

Л.А. Тимашова

Проблемы интеллектуализации решения задач моделирования и управления производственными процессами

Изложены проблемы интеллектуального моделирования для управления производственными процессами, найдены пути их решения с помощью новых методов, базирующихся на теории искусственного интеллекта. Показаны информационные технологии работы со знаниями, прецедентами, образами для задач управления производственными процессами и управления бизнес-аналитикой.

Викладено проблеми інтелектуального моделювання для управління виробничими процесами, знайдено шляхи їх розв'язання за допомогою нових методів, що базуються на теорії штучного інтелекту. Показано інформаційні технології роботи зі знаннями, прецедентами, образами для задач управління виробничими процесами і управління бізнес-аналітикою.

Введение. Стремительное развитие производственных и компьютерных технологий породило новые проблемы в управлении. Чтобы решить их, необходимы современные инструментальные средства и методы. Искусственный интеллект (ИИ) – один из наиболее используемых средств и методов, которые решают сложные производственные задачи.

Однако складываются ситуации, в которых человек в силу многих обстоятельств уже не в состоянии воспринять и переработать огромный объем информации, необходимый для принятия решений. Поэтому зачастую человек превращается в фактор, сдерживающий прогресс. К сожалению, существующие средства автоматизации не всегда могут качественно решить задачи управления, алгоритмически отличающиеся от традиционных задач.

Эти сложности требуют новых идей, более совершенных методов и инструментария, способствующих в реальном времени помогать принимать решения управленческому персоналу. Таким инструментом могут быть средства интеллектуального моделирования, разработка которых для систем управления представляют собой проблему.

Актуальность

Качественное управление может быть реализовано не только благодаря повышению уровня управления, ориентированного на мировые стандарты, автоматизацию производственных функций с применением современного математического аппарата и производительных информационных технологий, но и интеллектуальности компьютеризации производственных и умственных процессов. Это необходимо для при-

дания гибкости системам планирования и управления разнообразными процессами с учетом внешней среды, при разрешении конфликтных ситуаций, при решении разноплановых творческих задач, а также организации общения человека с ЭВМ на языке, близком к естественному.

В течение десятка лет опубликованы работы [1–15], которые касаются области математического моделирования и управления, в том числе для производственных процессов. Они имеют как свои преимущества, так и недостатки. Например, основным недостатком аналитических моделей в исследовании операций, широко используемом в управлении, есть то, что они неизбежно требуют многих допущений. Приемлемость этих допущений далеко не всегда может быть оценена без контрольных расчетов.

Статистические модели не требуют серьезных допущений и упрощений. В принципе, статистическая модель может отражать любые законы распределения, любую сложность системы, тождественность ее состояний. Главный же недостаток статистических моделей – их громоздкость и трудоемкость. Большое число реализации, необходимое для нахождения искомых параметров с приемлемой точностью, требует значительного расхода машинного времени. Результаты статистического моделирования гораздо труднее осмыслить, чем расчеты по аналитическим моделям, и соответственно труднее оптимизировать решение.

Правильное сочетание аналитических и статистических методов в исследовании операций – дело искусства, чутья и опыта исследователя. Нередко аналитическими методами удается описать *подсистемы*, выделяемые в большой

системе, а затем из таких моделей, как из *кирпичиков*, строить здание большой, сложной модели [16]. Чтобы устранить существующие недостатки систем моделирования и управления, предлагается объединить технологии математического моделирования и технологии искусственного интеллекта, точнее, его прикладного направления, связанного с разработкой систем, основанных на знаниях.

Анализ исследований и публикаций

Ряд научных и практических идей по управлению предприятием и созданию автоматизированных систем управления для них были разработаны В.М. Глушковым и его научной школой [1–9]. Научный потенциал сегодня развивается его учениками в соответствии с требованиями времени, меняющимися экономическими условиями развития общества, а также новыми возможностями вычислительной техники и информационных технологий.

Изучению проблем теории и практики в области управления предприятием посвящены работы зарубежных и отечественных ученых Р. Акоффа, М. Альберта, И. Ансоффа, Ч. Берарда, Д. Вумека, Д. Джонса, Ф. Котлера, М. Мескона, У. Тейлора, С. Томпсона, А. Файоля, Ф. Хедоури, А.М. Макарова и др.

Несмотря на значительный объем работ, затрагивающих различные аспекты управления на предприятиях, целый ряд теоретических и практических вопросов, связанных с данной проблемой, остаются дискуссионными и требуют дополнительного изучения. Так, например, недостаточно успешно разработаны методы интеллектуального моделирования и регулирования параметров управленческой деятельности, многомерность и многоплановость которых требует сложнейшей регуляции; оценки объектов внешней и внутренней сред предприятия; форм и методов взаимодействия предприятия с внешней средой. Недостаточно подробно рассмотрены законы и принципы управления промышленными предприятиями в конкурентной среде; особенности формирования механизма реализации интеллектуального управления; концептуальные и практические подходы к организации мониторинга принятия и исполнения ре-

шения, к классификации объектов конкурентной и внутренней сред; параметризации модели управления. Необходимым становится разработка системной методологии для интеллектуальных систем управления (ИСУ), основанная на использовании теории интеллектуального моделирования и средств интеллектуализации.

