

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 684 : 658.512

В. И. ОНЕГИН, В. М. ПАЯНСКИЙ-ГВОЗДЕВ, Л. М. СОСНА

С.-Петербургская лесотехническая академия

Онегин Владимир Иванович родился в 1935 г., окончил в 1960 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, академик Инженерной академии, ректор С.-Петербургской лесотехнической академии. Имеет более 100 научных трудов в области древесиноведения.

ЭКСПЕРТНЫЕ ЗАДАЧИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
В ТЕХНОЛОГИИ ДЕРЕВООБРАБОТКИ

Рассмотрены базовые задачи экспертных систем в технологии деревообработки, идентификации, диагностики, прогнозирования, проектирования, планирования и управления, а также технологического мониторинга. Показана возможность их декомпозиции, предложены программные средства для принятия решений в экспертных задачах.

Basic problems of expert systems in the technology of woodworking identification, diagnosing, forecasting, designing, planning and management as well as technological monitoring have been considered. A possibility of their decomposing is revealed. Software for decisionmaking in expert problems is offered.

Динамические условия усложняющихся технологий деревообработки, интеграция информационных, материальных и энергетических потоков в производстве продукции предприятий лесного комплекса существенно повышают значимость решений, принимаемых в сквозном цикле разработки, выпуска, сбыта и снятия промышленного изделия с производства. Трудности принятия управленческих, проектных и технологических решений усиливаются наличием в обрабатываемой информации факторов неопределенности, нечеткости и риска.

Один из подходов, позволяющий ослабить влияние противоречий, возникающих в процессе поиска и принятия решения, базируется на использовании интеллектуальных автоматизированных систем (АС), предназначенных для выполнения на ЭВМ таких практических задач, которые решаются экспертами с учетом накопленного опыта, знаний и интуиции. Совокупность частей АС, придающая им черты интеллектуальных систем, назовем экспертной компонентой. Меняя свою внутреннюю структуру и внешние спецификации в процессе принятия решения, экспертная компонента создает предпосылки интеллектуализации среды АС либо за счет взаимодействия пользователей, либо за счет «обучения» специалистами высшей квалификации.

В интеллектуальных системах экспертные компоненты оперируют с живым знанием эксперта, что придает им способность имитации лич-

ностного знания. Потребность в неканонизированных знаниях становится очевидной при принятии проектно-технологических решений в плохо структурированных предметных областях и задачах, характерных для технологии деревообработки, где порой приходится оперировать неформальными и интуитивными соображениями, вербализуя скрытое знание технолога.

Концентрация экспертных знаний технолога в интегрированной оболочке инструментальных средств способствует повышению эффективности принимаемых решений, закладывает основу ресурсосбережения и экологической устойчивости на всех стадиях создания и эксплуатации объектов технологических систем. Поэтому в течение последних лет в Лесотехнической академии под руководством авторов этой статьи осуществляется ряд исследовательских проектов по разработке и созданию компонент АС.

Предпроектные исследования предметной области технологии деревообработки позволили установить наиболее приоритетные направления приложения инженерии знаний, среди которых можно выделить основные: интеллектуальная поддержка принятия управленческих и проектно-технологических решений; проектирование высокоэффективных технологических и производственных систем; решение слабоформализуемых инженерно-технологических задач; информационно-экспертный поиск сведений об объектах технологии деревообработки в интеллектуальных базах данных и знаний.

Эффективность использования системы обработки экспертной информации во многом определяется формой представления решаемых задач. Исходя из принятой в [1] типизации задач экспертных систем (ЭС) в качестве базовых предложены следующие задачи: идентификация; диагностика; прогнозирование; проектирование; планирование и управление; технологический мониторинг. Анализ характеристик перечисленных задач показал, что объединяющей их чертой является наличие этапа принятия решений. Вместе с тем, каждой из задач присущи свои индивидуальные особенности, а в рамках одной задачи проявляются нюансы и специфика объектов технологии. Поэтому в процессе обследования предметной области признано нецелесообразным создавать универсальные средства получения решений для всех задач, поскольку это повлечет неоправданные затраты на разработку унифицированной и громоздкой системы.

