

ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ В ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

УДК 658.511

*Дугко П. Д.
Макурин Н. С.*

В последние годы сфера производства привлекает к себе все большее внимание многих исследователей и практиков. Различные отрасли промышленности для сохранения конкурентоспособности направляют свою деятельность на освоение новых технологий. На основе этих технологий возникают концепции производства, такие, как интегрированные автоматизированные производства (ИАП), гибкие производственные системы (ГПС).

Процесс создания ИАП и ГПС определяется рядом факторов, связанных с представлением о сложной системе, под которой понимается совокупность функционально связанных средств технологического оснащения, предметов производства и исполнителей для выполнения в регламентируемых условиях производства заданных технологических процессов.

При проектировании технологических процессов, создании производств, управлении производственными процессами, приходится сталкиваться с широким кругом проблем и понятий, относящихся к различным областям знаний. Наблюдается тенденция более глубокого проникновения систем искусственного интеллекта (ИИ) в производственную среду на всех этапах функционирования производств.

Особенно перспективными среди систем знаний и наиболее активно развивающимися в последние годы являются экспертные системы (ЭС).

Интерес к ЭС определяется многими причинами, из которых наиболее важными являются:

возможность решения широкого класса задач из сферы производственной деятельности, решение которых до недавнего времени считалось сложным и даже невозможным;

возможность накопления знаний в предметной области (ПО) и возможность быстро получить на их основе разумные решения и выводы, которые ранее могли быть достигнуты только высококвалифицированными специалистами (экспертами);

возможность использования разработчиком (проектировщиком) накопленных в системе знаний при решении достаточно широкого круга задач с определенной уверенностью в полученном результате;

возможность реализации ЭС на персональных ЭВМ (ПЭВМ) и предоставление разработчику (проектировщику) развитых инструментальных средств (ИС).

Применение ЭС в производстве открывает широкие возможности по использованию накопленных знаний в области автоматизированного проектирования конструкций изделий и технологии их изготовления, моделирования производственных процессов, моделирования и оптимизации процессов управления сложными объектами, диагностирования, планирования производства и др.

Экспертные системы приобрели большую популярность как среди разработчиков средств искусственного интеллекта, так и среди специалистов различных областей знаний, использующих (или которые будут использовать) экспертные системы. Успешное использование ЭС при решении неформализованных задач, трудных или недоступных для традиционного программирования, с большим энтузиазмом было воспринято специалистами, верящими в полную победу искусственного интеллекта. Энтузиазм разработчиков ЭС был поддержан фирмами, составляющими прогнозы развития. Однако практика показывает, что при практическом использовании ЭС возникают определенные трудности, препятствующие их массовому распространению. Тем не менее, хотя темпы развития ЭС были ниже, чем предсказывалось, они оказались весьма высокими.

Успехи ЭС, с одной стороны, и трудности, встречающиеся при их практическом использовании, с другой, — обусловили два крайних взгляда на ЭС. Первый — оптимистический, — свойственный пользователям и начинающим

разработчикам (они не осознают значительной трудности создания ЭС и их ограничений и ожидают, что ЭС решат их наиболее трудные задачи). Второй — пессимистический, — свойственный разработчикам, имеющим отрицательный опыт создания промышленных и коммерческих ЭС. Учитывая наличие двух взглядов на ЭС, каждый из которых можно считать ошибочным, представляется крайне важным проанализировать текущее состояние развития ЭС как за рубежом, так и в Украине, выявить проблемы и определить перспективы развития ЭС.

Применение ЭС позволяет, в частности:

при проектировании интегральных схем повысить производительность труда в 3-6 раз, а при выполнении некоторых операций сократить время в 10-15 раз (по данным фирмы *NEC* (Япония));

повысить производительность труда программистов (по данным фирмы *Toshiba* (Япония) в 5 раз);

при проведении профессиональной подготовки сократить (без потери качества) в 8-12 раз затраты на индивидуальную работу с обучающим;

повысить производительность труда при проектировании технологических процессов в 3-4 раза.

В настоящее время ведутся разработки ЭС для следующих приложений: конструирование запоминающих устройств ЭВМ; поиск компромиссных решений; распределение ресурсов; организационное управление; контроль технических процессов; управление техническим процессом (ТП) в реальном масштабе времени; диагностика и текущий ремонт технологического оборудования и т.д.