При создании такой методологии основное требование к информации, помимо объектно-ориентированной базы данных, должна быть база знаний (БЗ), содержащая интенциональную составляющую описания предметной области (ПО). Здесь необходимы также следующие средства: автоматизации пополнения БЗ, извлечения закономерностей из множества фактов на основе методов индуктивного вывода, выявления неявных причинно-следственных связей, расширения описания ПО методом дедуктивного вывода, классификации понятий предметной области и т.д.

ИСУ должна поддерживать все задачи, возникающие в процессе управления: планирование – учет – контроль – анализ – принятие решений, используя методы ИИ на каждом шаге цикла управления. Система должна поддерживать интеллектуальные технологии, решающие задачи: прогнозирования развития ситуаций и изменения состояний внутренней и внешней среды, моделирования описания ПО и последствий принятия управляющих решений, распознавания объектов, их состояний и ситуаций, сложившихся на объекте и в среде управления.

Представляется, что подходы к интеллектуальному моделированию включают использование как современных математических методов (нечеткие множества, мультиагентные системы, генетические алгоритмы и методы), которые неплохо работают в условиях неопределенности процессов управления, так и новых моделей процессов мышления как главной функции интеллекта человека. Применение последних необходимо для решения задач при априорной неполноте и нечеткости исходных данных, варибельности и неточности характеристик исследуемого объекта, необходимости принятия ситуационных решений, что особенно характерно для систем управления предприятием. Если такие системы будут созданы, то мож-

но говорить об интеллектуальном производстве с возможностью доступа в реальном времени ко всей информации о производственном процессе в том виде, в котором эта информация требуется; по всему каналу поставок и жизненному циклу готовых продуктов. Скорее всего, это будут уже *умные* предприятия, имеющие новые идеи и решения.

Постановка задачи

Задача заключается в формулировании проблем и путей их решения для больших и динамично развивающихся производственных систем, определения их характеристик как класса систем с ИИ, способных получать новые знания о процессах управления. Такие системы могут иметь коммерческий интерес и приносить существенный доход.

Объект управления как вероятностная система

Предприятие – это не случайно организованное объединение отдельных частей (цехов, служб или агрегатов), а система с целостным и особым объединением ее частей. Каждое предприятие или же производственное объединение – сложная система, содержащая большое количество элементов (цехов, участков), связанных единой целью. Предприятие является также вероятностной системой, где нельзя сделать точного детального предсказания, в отличие от детерминированной системы, в которой составные части взаимодействуют точно предопределенным образом. Вероятностную систему можно тщательно исследовать и с большой степенью вероятности установить, как она будет вести себя в любых заданных условиях. Однако она остается неопределенной, и любое предсказание относительно ее поведения не выйдет за логические рамки вероятностных категорий, при помощи которых это поведение описывается. Например, сложной вероятностной системой есть система материально-технического снабжения предприятия, когда поступление материалов или деталей на центральный склад и выдача их на участки являются случайными процессами по своей природе. К очень сложным вероятностным системам можно отнести и предприятие в целом.

Внутренние связи крупного предприятия (технические, экономические, административные, финансовые, производственные и др.) настолько сложны, что полностью описать их строгими математическими формулами пока не удастся. В таких сложных условиях роль руководителя сводится к тому, чтобы преобразовать производство в систему менее сложную и вероятностную, свести к минимуму влияние случайных факторов на работу предприятия и обеспечить устойчивость системы, что значит сделать ее нечувствительной к неизбежным посторонним возмущениям различного рода. Это свойство системы определено отсутствием однозначных причинно-обусловленных связей между элементами. В результате этого возникает неопределенность поведения как системы предприятия в целом, так и его составных частей.

Есть много причин, определяющих вероятностный характер поведения предприятия, от чисто субъективных до объективных. В значительной степени эта неопределенность поведения всей системы вносится влиянием человеческого фактора. Ведь на промышленном предприятии трудятся тысячи рабочих, инженеров, служащих, а точно предвидеть поведение людей в определенных ситуациях чрезвычайно сложно. Сложность управления такими коллективами заключается в том, что необходимо организовать четкое взаимодействие коллективов отдельных подразделений и координацию их усилий. Кроме того, на предприятии установлено большое количество оборудования различного технического уровня и различной производительности с множеством операций по обработке, сборке изделий и их выпуску. Операции эти отличаются разнообразием форм исполнения, требованиям к точности и т.д. В процессе производства предприятие использует огромное количество разнообразных материалов, постоянно нуждается в четкой организации транспорта и т.д.