Типовые задачи обработки экспертных знаний, как правило, не встречаются обособленно, а сочетаются в различных вариантах. Так, задачи технологического мониторинга объединяют совокупность подзадач наблюдения, слежения, интерпретации, идентификации, диагностики и прогнозирования, каждая из которых на этапе ее выполнения выступает как самостоятельная задача. При этом необходимо учитывать, что технологический мониторинг выполняется в реальном времени и осуществляет интерпретацию поведения наблюдаемого объекта в зависимости как от времени, так и от контекста.

Экспертные задачи в технологии деревообработки имеют явно выраженную иерархическую структуру. В этой связи возникает необходимость декомпозиции глобальной задачи мониторинга на ряд подзадач, каждая из которых детально анализируется и прорабатывается. В качестве задач-представителей на первых этапах декомпозиции выбраны следующие подзадачи: диагностика брака выпускаемой продукции и идентификация породы древесины.

Задача диагностики

Необходимость интеллектуализации автоматизированных средств диагностирования обусловлена особенностями процесса диагностики сложных технологических систем в деревообработке, среди которых к

основным можно отнести: наличие множества альтернатив интерпретации событий; формирование алгоритмов в виде набора правил определения причин выявленных нарушений; необходимость одновременного учета множества факторов для установления диагноза; отсутствие достаточного объема статистических данных для выявления объективных зависимостей между диагнозами и формами воздействия на систему.

Диагностика состояния (или ситуации) в технологической системе по набору наблюдаемых данных об объекте обеспечивает обнаружение причин, вызывающих исследуемое состояние. В частности, задачей экспертизы является диагностирование причин появления дефектов и брака в технологии деревообработки. Специфика диагностирования здесь связана в первую очередь с тем, что одни и те же причины возникновения брака могут приводить к разным последствиям. С другой стороны, дефектное состояние готового продукта может быть вызвано различными причинами. Сложность принятия решений в задачах диагностирования в основном определяется отсутствием полных и точных знаний о способах анализа состояний даже у лучших экспертов.

Выявленная структура задачи диагностики позволяет выделить три аспекта ее решения [3]:

- прогнозирование состояния технологического комплекса (ТК);
- диагностика причин возникновения дефектов;
- идентификация непосредственно дефекта.

Последующая декомпозиция задачи в целом дает возможность установить уникальные подзадачи в рамках предложенных аспектов рассмотрения. Перечислим базовые подзадачи каждого из аспектов.

Прогнозирование состояния:

наблюдение за состоянием ТК и анализ контролируемых параметров;

прогнозирование вероятности отклонения качественных и количественных показателей технологии от заданных регламентами;

определение наиболее вероятных причин возникновения отклонений от нормального функционирования ТК;

выдача приоритетных рекомендаций по корректировке контролируемых параметров и предотвращению дефектов.

Диагностика причин:

определение наиболее вероятных причин, для которых источниками возникновения дефектов являются параметры, контролируемые непосредственно в ходе технологического процесса;

определение наиболее вероятных причин, для которых источниками возникновения дефектов являются параметры, контролируемые в лабораторных условиях;

формирование рекомендаций по устранению дефектов.

Идентификация дефекта:

выявление необходимого и достаточного количества признаков для определения дефекта;

установление тождественности дефекта выявленным признакам.

В задаче прогнозирования состояния ТК проявляется разнообразие возможных вариантов и путей предотвращения дефектов с множеством побочных эффектов. При этом возникает потребность в использовании компьютера для имитации последствий применения того или иного набора средств, допустимого (лучшего) по множеству показателей состояния технологического процесса. Это дает возможность подобрать стратегию коррекции процесса, что особенно важно в случае сочетания причин, приводящих к браку.

