z \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^x \sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^w R_{ijklp} - (Z_{iklp}^{v*} + Z_{ijklp}^{p*} + Z_{ijklp}^{no*}); \text{ где:}$$

$i = 1, 2, \dots, n$  – индекс группы типов леса;

$j = 1, 2, \dots, m$  – индекс разряда такс;

$k = 1, 2, \dots, v$  – индекс категории защитности;

$l = 1, 2, \dots, w$  – индекс преобладающей породы;

$p = 1, 2, \dots, z$  – индекс обеспеченности подростом;

$Z^{v*}$  – сумма капитализированных расходов на лесовосстановление 1 га эталонных насаждений;

$Z^{p*}$  – сумма капитализированных расходов на проведение лесоводственных уходов 1 га эталонных насаждений;

$Z^{no*}$  – сумма капитализированных расходов на охрану 1 га эталонных насаждений;

$R$  – валовой капитализированный доход, получаемый от 1 га эталонных насаждений, по всем видам лесопользования за оборот рубки;

Суммы валового капитализированного дохода (ВКД) рассчитываются на основании ранее определенных для эталонных насаждений запаса, товарной структуры, лесных податей и с учетом категории защитности. Также при расчете ВКД должен учитываться оборот рубки.

Основополагающим параметром, определяющим оборот рубки, является возраст спелости, зависящий от категории защитности участка лесного фонда и преобладающей породы. По мнению ряда ученых (Н. А. Луганский и др., 2001), наличие под пологом древостоя достаточного количества подроста может сократить оборот рубки на 15 – 30 лет. Поэтому были проанализированы данные об обеспеченности подростом предварительной генерации спелых насаждений Полевского лесхоза и внесены соответствующие коррективы в расчет оборотов рубки.

Затраты лесхоза на проведение мероприятий по лесовосстановлению принимаются равными полной себестоимости этих работ. Наиболее дорогостоящим мероприятием является создание лесных культур в 3 и 4 группах типов леса (3647,72 руб/га). Однако надо учитывать, что в насаждениях, необеспеченных подростом предварительной генерации, особенно на почвах высокой трофности, только этот метод позволяет выращивать эталонные насаждения.

Большинство исследователей отмечают необходимость внедрения системы лесоводственных уходов (программ рубок ухода) с момента перевода вырубки в покрытую лесом площадь до перехода древостоя в группу возраста «приспевающие» (Сеннов, 1976, 1984; Залесов, 2000). Поэтому нами были рассчитаны время проведения и полная себестоимость рубок ухода в зависимости от их вида, возраста древостоя, в котором они проводятся, и интенсивности выборки. Разновременные затраты были приведены в сопоставимый вид с помощью дисконтирования.

Данные проведенной кадастровой оценки лесного фонда Полевского лесхоза подтверждают общую закономерность снижения кадастровой стоимости лесных земель с увеличением разряда такс.

Влияние групп типов леса (ГТЛ) на кадастровую стоимость участков лесного фонда обуславливается действием комплекса природных факторов. Наибольшая средняя кадастровая стоимость 1 га составляет 60 145 руб. и достигается на лесных землях, относящихся к 4-ой ГТЛ, занимающей 61,8 % всех лесных земель лесхоза. Низкая кадастровая стоимость участков лесного фонда, относящихся к 6-ой и 7-ой ГТЛ, составляющая в среднем около 22 и 15 тыс. руб., обусловлена худшими в плане лесовыращивания условиями.

Использование повышающих коэффициентов приводит к росту кадастровой стоимости участков земель, занятых лесами 1 группы различных категорий защитности, относительно стоимости участков, относящихся к эксплуатационным лесам 2 группы. Так средняя кадастровая стоимость 1 га земли лесохозяйственной и лесопарковой частей лесов зеленых зон поселений превышает стоимость 1 га земли эксплуатационных лесов в 3,12 и 3,06 раза. Аналогичное соотношение для запретных полос лесов по берегам водных объектов и запретных полос, защищающих нерестилища ценных промысловых рыб, составляет 4,04 и 2,42 раза соответственно.

При анализе участков, относящихся к одной группе типов леса и категории защитности, отчетливо прослеживается тенденция к снижению кадастровой стоимости с увеличением оборота рубки от возраста 81 год и выше на всех оцениваемых участках лесфонда.