Итак, сложность задачи управления диктует необходимость такой организации оборудования, материалов, работающих на предприятии людей, чтобы процесс производства был гармонизирован по ресурсам и принятию реше-

ний во времени и пространстве, а система управления была гибкой и устойчивой.

Рабочие определения

Введем определения, которые будем использовать в качестве рабочих определений. Скорее всего, предметом ИИ есть изучение интеллектуальной деятельности человека, подчиняющейся заранее неизвестным законам. ИИ – это все то, что не может быть обработано с помощью заранее известных алгоритмических методов. ИСУ – это система, которая сохраняет работоспособность при непредвиденных изменениях свойств УО, целей управления или окружающей среды путем смены алгоритма функционирования, программы поведения и поиска эффективных решений и состояний. В такой системе текущая информация, помимо выработки управляющего воздействия, может использоваться для изменения алгоритма управления в отличие от обычных систем управления, когда текущая информация используется только для формирования управляющего воздействия.

Интеллектуальная система:

- воспринимает внешнюю среду, формирует знания в виде объектов, понятий и знаний, отношений между объектами и множествами объектов, организовывая их в модель среды;

- имеет БЗ, сохраняющую в виде знаний представления системы о возможных классах сред в виде моделей отдельных предметных областей, что позволяет сохранять и извлекать необходимые знания;

- разрабатывает, используя имеющиеся у нее знания, модели своего поведения и решает задачи, возникающие перед системой в процессе ее взаимодействия со средой.

Особенность задач, относящихся к классу интеллектуальных

Эти особенности следующие:

- в них неизвестен алгоритм решения задач, следовательно, в них предполагается наличие выбора. Не существует алгоритма – это значит, что нужно сделать выбор решений в условиях неопределенности между многими вариантами;

- в них используется, помимо традиционных данных в числовом формате, информация в виде образов, изображений, рисунков, знаков, букв, слов, звуков;

- принятие решений управленцем требует использования знаний.

Основная задача создания интеллектуальных систем управления

Задача создания ИСУ состоит в том, чтобы построить обладающую интеллектом систему, которая успешно решала бы задачи человека в реальных внешних условиях. Другими словами, ИСУ создается для решения *человеческих* задач, формулируемых в некоторой реальности и имеющих решение, представимое в этой реальности.

Формулировка задач для интеллектуальной системы (ИС) включает семантические элементы с помощью БЗ, а ее решение опирается не только на выбор имеющихся алгоритмов, но и на смысловую обработку информации. Эту проблему, возможно, можно решать с помощью моделей, связанных с нечеткими моделями и мягкими вычислениями. Это направление представлено нечеткими схемами *вывода по аналогии*, взглядом на теорию нечетких мер с вероятностных позиций, нечетким представлением аналитических моделей для описания объектов, алгоритмами эволюционного моделирования с динамическими параметрами, методами решения оптимизационных задач с использованием технологий генетического поиска, синергетических принципов и элементов самоорганизации.

На практике же типичными для предприятия есть объекты управления, процессы в которых слабо формализуются, свойства которых априори недостаточно известны или изменяются в процессе функционирования. Попытки аналитически описать их свойства быстро приводят к усложнению математических моделей. Более того, при недостаточности наших окончательных знаний об объекте и среде, в которой система функционирует, не представляется возможным получить точную модель поведения объекта. Есть только априорная информация о состояниях ОУ, управляющих воздействиях на него и результатах воздействий.

Базовым принципом и идеей построения систем с такими характеристиками ОУ, в отличие от существующих, является придание интеллектуальных черт (признаков) моделям, методам и программам системы управления в условиях ди-

намически меняющихся характеристик внешней среды. Тогда ИС, созданные для решения задач управления предприятием, будут работать с повышенной надежностью и расширенными возможностями выполнения своих заданий.

Как уже говорилось, предмет науки ИИ предполагает человеческое мышление и изучение интеллектуальной деятельности человека, подчиняющееся заранее неизвестным законам. Так как человеческое мышление основано на двух составляющих: запасе знаний и способности к логичным рассуждениям, следовательно, компьютерные автоматизированные ИС предприятия требуют умения моделирования знаний и моделирования рассуждений при принятии решения. В нашем случае, знания – это закономерности ПО, полученные в результате практической деятельности и профессионального опыта, позволяющие специалистам ставить и решать задачи в этой области. На примере создания важной интеграционной компоненты информационной системы управления – системы электронного документооборота, попробуем посмотреть, какую роль имеют процессы, его отражающие, с учетом использования технологий работы со знаниями.