На мировом рынке большим спросом пользуются как простые ЭС, так и сложные. За последний год в США было продано 15 тыс. ЭС и ИС. Из них простых ЭС и ИС продано 12 тыс., а сложных — 3 тыс. При этом 85% затрат на приобретение ЭС пришлось на сложные ЭС.

По прогнозам, сделанным фирмой *Arthur D'hitte*, рынок ЭС в США к 2000 году составит более 60 млрд. долл.

Исследования и разработки ЭС составляют основу программ по информатике развитых государств, например: стратегическая компьютерная программа *SCP* (США); программы *Esprit* и *Eureka* (ЕЭС — Европейское экономическое сообщество); проект создания ЭВМ пятого поколения (Япония); программа *Alvey* (Великобритания) и др. На проведение этих проектов выделяются большие средства. Так, на выполнение программы *SCP* запланировано более 1,6 млрд. долл. По мере выполнения указанных программ интерес к ним возрастает.

Крупнейшие зарубежные фирмы широко используют ЭС в своей деятельности. Известная фирма *IBM* использует более 90 ЭС, и имеет место тенденция ежегодного удваивания ЭС в деятельности фирмы. Фирма *Du Pont* к 2000 году планирует иметь более 2000 ЭС.

Следует отметить, что ЭС, несмотря на значительную стоимость, их разработки, приносят существенный доход. Так, ежегодный доход от использования ЭС *DEFT* (осуществляет заключительную проверку дисководов для ЭВМ фирмы *IBM*) составляет 12 млн. долл. (начальная стоимость системы — 100 тыс. долл.).

В Украине количество ЭС, достигших коммерческой или промышленной стадии, меньше, чем в США, Японии, Германии. Однако в последние годы в нашей стране существенно повысился интерес к ЭС и уделяется значительно больше внимания к разработкам и использованию ЭС.

Из отечественных ЭС находят применение в производственной сфере системы “АПРОС (КОДЕКС)” (разработчик НПО “Горсистемотехника” г. Киев), “МАГИСТР-П” (разработчик ИК АН г. Киев), “МОДУЛЬ” (разработчик ЦНИИ ЦЕНТР г. Николаев), “АЛГОРИТМ” (разработчик АФИ ПК г. Львов), “УПРАБ” (разработчик НИИТТ “Электрон” г. Львов) и др.

За последние пять лет затраты на создание ЭС в Европе увеличились более чем в 100 раз. В целом в мире ежегодное увеличение расходов на создание ЭС составляет порядка 30%, что намного выше прироста в других областях информационной технологии. Группы специалистов, занимающиеся разработкой ЭС, как

правило, малочисленны. Только в нескольких крупных фирмах работы ведутся большими группами по 40-50 человек. Большая часть ЭС разрабатывается для внешних заказчиков (приблизительно 70%). Основная часть специалистов (82%) занимается этими проблемами не более 4-5 лет. Количество фирм, на которых эксплуатируются меньше пяти ЭС — 64%, 6-9 ЭС — 8%, больше 10 ЭС — единицы фирм. Имеется тенденция к увеличению роста разработок ЭС в области технологической подготовки производства.

Большая часть (65%) разработчиков используют языки и средства создания ЭС на микроЭВМ.

Типичные области применения ЭС: медицина, диагностика технологических комплексов, техническое конструирование, разработка конфигураций ЭВМ, поддержка управления и т.п.

По методам предоставления знаний ЭС распределяются следующим образом: продукционные правила — 56%; все известные правила — 17%; фреймы — 10%; семантические сети — 7%; решающие деревья — 5%; объектно-ориентированное программирование — 5%.

Изучение опыта применения ЭС в 109 компаниях США, среди которых были государственные, машиностроительные, финансовые, посреднические компании и учебные заведения, показало их сложность. Большая часть пользователей начала освоение ЭС с изучения технологии их функционирования, меньшая часть сразу приступила к практическому их использованию. Освоение ЭС проходило в течение 6 месяцев, после чего 2/3 пользователей признали целесообразность их применения для решения специфических проблем. Около 27% из них приняли решение о применении ЭС под нажимом администрации.

Главным условием применения ЭС для коммерческой деятельности является возможность их быстрой и безболезненной адаптации к существующим технической и программной средам.