Для ряда участков лесных земель, относящихся к 3 и 4-му разрядам такс во 2, 3, 5 и 6-ой ГТЛ эксплуатационных лесов, расходы на ведение лесного хозяйства, рассчитанные по первоначально принятой схеме, превысили значения ВКД, в результате чего была получена отрицательная кадастровая

стоимость. Основной причиной превышения затрат над доходами является то, что на этих участках были запланированы лесохозяйственные мероприятия, желательные с лесоводственной точки зрения, но являющиеся экономически необоснованными. Для увеличения кадастровой стоимости 1 га лесных земель необходима корректировка объема и приоритетности проведения запланированных мероприятий по выращиванию эталонных насаждений с учетом экономических условий.

$$U = \sum_{p=1}^z \sum_{l=1}^w \sum_{k=1}^r \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \frac{R_{ijklp} - (Z_{ijklp}^{wk} + Z_{ijklp}^{pv} + Z_{ijklp}^{max})}{Z_{ijklp}^{wk} + Z_{ijklp}^{pv} + Z_{ijklp}^{max}} ; U \geq U_{norm}; \text{ где:}$$

$U$  – оценка целесообразности затрат на ведение лесного хозяйства;

$U_{norm}$  – нормативное значение оценки целесообразности затрат.

Критерием такой корректировки может служить оценка целесообразности затрат на ведение лесного хозяйства. Ее нормативное значение является минимальным вознаграждением, которое собственник лесных земель считает для себя справедливым и носит рентный характер. При проведении кадастровой оценки в Полевском лесхозе было принято нормативное значение оценки целесообразности равное 1,5, что соответствует 50%-ной рентабельности. Корректировка представляет собой проводимое средствами автоматизированной системы лесхоза моделирование желаемой величины затрат на всех участках, где оценка целесообразности меньше принятой величины. Повторное планирование лесохозяйственных и иных мероприятий на этих участках производится исходя из скорректированной суммы затрат.

По результатам апробации автоматизированной системы, основанной на предлагаемой методике экономической оценки лесов, полученным при проведении кадастровой оценки лесных земель Полевского лесхоза можно сделать следующие выводы:

Валовой капитализированный доход, получаемый с лесных земель, зависит от действующей ставки лесных податей, от расстояния вывозки и категории защитности, определяющей экологическую ценность участков лесных земель.

Затраты на лесное хозяйство зависят от требований законодательства и лесоводственной целесообразности, в то же время их реальная величина зависит от таких экономических факторов, как зарплата работников, цены на ГСМ, запчасти и материалы, регулярность финансирования, тарифы естественных монополий и т. д.

Таксационные и стоимостные характеристики эталонных насаждений являются критерием оценки оптимальности ведения лесного хозяйства. Это должно пресечь возможность необоснованного снижения затрат его ведение. Т. е. сокращение затрат на лесное хозяйство будет происходить при минимальных потерях в качестве лесных экосистем.

Кадастровая стоимость земель Полевского лесхоза, определенная для первоначального набора лесохозяйственных мероприятий, составила 1 051 122 тыс. рублей. Предлагаемые решения по корректировке объема и приоритетности проведения лесохозяйственных мероприятий и исключению из их числа экономически необоснованных позволяют увеличить кадастровую стоимость на 5,7 % до 1 110 943 тыс. руб.

В третьей главе предлагается и исследуется один из возможных подходов для организации хранения и поиска информации в базе данных (БД) таксационных характеристик участков лесного фонда, в основу которой положены следующие модели и алгоритмы.