Интеллектуальный документооборот есть саморазвивающейся, самообучающейся и саморегулирующей системой. Для реализации подобных свойств система электронного документооборота должна включать либо механизмы генетического наследования и классификации, либо инструменты извлечения знаний из неструктурированной информации, механизмы накопления и обработки статистической информации, в частности информации, возникающей в процессе согласования документов или движения служебных записок. Интегрированная модель представления знаний, положенная в основу системы интеллектуального документооборота, помимо знаний о формировании структуры и шаблонов документов, а также знаний о формировании маршрутных схем движения документов должна содержать лингвистические смысловые знания и знания о ПО, включая знания об объекте, субъекте, задачах и процессах управления. Это возможно, когда задействованы следующие интел-

лектуальные технологии: накопление знаний для поддержки принятия решений – создание БЗ, оценка полноты, целостности и непротиворечивости множества документов (аппарат формальной логики), систематизация потоков документов (механизм кластеризации и классификации), автоматизированный поиск ответов на запросы (генерация ответов путем семантического анализа текста запроса), накопление знаний для поддержки принятия оптимальных решений (создание БЗ), нейронные сети (задачи распознавания и классификации документов).

Имея такие технологии, появится возможность представлять знания и проводить на их основании рассуждения, поскольку это позволяет вырабатывать приемлемые решения в самых различных ситуациях. При этом необходимо обладать способностью формирования понятных предложений на естественном языке.

Концепция реализации систем интеллектуального моделирования для принятия оперативных решений

Предлагается вариант концепции реализации систем интеллектуального моделирования для принятия оперативных производственных решений, когда происходит объединение технологий имитационного моделирования, успешно зарекомендовавших себя для определенных классов задач оперативного управления на практике, и технологий ИИ, связанного с разработкой систем, основанных на знаниях.

Такие системы включают в себе как знания, необходимые для квалифицированного проведения исследований по имитационному моделированию объектов соответствующих классов, так и знания управленческого персонала, реализующих собственно управление. Тем самым значительно расширяются границы применения методов имитационного моделирования: от пользователей подобных систем уже не требуется специальных знаний в области программирования и имитационного моделирования.

Программное обеспечение имитационного моделирования и интерфейс должны быть удобными для пользователя, скорее всего не имеющего предварительной специальной (в данном контексте математической) подготовки в этой

области. Принятие всех решений в области имитационного моделирования – при создании модели, при планировании имитационных экспериментов, при анализе их результатов – должно быть максимально автоматизировано. В то же время пользователь должен иметь возможность отслеживать принимаемые системой решения и корректировать их. Средства имитационного моделирования должны максимально включать требуемые знания и опыт создания модели в программное обеспечение системы моделирования, а также использовать методы обработки знаний для работы с ними.

Технология работы со знаниями для систем принятия оперативных решений

Прежде всего, использование знание-ориентированных технологий (ЗОТ) требуют онтологического описания предметной области и умения создать предметную онтологию, т.е. описать понятия процессов моделирования и их взаимоотношения. Описать понятия – это значит дать им определение и установить их свойства. При описании взаимоотношений между понятиями необходимо определить характер этих отношений. Для отслеживания процесса формирования онтологии, введем в нее отдельные разделы, которые будем заполнять по ходу анализа задачи ПО. Первоначально такими разделами будут: «Общий список понятий», «Определения», «Термины для описания свойств», «Термины для описания отношений», которые мы можем дополнять другими разделами, если в этом возникнет необходимость [12].

При выполнении анализа задач ПО и формирования разделов онтологии поступим следующим образом. Вначале опишем задачу ПО на понятийном уровне, а затем на уровне семантических и структурных отношений между этими понятиями. При этом воспользуемся понятиями, используемыми при описании задачи, и назовем это онтологией первого уровня. Затем проведем анализ алгоритма решения задачи и структуры входных и выходных данных и создадим онтологию второго уровня. Если при этом будет недостаточно имеющейся информации для таких описаний, то в этом случае воспользуемся теми знаниями о решении задачи, которые

мы имеем, но еще не успели выразить даже в описательном виде. Подробно механизм онтологического проектирования и построения знание-ориентированных технологий на примере систем управления цехом описан в работах [11–12].

Использование онтологии как единой модели знаний позволяет интегрировать разнородные информационные ресурсы в рамках портала системы управления знаниями (СУЗ), обеспечивая единый подход к описанию семантики знаний. Модель используется для составления описаний объектов СУЗ и построения поисковых запросов с учетом смысла понятий для ориентации в предметной области при обучении.

В нашем случае, структурирование знаний представлено как процесс организации знаний, полученных от аналитиков в виде поля знаний. Формализация знаний реализована в виде онтологий и формальных моделей: семантической, логической, продукционной, фреймовой. Интерфейс пользователя определен и реализован как система программных и аппаратных средств, обеспечивающих конечного пользователя. Эта совокупность средств интеллектуального интерфейса имеет гибкую структуру, которая обеспечивает возможность адаптации в широком спектре интересов конечных пользователей. Разработанная подсистема приобретения знаний предназначена для пополнения БЗ новыми правилами и модификации имеющихся. В ее задачу входит приведение правила к виду, позволяющему подсистеме вывода применять это правило в процессе работы. Предусмотрены средства для проверки вводимых или модифицируемых правил на непротиворечивость с имеющимися правилами.