Характерно, что в этом случае в модель принятия решения, кроме правил логического вывода, необходимо включать результаты числен-

ного эксперимента с функциональными зависимостями. Эти зависимости образуют решающие правила для выбора компромиссных наборов корректирующих воздействий, составляя количественную базу знаний (КБЗ). Применение КБЗ дает возможность объединить правила с оптимизационным многокритериальным экспериментом.

Наряду с количественной информацией для принятия решения в перечисленных задачах широко используются качественные показатели, характеризующие как саму технологию деревообработки, так и объект технологии — производственную продукцию. Очевидно, что для этого класса характеристик достоверность информации существенно зависит от воздействия среды на человека. Вместе с тем, разработанные математические методы формализации качественной информации [2] дают возможность снизить влияние субъективности оценок на принимаемые решения, что позволяет обрабатывать информацию на ЭВМ.

Для эффективного функционирования системы автоматизированного диагностирования необходима разработка стратегии поиска диагноза на множестве возможных причин. Поскольку имеется возможность глубокой структуризации предметной области деревообработки для рационального выбора последовательности проверок целесообразно использовать классический метод представления задач — разбиение на подзадачи. Условием разбиения начального множества причин является возможность на каждом этапе проверки однозначно решить вопрос о принадлежности диагноза подмножеству. В этом случае для формализации взаимосвязей признаков и дефектов применима продукционная модель.

Манипулирование знаниями в решении задач диагностирования обеспечивается наличием у системы способности представлять (хранить, отображать и управлять) основные взаимосвязи между информационными объектами (причины/дефекты) предметной области. Основу причинного моделирования составляет статистический подход, особенно привлекательный как помощь принятия решений в контексте технологических проблем. Одна из форм причинного моделирования состоит в анализе путей, позволяющих исследовать отношения среди информационных объектов. Целью анализа является получение правдоподобных объяснений, наблюдаемых взаимосвязей путем проектирования причинно-следственных моделей для отношений между информационными объектами. Использование причинного моделирования позволяет установить систему глубинных понятий на основе комбинированных правил взаимодействия информационных объектов и связей глобальных модулей системы.

Задача идентификации

В технологическом проектировании при принятии решений часто возникает необходимость идентификации объекта технологии в процессе поиска среди некоторого однородного множества объектов. Здесь под идентификацией понимается определение характеристик объекта с целью установить его тождественность некоторой модели как оригиналу и принадлежность определенному классу по кодовому обозначению. Объектами идентификации при этом выступают различные элементы производственно-технологических систем (сырье, материалы и др.).

Существенная особенность задач идентификации объектов — наличие совокупности признаков, зная которые объект может быть отнесен с некоторой долей уверенности к той или иной группе. Главной проблемой создания и последующего успешного функционирования системы автоматизированной идентификации является разработка структуры классифицирующих признаков, позволяющих решать основную задачу идентификации. В процессе структуризации данных и знаний

конкретной предметной области (в рассматриваемом случае — анатомии древесины и технологии ее переработки) чрезвычайно важно установить характер отношений между объектами и признаками идентификации.

Область идентификации объектов технологии ограничена множеством пород деловой древесины, в частности древесины тропических пород, поскольку в Россию она ежегодно импортируется в виде строганого шпона, кражей, паркетных и мебельных заготовок. Регламентирующими документами предусматриваются к поставке определенные породы древесины. Вместе с тем, в получаемых партиях встречаются породы, которые из-за присутствия специфических включений не пригодны к отделке лаками по существующей технологии; механическая обработка некоторых пород на имеющемся оборудовании затруднена. В указанных условиях повышение эффективности использования древесины за счет принятия решений по оперативному выбору требуемого технологического процесса переработки древесины, лакокрасочных материалов, расширению ассортимента поставляемых пород служит глобальной целью разработки и создания системы автоматизированной идентификации древесины (САИД).