Рассматриваются три множества  $M^*$ ,  $P^*$ ,  $K^*$  такие, что множество  $P^*$  есть гомоморфный образ множества  $M^*$ . При отображении  $G$  множество  $P^*$  есть гомоморфный образ множества  $K^*$  при отображении  $T$ . Задается отношение эквивалентности  $W$ , определяемое в множестве  $M^*$  отображением  $G: G(k)=F(r)$  ( $k, r \in M^*$ ) и отношение эквивалентности  $R$ , определяемое в множестве  $K^*$  отображением  $T: T(x)=T(y)$  ( $x, y \in K^*$ ). Классы эквивалентности в  $M^*$  и  $K^*$  образуются множеством элементов, имеющих один и тот же образ в  $P^*$ . Отношение  $W$  совместимо с любым внутренним бинарным законом композиции, заданным на  $M^*$ . Действительно, пусть  $k_1, k_2, r_1, r_2 \in M^*$  такие, что  $k_1 \equiv k_2 \pmod{W}$ ,  $r_1 \equiv r_2 \pmod{W}$ , или  $G(k_1)=G(k_2)=b_1$ ,  $G(r_1)=G(r_2)=b_2$ , тогда  $k_1+r_1 \equiv k_2+r_2 \pmod{W}$ , так как по определению гомоморфизма  $G(k_1+r_1)=G(k_1)+G(r_1)=p_1xp_2=G(k_2)xG(r_2)=G(k_2xr_2)$ , где  $+ x$  внутренние бинарные законы композиции, заданные на  $M^*$  и  $P^*$  соответственно. Таким образом, соответствие между элементами  $M^*/W$  и элементами множества  $P^*$  биективно ( $M^*/W$  – фактормножество множества  $M^*$  по  $W$ ).

Соответствие между отображениями  $T$  и  $G$  определяется следующим выражением:

$$\forall(k \in M) \exists(p \in P^*)[T^{-1}G(k)=\{x|x \in K^*\}] \wedge \forall(x \in K^*) \exists(p \in P^*)[G^{-1}T(x)=\{k|k \in M^*\}].$$

Таким образом,  $G$  гомоморфизм  $M^*$  в  $P^*$ ,  $T^{-1}$  гомоморфизм  $P^*$  в  $K^*$ , а  $GT^{-1}$  гомоморфизм  $M^*$  в  $K^*$  и множество  $M^*/W$  изоморфно множеству  $P^*$ , а множество  $P^*$  изоморфно множеству  $K^*/R$ .

Определяются операции, образующие алгебру, порожденную состоянием базы данных.

На каждом множестве  $M^*$ ,  $P^*$ ,  $K^*$  определяется внутренний бинарный закон композиции. При этом предполагается, что в каждом множестве  $M$ ,  $P$ ,  $K$  есть непустые множества, из элементов которых образованы все остальные элементы.

Вводится понятие формальной системы на базовом множестве  $K$ , как любое подмножество свободной полугруппы  $L$ , образующими которой являются элементы множества  $K$ . Формальную систему будем обозначать буквой  $S$ . На  $S$  определены теоретико-множественные операции объединения и пересечения разности.

Определяется умножение  $S_1$  и  $S_2$  как операция, ставящая им в соответствие  $S=\{\beta|\beta \in S_1, \lambda \in S_2\}$ . Так определенное умножение ассоциативно, не коммутативно и дистрибутивно относительно объединения, т.е.  $S(S_1 \cup S_2)=SS_1 \cup SS_2$ ;  $(S_1 \cup S_2)S=S_1S \cup S_2S$  и не совпадает с декартовым произведением.

Подстановку символов вместо символов  $k_1, \dots, k_n$  системы  $S$ , систем  $S_1, \dots, S_n$  определим как операцию, сопоставляющую  $S$  на базовом множестве  $K=\{k_1, \dots, k_n\}$  и  $S_1, \dots, S_n$  на базовых множествах  $K_1, \dots, K_n$  соответственно, следующую систему на базовом множестве  $K_1 \cup \dots \cup K_n$

$$S' \cup \{\beta_{is} \dots \beta_{ir} | k_{is} \dots k_i \in S, \beta_{is} \in S_{is}, \dots, \beta_{ir} \in S_{ir}\}$$

где  $S'=\{\mu\}$ , если  $\mu \in S$  и  $S'=0$ , если  $\mu \notin S$ .

Вводится в рассмотрение система представителей отношения эквивалентности  $J$  на множестве  $P^*$ , которая содержит по одному и только по одному элементу из каждого класса эквивалентности, систему представителей отношения эквивалентности  $J$  будем обозначать  $J'$ .

Множество  $W \subseteq M^*$  будем называть отношением, если выполняется следующее выражение:  $\forall(\beta \in W) [G(\beta)=\eta, \eta \in S(J'/J), \alpha \in K^*]$ . Множество  $W$  можно получить, зная  $M^*$ ,  $P^*$  и  $G$ .