Таким образом, ИС на знаниях решает задачи путем манипулирования знанием, закодированным и полученным от аналитиков. Такая система состоит из четырех основных компонентов:

- БЗ (или множества правил) и ситуационной модели;
- механизма выявления знаний (например, цеховой монитор);
- механизмов вывода и управления для выработки заключений;
- пользовательский интерфейс.

Для описанного примера оперативного принятия решений знание, представляющее производственную среду, для которой разрабатывается календарный план, содержится в базе или БЗ. База знаний – собрание фактов о предметной области и правил, которые могут быть использованы, чтобы найти зависимости, относящиеся к этим фактам.

Несмотря на то, что существует несколько способов представления знаний, общим для всех их является то, что знания представлены в символической форме (элементарные компоненты представления знаний – это тексты, списки и другие символические структуры). Тем самым реализуется принцип символической природы рассуждений, который заключается в том, что процесс рассуждения представляется как последовательность символических преобразований. Новые факты, поступающие в БЗ, есть результатом вывода к имеющимся фактам. Основу системы составляет подсистема логического вывода, которая использует информацию из БЗ, генерирует рекомендации по решению искомой задачи. Для представления знаний использована система продукций и семантические сети. Допустим, БЗ состоит из фактов и правил (ЕСЛИ <посылка> ТО <заключение>). Если система определяет, что посылка верна, то правило признается подходящим для данной консультации, и оно запускается в действие.

Цель системы – вывести некоторый заданный факт, который называется целевым утверждением (т.е. в результате применения правил добиться того, чтобы этот факт был включен в рабочее множество), либо опровергнуть этот факт (т.е. убедиться, что его вывести невозможно, следовательно, при данном уровне знаний системы он есть ложным). Целевое утверждение либо *заложено* заранее в БЗ системы, либо извлекается системой из диалога с пользователем. Работа системы представляет собой последовательность шагов, на каждом из которых из базы выбирается некоторое правило, которое применяется к текущему содержимому рабочего множества. Цикл заканчивается, когда выведено либо опровергнуто целевое утверждение. Цикл работы иначе называется логическим выводом.

Технология принятия решений по прецедентам и вывод по ним для управления объектом

Для оперативного управления при принятии решений вместо БЗ могут быть использованы прецеденты и вывод по ним для УО. Прецедент – это описание проблемы или ситуации в совокупности с подробным указанием действий, предпринимаемых в данной ситуации или для решения данной проблемы. Прецедент включает: описание проблемы, решение этой проблемы, результат (обоснованность) применения решения.

Проблема представления прецедента – это, прежде всего, проблема решения: что сохранить в прецеденте; как находить соответствующие структуры для описания содержания прецедента и выбора способа организации; как индексировать БЗ прецедентов для эффективного поиска и многократного использования. Вывод на основе прецедентов – это метод принятия решений, в котором используются знания о предыдущих ситуациях или случаях (прецедентах). При рассмотрении новой проблемы (текущего случая) находится похожий прецедент в качестве аналога.

Различают два направления в развитии систем поддержки принятия решений: вывод, основанный на правилах, и вывод, основанный на прецедентах. Практически все ранние экспертные системы моделировали процесс принятия экспертом решения как чисто дедуктивный процесс с использованием вывода, основанного на правилах. Это означало, что в систему закладывалась совокупность правил вида «ЕСЛИ ... ТО ...», согласно которым на основании входных данных генерировалось то или иное заключение по интересующей проблеме. Такая модель стала основой для создания экспертных систем первых поколений, достаточно удобной как для разработчиков, так и для пользователей–экспертов. Однако с течением времени было осознано, что дедуктивная модель моделирует один из наиболее редких подходов, которому следует эксперт при решении проблемы. Идея вывода по правилам подразумевает наличие хорошо формализованной задачи, для которой существуют научные методы, доказавшие свою применимость и позволяющие получить решение, не требующее дополнительных доказательств.

Однако существует много слабо формализованных задач, для которых, возможно, не будут найдены решения. На самом деле, вместо того чтобы решать каждую задачу, исходя из первичных принципов, эксперт часто анализирует ситуацию в целом и вспоминает, какие решения принимались ранее в подобных ситуациях. Затем он либо непосредственно использует эти решения, либо, при необходимости, адаптирует их к обстоятельствам, изменившимся для конкретной проблемы. Моделирование такого подхода к решению проблем, основанного на опыте прошлых ситуаций, привело к появлению технологии вывода, основанного на прецедентах (*Case-Based Reasoning*, или *CBR*), и в дальнейшем – к созданию программных продуктов, реализующих эту технологию.

Вывод на основе прецедентов – это метод принятия решений, в котором используются знания о предыдущих ситуациях или случаях (прецедентах). При рассмотрении новой проблемы (текущего случая) находится похожий прецедент в качестве аналога. Можно попытаться использовать его решение, возможно, адаптировав к текущему случаю, вместо того чтобы искать решение каждый раз сначала. После того, как текущий случай будет обработан, он вносится в базу прецедентов вместе со своим решением для его возможного последующего использования.