Функциональные возможности САИД влияют на эффективность решения задач идентификации и находятся в прямой зависимости от структурной организации знаний и данных в рассматриваемой предметной области. В целях адаптации системы к меняющимся структуре и содержанию информационного фонда при разработке САИД множества видов отношений между объектами объединены в группы (классификации, признаковые, порядковые и др.).

Отношения классификации позволяют информационные элементы предметной области (породы древесины, признаки, свойства) отнести к выделенному классу (группе). Среди наиболее важных в этой группе отношений являются: *иметь имя; элемент — класс; род — вид; быть эталоном; часть — целое* и др. Признаковые отношения представлены последовательной композицией отношений и приписывают различные признаки понятиям: *иметь признак; иметь значение признака*. Порядковые отношения описывают соотнесенность элементов предметной области между собой: *быть следующим; быть ближайшим* и др. Выделенные группы отношений служат организационной основой построения структуры предметной области.

Изложенный подход обеспечивает разработку информационного фонда для идентификации свойств древесины со следующей блочно-модульной структурой экспертных знаний: признаки анатомического строения; физико-механические свойства; технологические и эксплуатационные свойства; режимы механической обработки; режимы облицовывания строганым шпоном; режимы отделки лакокрасочными материалами; режимы изготовления строганого шпона.

Существенное отличие использованной модели предметной области от программной реализации [4] состоит в выявленной взаимосвязи между анатомическими признаками древесины тропических пород и ее физико-механическими и технологическими свойствами. Интегрированная направленность предлагаемого подхода состоит в комплексном сочетании и учете анатомии и технологии древесины, что позволяет оперативно предъявлять обобщенную информацию пользователю-технологу.

Эффективное решение задач идентификации в системе обеспечивается тем, что каждая порода древесины характеризуется интегрированным комплексом признаков и свойств, режимами механической обработки, экспертной информацией об областях рационального использования и требованиях, предъявляемых к поставляемому материалу, что в итоге безусловно влияет на оперативное принятие решений техноло-

гом-экспертом. Привлечение аппарата теории множеств и инженерии знаний позволяет рационально и адекватно идентифицировать породу древесины по обобщенному набору анатомических признаков и комплексу физико-механических, технологических и эксплуатационных свойств.

В целом знания о каждой породе древесины объединены в две глобальные группы параметров: анатомические признаки и характеристики строения древесины (группа А — анатомия); параметры, характеризующие эксплуатационные, физико-механические и технологические свойства породы (группа Т — технология). Обе группы параметров по отдельности и в совокупности могут служить идентификаторами для автоматического распознавания породы древесины в некотором множестве описаний (прямая задача идентификации). В свою очередь, некоторая совокупность заданных анатомических признаков может однозначно идентифицировать породу (или группу пород) древесины с фиксированными технологическими свойствами.

Параметры группы А (наименование и значение анатомического признака) и часть параметров группы Т (наименования физико-механических свойств и их значения) составляют фактографическую основу базы данных (БД) системы идентификации. Каждая порода древесины представляет собой отдельную запись в реляционной БД, структура которой повторяет принятую в системе блочно-модульную архитектуру знаний эксперта об объекте идентификации. Правила группирования признаков, соотнесение совокупности анатомических признаков технологическому или физико-механическому свойству, правила установления отношений между группами признаков однородных пород послужили основой формирования базы знаний системы.

Функциональные возможности систем, среди которых необходимо отметить базовые: *информационно-поисковые; консультационно-справочные; интерфейсно-сервисные и интеллектуально-экспертные* — поддерживаются выбранной архитектурой системы.

Высший (внешний) слой архитектуры системы предназначен для организации пользовательского интерфейса, внутренний — определяет физическую организацию знаний и данных на носителях информации и доступ к информации. Глобальный концептуальный уровень архитектуры позволяет установить интеграционные взаимосвязи внешнего и внутреннего уровней.