Цепочку  $\alpha \in K^*$  предлагается называть схемой отношения  $W$ , если:

$$\forall(\beta \in W) [G(\beta)=\eta \wedge T^{-1}(\eta)=\alpha, \eta \in S(J'/J), \alpha \in K^*]$$

Множество  $K'=\{W|W – \text{отношение}, W \in M^*\}$  будем называть базой данных, а множество схем, определяющих базу данных – схемой базы данных.

Введенные выше определения позволяют рассматривать базу данных как формально-логический объект.

Каждое отношение базы можно рассматривать как таблицу. Элементы, образующие схему отношения, можно рассматривать как названия столбцов таблицы. Элемент отношения представляет строку таблицы, и в ней не будет двух одинаковых строк. Далее составляющие элементы схемы отношения будем называть селекторами, и обозначать и обозначать буквой К с индексом. Схему будем обозначать буквой W с индексами или без индексов. Соответствие между  $K_i$  и  $r$ , обеспечивается отображением T. Отношение будем обозначать буквой K с индексом или без индекса с указанием в скобках отображения G и схемы, т.е. в виде  $K_i(G, W_i)$ .

Введена операция умножения двух схем  $W_i(K_1 \dots K_s)$  и  $W_j(K_1 \dots K_f)$ , результатом которой является схема  $W_{ij}(K_1 \dots K_s, K_1 \dots K_f)$  при  $s+f \leq n$ . Любое подмножество отношения K будем называть состоянием отношения и обозначать K'.

Над состояниями отношений определены теоретико-множественные операции, если это состояния одного и того же отношения.

Определена операция, позволяющая выделять какую-то часть состояния отношения по селекторам. Записываем эту операцию следующим образом:  $K_i * K'_j(G, W_i(K_1 \dots K_n)) = K'_j(G, W_j(K_1))$ .

Проекцией состояния отношения  $K_i(G, W_i)$  на подсистему  $W_j$  схемы  $W_i$  будем называть состояние отношения  $K'_j(G, W_i) = \cup \eta * \beta_j$ , где  $\eta = K_1 K_2 \dots K_f$ ;  $K_i$  – селекторы подсхемы  $W_j$ ;  $\beta_j$  – экземпляры схемы  $W_i$  и  $\cup \beta_j = K'_j(G, W_i)$ .

Таким образом, проекция  $K'_j(G, W_i)$  на подсхему  $W_j$  схемы  $W_i$  – таблица, в которой нет повторяющихся строк, а значения строк образованы из  $K'_j(G, W_i)$  с помощью схемы  $W_j$ . Определив операцию проекции, мы получили возможность строить некоторый класс состояний отношений.

Данная алгебра позволяет осуществлять различные виды обработки БД, представленной в виде формальной системы. На физическом уровне в конкретной реализации такая модель данных представляется в виде двух физически не совпадающих пространств. В первом – ассоциаторе данных, хранятся свойства модели данных и связи. Во втором, хранятся записи, объединенные по типам.

Повышение эффективности коммуникаций в автоматизированной системе экономической оценки лесов обеспечивается за счет уменьшения времени поиска и извлечения нужных записей из базы данных, которые в свою очередь основаны на следующем:

- концентрация в ассоциаторе всех свойств и связей структур БД позволит в некоторых случаях формировать ответ на запрос без обращения в область хранения;
- динамическое определение элемента в виде дескриптора позволит резко сократить время поиска записей;
- отображение свойств элементов, являющихся дескрипторами, в специальным образом упорядоченную матрицу связей;
- в модели данных выделяется подмножество, содержащее как все экземпляры схемы отношения, так и всевозможные подцепочки каждого экземпляра; такое подмножество специальным образом упорядочивается для оптимизации поиска экземпляров отношения, удовлетворяющих некоторой высказывательной функции или критерию поиска.

Рассмотрим два домена  $H=\{h_1, h_2\}$  и  $Q=\{q_1, q_2\}$ . Элементы каждого множества упорядочены, пустой элемент 0 расположен последним. Порядок на множествах H и Q задан схемой отношения V(HQ), тогда все возможные записи отношения можно представить в виде табл.1.

Существенным свойством такой таблицы является то, что номер строки первого операнда однозначно определяет номер столбца, где расположен второй operand операции умножения, а это в случае поиска информации приводит к сокращению времени поиска записей.