Описание проблемы должно содержать всю информацию, необходимую для достижения цели вывода. Например, если цель начальника цеха – диагностировать сбой работы оборудования, то информация должна содержать симптомы этих сбоев, их частоту, изношенность, хронологию состояния. Все этапы примененных к оборудованию рекомендаций того, что можно сделать, чтобы избежать отказов, сохраняются в описании решения. Исход как результат применения решения – это обратная связь, полученная от применения решения. Описание результата содержит перечень того, что выполнено, результат – способ восстановления (в случае отказа), а также перечень того, что можно сделать, чтобы избежать отказа.

Как уже говорилось в начале статьи, одна из важнейших проблем создания систем управле-

ния предприятием – задача автоматизации умственного труда управленческого работника, принимающего решения на основе рассуждений. Для этих целей могут быть использованы технологии образного мышления, развиваемые в последнее время как новые высокопродуктивные технологии [1–7].

Технологии образного мышления для оперативного принятия решений

В основе выделения образа лежит способность мышления улавливать объективное сходство между предметами. Выявление объективного сходства между предметами лежит в основе существования таких понятий, как интеллект и искусственный интеллект, которые используют знания для построения рассуждений. Человек оперирует рассуждениями. В процессе познания действительности он формирует определенные образы, адекватные реальным объектам и ситуациям, для реализации поставленных целей и решения конкретных практических задач. Образ рассматривается как основа восприятия, представления, воображения, мышления, памяти в структуре новых знаний. Для владения реальностью, человек использует различные формы познания действительности, в том числе восприятие и интеллект. Результатом этих форм познания действительности есть различные знания: при восприятии – отдельные знания, при форме познания – интеллект – структурированные знания.

Технология принятия управленческих решений по ситуациям

Она включает в себя следующие модули:

- ввод и корректировка признаков *проблемных ситуаций*, а также соответствующих наборов управленческих решений;
- обнаружение проблемных ситуаций;
- выбор набора оптимальных управленческих решений и в отдельных случаях принятие (исполнение) этих решений;
- оценка эффективности принятых управленческих решений;
- ведение истории по каждой конкретной проблемной ситуации, и в случае необходимости использование ее при принятии решения.

БЗ содержит следующие данные:

- перечень всех зарегистрированных в системе проблемных ситуаций;
- признаки, по которым можно обнаружить проблемные ситуации;
- набор оптимальных управленческих решений для разрешения конкретной проблемной ситуации;
- критерий, по которым следует оценить эффективность отдельных управленческих решений по устранению конкретной проблемной ситуации;
- историю принятых управленческих решений по каждой конкретной проблемной ситуации.

В процессе эксплуатации интеллектуальная информационная система предлагает набор управленческих решений, и менеджер принимает конкретное управленческое решение. Если принятое решение было выбрано из предложенного системой набора, то в БЗ заносится соответствующая отметка о том, что решение принято к исполнению. Если же принимается какое-либо другое решение, отсутствующее в предложенном системой наборе, то такое решение включается в набор управленческих решений по данной проблемной ситуации, после чего система в соответствии с установленными критериями будет оценивать эффективность принятых управленческих решений по данной проблемной ситуации. При этом следует отметить, что если результаты от принятия конкретного решения для некоторых проблемных ситуаций могут быть выявлены сразу же, – то для отдельных проблемных ситуаций может потребоваться определенный срок, прежде чем появится возможность оценить эффективность от принятия того или иного управленческого решения. Точно так же следует различать факт исчезновения признаков проблемной ситуации от факта получения окончательных результатов до разрешения конкретной проблемной ситуации, хотя в отдельных случаях они могут совпадать и по времени, и по содержанию.

По каждой конкретной проблемной ситуации ведется учет всех принятых управленческих решений и оценки их эффективности с момента первого возникновения до полного ее разре-

шения. При этом набор управленческих решений по данной проблемной ситуации ранжируется в соответствии с их оценками эффективности, и эти оценки в дальнейшем будут учитываться в процессе принятия решений. Тем самым подсистема «Интеллектуализация управленческих решений» включает в себя элементы самообучения, т.е. в процессе функционирования она будет накапливать профессиональные навыки и способности в виде опыта прошлого. С включением этой подсистемы в автоматизированную систему принятия решений коренным образом меняется технология решения управленческих задач. Если при традиционной технологии управления менеджер приступает к поиску решений только после возникновения определенной проблемной ситуации и как правило, в условиях острой нехватки времени, то в интеллектуальных информационных системах управления специалист ПО заранее может формировать БЗ по проблемным ситуациям без спешки и основательно, а в дальнейшем система будет следить за возникновением проблемных ситуаций и поиском приемлемых управленческих решений. При этом единожды введенная в БЗ проблема может быть решена неоднократно по мере ее возникновения, более того, с учетом результатов предыдущих решений система постепенно становится не только более опытной, но с ее расширением даже и *умной*.