В архитектуре системы использован ряд классических компонент: база знаний (БЗ); база данных (БД); механизм вывода (МВ), основанный на сопоставлении с образцом или поисковом подходе с целью сужения области поиска и исключения полного перебора или комбинаторного взрыва; подсистема сбора знаний (ПСЗ) — предоставляет средства манипулирования знаниями, наполнения и модификации БЗ; объясняющая и консультирующая подсистемы (ОКП), обеспечивающие пользователя дополнительной информацией о ходе получения решения системой и отвечающие на вопросы «Почему?» и «Как получено решение?».

Учет особенностей предметной области деревообработки позволил дополнительно к основным функциям системы классической архитектуры добавить ряд специфических, обусловленных особенностями рассмотренных задач-представителей, в частности задач проектирования. К ним следует отнести графическое отображение структуры технологического процесса, технологических планировок оборудования, структуры системы производственного оборудования и ряд других графических задач. Интерактивные средства графического взаимодействия должны обеспечивать широкий спектр сервисных возможностей, позволяющих пользователю-технологу получать компактные и эффективные решения.

Результаты анализа взаимодействия пользователя и демонстрационного прототипа системы позволили сделать вывод о целесообразности разработки средств управления ведением консультаций. Общая методология подобного подхода состоит в разработке сценариев ведения консультаций, глобальная структура которых базируется на сетевом представлении. Управление консультационным режимом должно осуществляться с помощью интерпретатора сценариев, основные функции которого определяются в процессе анализа и структуризации предметной области.

Другой отличительной чертой является введение количественной базы знаний, расширяющей арсенал средств технолога, принимающего решения. В этом случае каждый модуль знаний может быть представлен в своей форме. Доступ к ним осуществляется путем навигации в базе знаний. Поиск информации путем перемещения от одних элементов к другим по критериям их семантической близости позволяет просматривать и осмысливать предлагаемые варианты решений в любом порядке и с разной целевой установкой. КБЗ не имеет априорно предписанной структуры, что позволяет свободно наращивать знания. Взаимосвязь между элементами знаний становится видимой и доступной для пользователя, который может настраивать информационную среду на свою предметную область. В таких условиях пользователь в интерактивном режиме может исследовать знания нелинейным способом (в нелинейной манере).

Важным фактором, обеспечивающим тиражирование и успешное освоение экспертных средств поддержки решений, является удобство работы с ними пользователей-непрограммистов. Пользовательский интерфейс, представляющий собой комплекс программных средств и обеспечивающий взаимодействие пользователя и системы, должен иметь высокий показатель «дружественности» по отношению к технологу-эксперту. Сервис пользовательского обслуживания достигается за счет применения при создании средств общения передовых технологий программирования типа WYSIWYG (What You See Is What You Get — что видите, то и получаете) и WIMP (Windows, Icons, Menus, Pointers — окна, пиктограммы, меню, указатели), а также интегрированной информации (тексты, рисунки, звуковое сопровождение, мультимедиа, видеоизображение) в многосредних системах (мультимедиа). Благодаря современной технологии создания программных продуктов (многооконный интерфейс, аккордная клавиатура, редакторы, контекстно-чувствительная поддержка), удается не только повысить производительность разработчиков системы, но и обеспечить комфортные условия деятельности специалиста, принимающего решения.

Несомненные достоинства рассмотренного подхода использования новой информационной технологии обработки экспертных знаний проявляются в ускорении оперативности принимаемых решений, что весьма существенно в рыночной экономической ситуации для сохранения или повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции. Характерно, что долговременные прогнозы указывают на повышенный интерес зарубежных исследовательских центров к вопросам создания систем, базирующихся на знаниях.

Проектируемые системы должны стать доступным и мощным инструментальным средством принятия решений в профессиональной деятельности различных специалистов: конструкторов при разработке изделий мебели, технологов предприятий при сопровождении или проектировании технологических процессов деревообработки, экспертов по закупке древесины, экспертов торгово-промышленных палат, брокеров бирж.