Таблица 1

Записи отношения W

	1	2	3
1	$h_1 q_1$	$h_2 q_1$	$q_1$
2	$h_1 q_2$	$h_2 q_2$	$q_2$
3	$h_1$	$h_2$	0

Основные положения предлагаемого подхода будем рассматривать на примере следующей базы данных. Пусть даны четыре упорядоченных множества H, Q, A, D такие, что:

$$H=\{h_1, h_2, h_3\}, Q=\{q_1, q_2, q_3\}, A=\{a_1, a_2, a_3\}, D=\{d_1, d_2, d_3, d_4\}$$

Схема отношения V(HQAD) определяет порядок на доменах H, Q, A, D. Конкретное значение отношения W представлено в табл.2.

Используем раздельное представление связей и значений элементов. Связи элементов будем рассматривать как упорядоченные последователи.

ности целых чисел. Тогда отношение  $W$  (табл.2) будет однозначно представляться множествами  $H, Q, A, D$  и табл.3.

Используя упорядоченные значения  $W1$  из табл.2 и выше сформулированные ограничения, построим таблицу умножения. Предположим, что необходимо найти все записи, содержащие  $h_1$ , зная, как упорядочены домены и элементы внутри доменов  $H, Q, A, D$ , определяем, что  $h_1$  соответствует порядковый номер 1.

**Таблица 2  
Значение отношения  $W$  со схемой  $W(HQAD)$**

Номер записи	Значение записи	Номер записи	Значение записи
1	$h_1q_1a_1d_3$	7	$H_3q_2a_1d_2$
2	$h_1q_1a_1d_1$	8	$H_3q_1a_3d_2$
3	$h_1q_1a_3d_1$	9	$H_1q_1a_1d_4$
4	$h_1q_1a_3d_3$	10	$H_1q_1a_3d_4$
5	$h_3q_1a_3d_1$	11	$H_1q_1a_2d_4$
6	$h_3q_2a_1d_1$	12	$H_3q_2a_1d_3$

Недостатком таблицы умножения является ее большой размер. Однако эту таблицу нет необходимости хранить в ассоциаторе, достаточно зафиксировать и хранить ее обобщенные свойства. Для этого предлагаются следующие указатели  $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4$ , обеспечивающие представление этих свойств.

*Алгоритм  $Z_1$ .* Выполняется просмотр строк первого столбца таблицы умножения

*Алгоритм  $Z_2$ .* Выполняется просмотр элементов доменов отношения  $W$  в соответствии со схемой отношения  $W$ .

*Алгоритм  $Z_3$ .* Просматриваются столбцы, начиная со второго, таблицы умножения отношения  $W$ . Для каждого столбца формируется список пар чисел, образующих таблицу  $Z_3$ . Каждая пара указывает номер первой и последней строки, оканчивающихся одинаковыми значениями.

*Алгоритм  $Z_4$ .* Выполняется просмотр  $i$ -го столбца таблицы умножения отношения  $W$  и вычисляются  $Z_4(i,1)$ , как номер строки первого столбца таблицы умножения, где первый раз встретилось значение  $i$ -го домена.  $Z_4(i,2)$  есть количество значений всех доменов за  $i$ -м, согласно схеме отношения  $V$ , т.е.

$$Z_4(i,2) = \sum_{j=i+1}^n m_j$$

где  $m_j$  – количество элементов в  $j$ -м домене

$$Z_4(i,3)=Z_4(i-1,3)+Z_4(i-1,2)*(Z_4(i,1)-Z_4(i-1,1)) \text{ для } i>1$$

$$Z_4(n,3)=0 \text{ для } i=n; Z_4(i,4)=0, \text{ для } i=1; Z_4(i,4)=Z_4(i-1,4)+m_{i-1}$$

**Таблица 3**

### Отображение отношения $W$ в $W1$

Не упорядоченное		Упорядоченное			
W1:	Значение	ИСН	W1:		
	1 1 1 3	1	1	1 1 1 1	2
	1 1 1 1	2	2	1 1 1 3	1
	1 1 3 1	3	3	1 1 1 4	9
	1 1 3 3	4	4	1 1 2 4	11
	3 1 3 1	5	5	1 1 3 1	3
	3 2 1 1	6	6	1 1 3 3	4
	3 2 1 2	7	7	1 1 3 4	10
	3 1 3 2	8	8	3 1 3 1	5
	1 1 1 4	9	9	3 1 3 2	8
	1 1 3 4	10	10	3 2 1 1	6
	1 1 2 4	11	11	3 2 1 2	7
	3 2 1 3	12	12	3 2 1 3	12

где ИСН – индивидуальный системный номер записи или ключ записи; ИПП – номер по порядку.