Исследователи считают, что только 2/3 новых ЭС будут представлять собой изолированные программные продукты. Это означает, что поставщики таких ЭС должны будут предоставить на рынок

целую гамму ЭС, оболочки которых совместимы с наиболее распространенным вычислительным оборудованием и снабжены интерфейсами связи с наиболее распространенными системами управления базами данных.

Наиболее ценным свойством ЭС признана возможность быстрого создания прототипа на основе готовых оболочек.

В последние годы существенно активизировались работы по созданию ЭС. В работу включились десятки и сотни организаций различного направления: академические и научно-исследовательские институты, высшие учебные заведения и малые предприятия.

В 1989 году создана ассоциация по искусственному интеллекту, насчитывающая сотни членов. Ассоциацией проведены масштабные мероприятия по вопросу создания ЭС: конференции, совещания, выставки. Наиболее значительным мероприятием была выставка интеллектуальных систем в г. Минске (октябрь-ноябрь 1990 г., ИК АН), на которой были представлены десятки действующих систем.

В табл. 1 приведены те области деятельности, в которых разработка ЭС находится на стадии создания промышленного образца.

Таблица 1
Область деятельности ЭС

Области деятельности	Количество разработанных систем
Создание инструментов исследования	2
Проектирование	10
Управление надежностью	1
Разработка технологии	2
Управление техпроцессами	1
Поиск неисправностей, диагностика	14
Предупреждение аварий	1
Экономика и организация производства	14
Обработка данных	7
Производственное обучение	1
Всего:	53

В табл. 2 приведены ЭС, разработанные для различных областей применения.

Таблица 2

Распределение ЭС по областям деятельности с указанием организаций-разработчиков

Области деятельности	Виды выполняемых работ (название системы)	Оболочка	Организация-разработчик
1	2	3	4
Исследования	Автоматизация исследований (ОПТО-Эксперт)	ИНТЕР-ЭКСПЕРТ	Институт машиноведения (г. Ленинград); Саратовский университет (г. Саратов); НИЦ АСК (г. Москва)
Проектирование	Проектирование: Канальных вычислительных систем	ИНТЕР-ЭКСПЕРТ	Политехнический институт (г. Краснодар)
	Сложных объектов (КОДЭКС)	без оболочки	НПО "Горсис-темотехники" (г. Киев); ЦПС (г. Тверь)
	Аналитических приборов	ИНТЕР-ЭКСПЕРТ	Институт аналитического приборостроения (г. Ленинград)
	Алгоритмов и программ	ИНТЕР-ЭКСПЕРТ	Львовский ИПК (г. Львов).
	Поддержки технических решений (ГОМЕХ)	ИНТЕР-ЭКСПЕРТ	ЛИАН (г. Ленинград)
	Производственных участков (РАЗВОРОТ)	ИНТЕР-ЭКСПЕРТ	Институт горного дела (г. Люберцы)
	Печатных плат	Турбо Паскаль 5.0 МАГИСТР-ЭКРАН	ИТК (г. Киев)
Проектирование баз данных (БДАО)	ИНТЕР-ЭКСПЕРТ	НПО "Химволокно" (г. Мытищи); МАИ (г. Москва)	
Надежность	Управление надежностью	ИНТЕР-ЭКСПЕРТ	МГТУ (г. Калуга)
Разработка технологии	Разработка технологии газопламенного напыления для опытного производства	ИНТЕР-ЭКСПЕРТ	ЛПИ (г. Ленинград); МКТБ (г. Москва)
Технологические процессы	Управление технологическими процессами	ИНТЕР-ЭКСПЕРТ	ЛИМТУ (г. Ленинград)
Поиск неисправностей, диагностика	Поиск неисправностей, диагностика: Вычислительной техники	ИНТЕР-ЭКСПЕРТ	НПО "Электронмаш" ИНЕУМ (г. Москва); НПО ВТИ (г. Казань)
	Цифровых устройств	без оболочки	СГУ (г. Саратов)
	ТЭЗов	без оболочки	ДПН (г. Донецк)
	Электронных блоков	без оболочки	НПО "Электронмаш" (г. Москва)