Технология принятия оперативных решений с помощью интеллектуального анализа данных

В общем случае процесс интеллектуального анализа данных (ИАД) состоит из трех стадий:

- выявление (поиск) закономерностей. Выявление закономерностей состоит в просмотре базы данных с целью автоматического выявления зависимостей. Проблема заключается в отборе действительно важных зависимостей из огромного числа существующих в БД;
- использование выявленных закономерностей для предсказания неизвестных значений (прогностическое моделирование). Прогнозирование предполагает, что пользователь может предъявить системе записи с незаполненными полями и запросить недостающие значения.

Система сама анализирует содержимое базы и делает правдоподобное предсказание относительно этих значений;

- анализ исключений, предназначенный для выявления и толкования аномалий в найденных закономерностях. Это процесс поиска подозрительных данных, сильно отклоняющихся от устойчивых зависимостей.

В системах ИАД применяется чрезвычайно широкий спектр математических, логических и статистических методов: от анализа деревьев решений до нейронных сетей.

Интеллектуальная подсистема бизнес-анализа данных представлена на рисунке.

БИЗНЕС-АНАЛИЗ ДАННЫХ



Построение модели ИАД – часть более масштабного процесса, в который входят задачи: от формулировки вопросов относительно данных и создания модели для ответов на эти вопросы до развертывания моделей в рабочей среде. Этот процесс можно разделить на следующие этапы:

- понимание и формулировка задачи анализа. На этом этапе происходит осмысление поставленной задачи и уточнение целей, которые должны быть достигнуты методами ИАД. Правильно сформулированные цели и адекватно выбранные для их достижения методы в значительной степени определяют эффективность всего процесса;

- подготовка данных для анализа, т.е. приведение данных к форме, пригодной для применения конкретных выбранных методов ИАД.

Как правило, это самая продолжительная часть по времени. Этот этап включает в себя консолидацию данных из источников данных, очистку данных и их подготовку в форме структуры, приемлемой для ИАД;

- просмотр данных;

- выбор и создание модели. Используемая модель выбирается в соответствии с целями проекта ИАД. Сценарии её применения могут быть самыми различными и включать сложную комбинацию разных методов, особенно если используемые методы позволяют проанализировать данные с разных точек зрения;

- исследование построенных моделей и проверка их эффективности;

- интерпретация моделей человеком с целью их использования для принятия решений, добавления полученных правил и зависимостей в БЗ.

Заключение. Сложность системы производственного управления заключается в том, что в ее составе имеются подсистемы и элементы с явно выраженными локальными свойствами. Связь между ними осуществляется не только непосредственно, но и опосредованно. При этом система должна быть устойчива к изменениям внешней среды и всевозможным внутренним изменениям. Однако согласованное взаимодействие отдельных частей системы, сформированное для достижения цели, периодически нарушается. Этому способствуют динамические процессы глобализации экономики, вызывающие неустойчивость систем управления. Этот же процесс может происходить и в результате новых требований экономического рынка, а также инновационных преобразований технической базы производства.

В статье предложены новые идеи, более совершенные методы и инструментарий, способный помогать принимать решения управленческому персоналу. Таким инструментарием могут быть средства интеллектуального моделирования, которые для систем автоматизации представляют собой сложную проблему. Для их разрешения предложены подходы, в частности, интеллектуальная информационная технология на примере задач документооборота, оперативного управления, бизнес-анализа.

Результаты работы могут быть использованы как руководителями промышленных предприятий, так и научными организациями, в качестве теоретической и методологической основы в процессе исследования и реализации подходов к управлению предприятиями различного профиля. Они могут быть полезны также в задачах управления инновационными процессами и обучения аспирантов и студентов.

1. Гриценко В.И., Тимашова Л.А. Технологии принятия решений в условиях систем интеллектуального уп-