Указатели  $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4$  однозначно определяют таблицу умножения, следовательно, в ассоциаторе данных достаточно хранить только их. Эти указатели являются улучшением метода инвертированного файла, что позволяет повысить эффективность коммуникаций в БД таксационных характеристик участков лесного фонда.

В четвертой главе, посвященной информационно-программной реализации автоматизированной системы экономической оценки лесов, проводится обзор основных характеристик и преимуществ СУБД ADABAS. Эта СУБД является профессиональными средством разработки, сопровождения баз данных, приложений, поддерживает все ключевые свойства, присущие СУБД данного класса, и обладает рядом достоинств.

По результатам анализа можно сделать вывод, что ADABAS наиболее полно удовлетворяет требованиям к СУБД, используемым для моделиро-

вания информационных систем, в т. ч. и для систем с интеллектуальной информационной поддержкой принятия решений.

Предлагаемая модель представления данных таксационных характеристик реализована средствами СУБД ADABAS. Алгоритмы доступа к данным разработаны в средах C++ и Natural.

В результате была создана информационно-программная среда системы интеллектуальной информационной поддержки принятия решений по экономической оценке лесов на основе гипертекстовой модели информационной системы с учетом рассмотренных методов организации, структур хранения данных, методов произвольной адресации. Реализованы эффективные алгоритмы доступа к данным автоматизированной системы.

В заключении и рекомендациях производству отражены основные результаты и выводы исследования.

Созданная автоматизированная система поддержки принятия решений по экономической оценке лесов является эффективным инструментом, который может быть использован на всех этапах планирования и проведения работ в лесном хозяйстве на уровне лесхоза.

Данные, хранящиеся в автоматизированной системе, дают представление об экономической природе и взаимосвязи ключевых процессов, составляющих ведение лесного хозяйства, и предоставляют возможность их моделирования. Это свойство должно стать основой для поддержки принятия управленческих решений в процессе лесоустройства и других видов производственной деятельности лесхоза.

Внедрение предлагаемой автоматизированной системы экономической оценки лесов в Полевском лесхозе можно рассматривать как пилотный проект, по результатам которого может быть получен ценный опыт для всей отрасли.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. О внедрении инструментов, поддерживающих принятие решений по учебному процессу в УГЛТА / Часовских В. П., Годовалов Ю. Г. // Сборник материалов V Международной научно-технической конференции «Математические методы и информационные технологии в экономике». – Пенза, 2000. – С. 111-114.
2. Система показателей, характеризующих организацию учебного процесса ВУЗа / Годовалов Ю. Г. // Материалы научно-

технической конференции студентов и аспирантов. – Екатеринбург: УГЛТА, 2000. – С. 55-57.

3. Информатизация учебного процесса ВУЗа / Часовских В. П., Годовалов Ю. Г. // Сборник материалов II Международной научно-технической конференции «Информационные технологии и системы в образовании, науке, бизнесе». – Пенза, 2000. – С. 4-7.
4. Место информационной системы экономической оценки лесов в решении проблем, стоящих перед лесопромышленным комплексом / Часовских В. П., Годовалов Ю. Г. // Материалы научно-технической конференции студентов и аспирантов. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2001. – С. 32-34.
5. Интеллектуальная информационная поддержка системы экономической оценки лесов / Часовских В. П., Залесов С. В., Годовалов Ю. Г. // Сборник научных трудов – Екатеринбург: УГЛТУ, 2001. – 7 С.
6. Информационная поддержка экономической оценки лесов Свердловской области на примере Полевского лесхоза / Часовских В. П., Залесов С. В., Годовалов Г. А., Годовалов Ю. Г. // Сборник научных трудов – Екатеринбург: УГЛТУ, 2001. – 3 С.

# Электронный архив УГЛТУ

Подписано в печать 21.03.02. Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л. 1,5 Тираж 100.

Заказ № 34

Размножено с готового оригинал-макета в типографии УрО РАН.  
620219, Екатеринбург, ГСП-169, ул. С. Ковалевской, 18.