Продолжение табл. 2

1	2	3	4
	Поиск неисправностей, диагностика различного оборудования: (ЭКСОД) (ЭДИП) Д2 (СОНЕТ)	Экспертиза Экспертиза Экспертиза Экспертиза	Механический институт (г. Ленинград) ИТК (г. Минск) ТФМТИ (г. Тольятти) Саратовский государственный университет (г. Саратов)
Предупреждение аварий	Предупреждение аварий	ИНТЕР-ЭКСПЕРТ	ЛПИ (г. Ленинград)
Экономика и организация производства	Бухгалтерский учет	ИНТЕР-ЭКСПЕРТ	ЛПИ (г. Ленинград)
	Учет материалов	ИНТЕР-ЭКСПЕРТ	ЛПИ (г. Ленинград)
	Обработка данных по договорам	ИНТЕР-ЭКСПЕРТ	НПО "Химволокно" (г. Мытищи)
	Формирование плана: Производства	ИНТЕР-ЭКСПЕРТ	Горьковский университет (г. Горький); Львовский ИПК (г. Львов)
	Исследований	ИНТЕР-ЭКСПЕРТ	НИИ ГИРИКОНД (г. Ленинград)
	Моделирование ТЭП (Модуль)	ИНТЕР-ЭКСПЕРТ	ЦНИИ ЦЕНТР (г. Николаев)
	Диспетчирование (АРМ ДИСПЕТЧЕР)	ИНЭКС	НПО "ВОЛГА" (г. Казань)
	Управление: Технологическим перевооружением отрасли	ИНТЕР-ЭКСПЕРТ	МКТБ (г. Москва)
	Разработками	ИНТЕР-ЭКСПЕРТ	НИИТТ "Электрон" (г. Львов)
	Расчетами трудоемкости (РЕСУРС-ЭКСПЕРТ)	без оболочки	ЦПС (г. Тверь)
Обработка данных	Обработка данных: В статистике	ИНТЕР-ЭКСПЕРТ	Карельский филиал АН (г. Петрозаводск)
	В учреждении	ИНТЕР-ЭКСПЕРТ	ВНИИНС (г. Москва)
	Решение оптимизационных задач	без оболочки	ГТУ (г. Нижний Новгород)
	Построение ЭС (МЕРА-ЭС)	без оболочки	ИППИ (г. Москва)
Производственное обучение	Обучение системотехников	ИНТЕР-ЭКСПЕРТ	Львовский ИПК (г. Львов)

Из табл. 2 видно, что чаще всего применяется оболочка ИНТЕРЭКСПЕРТ (аналог американской оболочки GURU), распространяемая ЦПС (г. Тверь). Однако существуют много ЭС, разработанных на основе оригинальных отечественных оболочек. Подавляющее большинство ЭС разработано на базе ПЭВМ IBM PC.

Это объясняется тем, что украинские специалисты получили массовый доступ к ЭВМ только после значительных закупок ПЭВМ за рубежом. Эта тенденция сохраняется в Украине и до настоящего времени.

Для выхода Украины на мировой научный уровень необходима концентрация основных усилий на нескольких "прорывных" направлениях фундаментальных и прикладных исследований, гарантирующих создание конкурентоспособных образцов интеллектуальных систем в те же сроки, что и в развитых странах.

В фундаментальных исследованиях основными направлениями должны быть:

а) моделирование человеческих рассуждений:

создание теории сходства для структурированных объектов и ее приложение в реальных системах при различных структурах данных;

теория решателей типа "достоверный + правдоподобный" и их использование в ЭС;

выводы, построенные на основе полученных знаний;

разработка методов автоматического порождения гипотез на основе анализа информации, хранящейся в базе данных, и использование этих методов для адаптации интеллектуальных систем;

применение нечетких рассуждений в интеллектуальных системах;

неклассические логики в различных приложениях, связанных с процессами представления знаний и принятием решений;

применение в интеллектуальных интерфейсах и базе знаний теории рассуждения "здорового смысла";

б) интеграция знаний:

разработка методов приобретения знаний из различных источников;

создание единых моделей представления текстовых и образных знаний;

объединение в базе данных и базе знаний информации различной степени полноты, правдоподобия и т.п., разработка методов работы с подобной информацией;

разработка теории когнитивных моделей, применение их для интегрированных баз знаний;

в) развитие модели коммуникации:

создание моделей коммуникативного акта и типологии таких моделей с точки зрения использования их в различных интеллектуальных системах;

создание методов направленного управления диалогом с интеллектуальной системой с использованием знаний из баз знаний;

разработка стратегии коммуникаций, учитывающих специфику человеко-машинного общения;

г) планирование деятельности:

планирование деятельности в условиях неполноты знаний;

планирование с учетом ресурсных ограничений различного типа и в условиях динамически меняющихся ситуаций;

д) понимание и синтез связанных текстов:

методы и модели представления и использования языков и внеязычных знаний, необходимых для понимания и синтеза текстов;

методы уровней понимания текстов и поиск релевантных знаний;

методы работы с текстами, трансформация текстов, вывода умозаключений на основе текста, наполнение текста;

синтез текстов и гипертекстов при заданной целевой структуре;

е) визуализация знаний:

разработка моделей зрительного восприятия и решения задач на уровне образной информации;

разработка отображений "Текст — Визуализация" и "Визуализация — Текст";

разработка когнитивных моделей для визуализации информации;

ж) синтез программы на основе знаний:

разработка теории автоматического поиска в различных проблемных областях;

разработка методов и инструментария для концептуального программирования;

создание общей теории автоматического синтеза программ.

Направления прикладных исследований:

системы для работ с экспертами в помощь инженерам по знаниям;

интеллектуальные средства для формирования и поддержки решений;

ЭС для диагностики, прогнозирования и управления;

синтезаторы слитной речи;

анализаторы текстов на русском и украинском языках;

программные технологии для искусственного интеллекта;

интеллектуальные средства доступа к системам баз данных и баз знаний.

Заметим, что ведущие американские фирмы по производству вычислительной техники, такие, как IBM и DEC считают системы искусственного интеллекта одним из главных направлений развития своей продукции.

Нужно отметить, что в развитых западных странах широкое распространение получают ЭС консультативного типа в экономике, в области страхования, в банковском деле. Видимо, и украинским разработчикам следует уделить этому направлению особое внимание, учитывая большие изменения в экономике и банковском деле.

Украина находится в начале периода широких исследований и разработок в области ЭС. Опыт зарубежных стран показывает, что создание ЭС — наиболее интенсивно развивающаяся область новой информационной технологии.

Экспертные системы являются дополнением к существующим формализованным средствам обработки данных. Они предназначены для решения неформализованных задач, характеризующихся неполнотой, ошибочностью, неоднозначностью и (или) противоречивостью исходных данных и правил их преобразования. Неформализованные задачи характерны для творческих (конструирование, проектирование, диагностика, прогнозирование и т.п.) и социальных процессов (экономика, организация производства и т.п.). Применение ЭС расширяет область эффективного применения ЭВМ и способствует устранению "пси-

хологического барьера" при решении многих нетрадиционных задач.

Решение задач с помощью ЭС имеет следующие особенности:

1) алгоритм заранее неизвестен и строится по ходу решения на основании эвристических правил;

2) аргументация решений понятна пользователю;

3) качество получаемых решений не ниже достигнутых экспертами;

4) знания, содержащиеся в ЭС, можно анализировать, накапливать и изменять;

5) выбор знаний осуществляют эксперты, не владеющие основами программирования и информатики;

6) имеется дружественный интерфейс, как правило, приближенный к естественному или специальному языку пользователя.

Практика показывает, что применение ЭС эффективно в следующих случаях:

решаемые задачи характеризуются слабой формализацией процесса их решения;

предметная область достаточно узка, чтобы можно было создать всеобъемлющую базу знаний и механизм их обработки;

возможно привлечение для составления базы знаний экспертов, имеющих одинаковое представление о решаемых проблемах и возможных результатах их решения;

решение проблемы возможно экспертным путем;

имеется неполнота данных, проблема легко разделяется на ряд более мелких и автономных;

очевиден эффект от решения проблемы даже при частичном или неоптимальном ее разрешении.

По зарубежным и отечественным данным потребителями ЭС являются: исследовательские и разрабатывающие организации (14%), военные и правительственные организации (17%), промышленные подразделения (54%), учреждения по образованию и обучению (15%). Как видим, основными потребителями ЭС являются промышленные предприятия, где, как правило, можно получить наиболее ощутимый эффект.