- равления бизнесом // Мат-ли шк.-сем. «Перспективні технології прийняття рішень в умовах систем інтелектуального управління бізнесом», Жукин, 30 черв. – 5 лип. 2014 р., Київ – 2014. – С. 4–14. – http://www.irtc.org.ua/Inform/190_2014.pdf
2. *Мейтус В.Ю.* Проблемы создания интеллектуальных систем управления производством // Там же. – С. 15–30.
 3. *Поспелов Д.А.* Моделирование рассуждений. Опыт анализа мыслительных актов. – М.: Радио и связь, 1989. – 184 с.
 4. *Мороз О.Г., Степанко В.В.* Огляд гібридних структур МГУА-подібних нейронних мереж та генетичних алгоритмів // Індуктивне моделювання складних систем. – К.: МННЦ ІТ та С. – 2015. – 7. – С. 173–191.
 5. *Интеллектуальные технологии в системах управления предприятиями* / Л.А. Тимашова, Л.П. Тур, В.А. Лещенко и др. // Мат-лы XV междунар. конф. по автоматическому управлению «Автоматика–2008» – Одесса: ОНМА, 2008. – С. 597–601. – с:<<http://auto2008.onma.edu.ua/dl/program.doc>>
 6. *Капитонова Ю.В., Скурихин В.И.* О некоторых тенденциях развития и проблемах искусственного интеллекта // Кибернетика и систем. анализ. – 1999. – № 1. – С. 43–50.
 7. *Леценко В.А.* Онтологический подход к построению интеллектуальных решений // Интеллектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту (ISDMCT2010): Мат-ли Міжнар. наук. конф., Херсон: ХНТУ, – 2010. – С. 266–268.
 8. *Построение ситуационных решений с использованием знаний* / Л.А. Тимашова, Л.П. Тур, В.А. Лещенко и др. // Мат-ли XIX міжнар. конф. з автоматичного управління «Автоматика – 2012» – К.: НУХТ, 2012. – С. 445–446.
 9. *Тур Л.П., Леценко В.А., Тимашова Л.А.* Использование формальных моделей для представления знаний в системах поддержки принятия логистических решений // Мат-ли шк.-сем. «Перспективні технології прийняття рішень в умовах систем інтелектуального управління бізнесом», Жукин, 30 черв. – 5 лип. 2014 р., К. – 2014. – 215 с. – http://www.irtc.org.ua/Inform/190_2014.pdf
 10. *Модели проектирования и управления логистикой виртуального предприятия* / Л.А. Тимашова, Л.П. Тур, В.А. Лещенко и др. – К.: МНУЦИТиС, 2009. – 115 с.
 11. *Построение ситуационных логистических решений в онтологическом пространстве интеллектуальных систем управления предприятием* / Л.П. Тур, Л.А. Тимашова, В.А. Лещенко и др. // Мат-ли 1-й междунар. науч.-техн. конф., Черкассы, 10–13 мая 2011 г. – Черкассы: Маклаут, 2011. – С. 389–390.
 12. *Леценко В.А., Морозова А.И.* Применение объектно-структурного подхода для построения поля знаний интеллектуальной системы управления производством машиностроительного предприятия // Мат-ли 1-ї міжнар. наук.-техн. конф. «Обчислювальний інтелект» (ОІ-2011) – Черкаси, 10–13 трав., 2011. – С. 332–333.
 13. *Технология извлечения знаний, ориентированная на образное представление цехового управления* / В.А. Лещенко, А.И. Морозова, Л.Ю. Таран и др. // Мат-лы III междунар. конф. «Вычислительный интеллект: результаты, проблемы, перспективы», *ConIn t*–2015, Киев, Черкассы. 12–15 мая 2015 г., Черкассы – 2015. – 2 с.
 14. *Інформаційні системи для сучасних бізнес-аналітиків* / Л.А. Тимашова, Л.А. Бондар, В.А. Лещенко та ін. – К.: АПСВ, 2005. – 483 с.
 15. *Модели извлечения и структурирования знаний* / Л.А. Тимашова, А.И. Морозова, В.А. Лещенко и др. // Індуктивне моделювання складних систем. – К.: МННЦ ІТ та С НАНУ, 2015. – 7. – С. 240–258.
 16. *Экономико-математические методы и прикладные модели: Учеб. пособие* / В.В. Федосеев, А.Н. Гармаш, Д.М. Дайитбегов и др. — М.: ЮНИТИ, 1999. – 391 с.

E-mail: dep190@irtc.org.ua
© Л.А. Тимашова, 2016

UDC 65.011.56

L.A. Timashova

Intellectualization Problems of Solving Modeling and Control Tasks for Production Processes

Methods. Existing computer-aided facilities are not always ready for the high-quality solving of the management problems, that are different from traditional problems in an algorithmic way. The intelligent modeling aids can be such a tool.

Purpose. The approaches for the intelligent modeling include the use of both classic mathematical methods (fuzzy sets, multiagent systems, genetic algorithms and methods) and development of models for mentation as the main function of human intelligence. The classic methods mentioned above work efficiently under conditions of uncertainty of the management processes.

A concept version for the intelligent modeling systems realization to make the executive production decisions is proposed. The simulation and artificial intelligence technologies are united. The simulation technologies proved to be efficient for the certain classes of day-to-day management problems. Artificial intelligence deals with the development of the systems based on knowledges.

Such systems include both knowledges necessary for qualified research for the simulation of the corresponding classes objects and knowledges of the personnel management that makes management decisions. Thus, the limits of simulation application methods extend considerably because the end-users of these systems should not have any special knowledge in the field of programming and simulation anymore.

Conclusion. The results of this research can be used as a theoretical and methodological base by the enterprises managers, scientific bodies in the process of research and realization of the approaches for management of enterprises to control the innovation processes, to teach students and post-graduate students.