

Интеллектуализация систем управления предприятием

Рассмотрена проблема построения систем управления предприятием с использованием понятий, связанных с интеллектом первого уровня и интеллектуальными системами. Определены классы соответствующих задач. Предложена общая схема представления знаний для предметной области, заданной в виде топологического пространства. Рассмотрена проблема создания интеллектуальной системы управления предприятием и схема построения такой системы.

Ключевые слова: интеллект, интеллектуальная система, интеллектуальное моделирование, система управления предприятием, знания.

Розглянуто проблему побудови систем управління підприємством з використанням понять, пов'язаних з інтелектом першого рівня та інтелектуальними системами. Визначено класи відповідних задач. Запропоновано загальну схему подання знань для предметної області, заданої у вигляді топологічного простору. Розглянуто проблему створення інтелектуальної системи управління підприємством і схема побудови такої системи.

Ключові слова: інтелект, інтелектуальна система, інтелектуальне моделювання, система управління підприємством, знання.

Введение. Уровень развития любой цивилизации определяется ее возможностями создания сложных систем (древний Египет, цивилизация майя, древний Китай). Свидетельством этого чаще всего являются сооружения, построенные тысячи лет тому назад и сохранившиеся до наших времен. Впрочем, с цивилизационными достижениями связаны и организационные решения, например, государственные или военные структуры, письменные или архитектурные памятники, научные результаты и открытия.

Каждая цивилизация при этом имеет свой жизненный цикл, проходит последовательные уровни развития, совершенствуя и развивая полученные ранее решения. Одно из существенных направлений развития современного общества – его стремление к разработке новых технических средств, расширяющих возможности человека. Это – глубокое проникновение в структуру окружающей нас материи, исследование элементарных частиц, новых химических соединений, биологические исследования на уровне генов и отдельных молекул, создание новых электронных компонент для современных и перспективных компьютеров, разработка виртуального окружения, совершенствующего восприятие человеком внешней среды.

Другое направление – совершенствование средств восприятия окружающей нас мира, со-

здание космических телескопов, посылка зондов к далеким планетам, исследование природы космических астероидов, создание космических средств исследования Земли, разработка средств моделирования виртуальных сред.

Одновременно с развитием сложных технических систем, функции которых осуществляются без необходимости постоянного вмешательства человека, наступает время создания научных и производственных систем, эффективность которых не зависела бы от непосредственного участия управляющего персонала. Другими словами, речь идет о создании систем, наделенных интеллектом, рассматриваемым как способность решать задачи и самостоятельно формировать свое поведение, адекватное окружающим условиям. А из существующих многочисленных возможных направлений, определяемых интеллектуализацией систем, будем говорить об интеллектуализации систем управления производственными комплексами.

Эта проблема весьма актуальна, если оценить число вновь создаваемых и быстро развивающихся предприятий в современном мире. Или предположить, какое количество банков, фирм, корпораций демонстрируют убыточные годовые балансы, связанные с принятием неудачных решений и неэффективным управлением. Не говоря уже о целых странах,

вынужденных прибегать к колоссальным займам для восстановления своей экономики, разрушенной неквалифицированным человеческим вмешательством. До сих пор остается нерешенной проблема малоэффективного социального управления, приводящего к внутренним конфликтам в современном обществе.

Потенциально существует надежда скорого создания сложных систем, основанных на использовании компьютеров, успешно решающих задачи современного управления на основе встроенных в эти системы новых качеств, в сумме рассматриваемых как интеллектуализация систем. В настоящей статье предлагается один из вариантов подхода к решению этой проблемы.

Предметная область

Предполагается, что любая сложная система, действующая во внешней среде, всегда имеет набор ограничивающих ее факторов и свойств, выделяющих из среды некоторую область, в которой задаются условия решения задач этой системой. Выделяемая область имеет свою структуру, свои объекты, свойства и особенности. Такие области вместе с совокупностью их качеств называются *предметными областями* (ПО).

Поведение системы в ПО определяется последовательностью поставленных задач, из композиций решений которых складывается такое поведение. Собственно задачи в ПО задаются или парой областей в ПО, из которых одна рассматривается как условие задачи, а другая как ее результат. Решение – это путь в ПО, связывающий эти области. Возможны также задачи, определяемые одной областью, в которой изменяются заданные параметры. А задача состоит в поиске некоторых желаемых значений параметров, причем эти значения удовлетворяют определенным ограничениям в этой области. Примером может служить поиск некоторого оптимального значения для рассматриваемых параметров системы.

Например, для системы, создаваемой для управления предприятием, ПО – это все предприятие, рассматриваемое как структура взаимосвязанных между собой подразделений. Либо предприятие вместе со своим окружением – поставщиками, соисполнителями продукции, включая потенциально возможных покупателей,

финансовые учреждения, кредитующие предприятие, другие предприятия, поставляющие оборудование и технологии.

В условиях детализации работы отдельных цехов и служб предприятия предметными областями являются именно эти цеха и службы, обменивающиеся своими продуктами внутри предприятия или корпорации. Такие цеха, бюро, службы, со своими задачами и обеспечением могут рассматриваться функционально независимо от остальных подразделений предприятия как самостоятельные ПО, для которых создаются свои системы управления. Эти ПО обычно дополняются структурами, отражающими взаимодействие цеха со вспомогательными подразделениями. Так и бывает в реальных условиях создания системы управления предприятием, для которой основная система ставит задание, координирует и проверяет работу более мелких систем.

В общем случае ПО представляется как многослойная структура, где каждый слой соответствует определенному виду деятельности, выполняемой на предприятии (рис. 1, I блок). Каждый слой в такой структуре может распадаться на свои дополнительные слои. Так, на производстве как части ПО существуют свои подслои (см. рис. 1, II блок). Наконец, в современной интерпретации ПО представляется в виде множества бизнес-процессов, каждый из которых ответствен за выпуск конкретного продукта на предприятии.

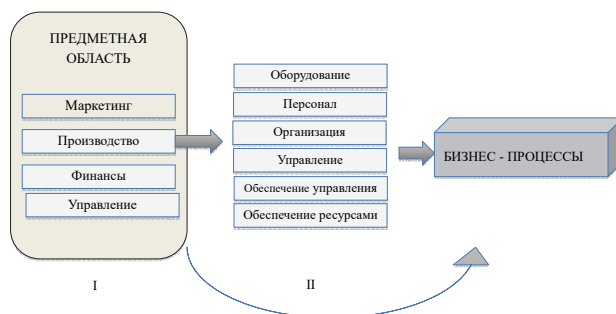


Рис. 1

Каждая ПО существует по своим внутренним правилам и законам, которые в зависимости от условий ПО могут изменяться (динамические ПО) или сохраняться постоянными (статические ПО).

Любая ПО, принадлежащая окружающему миру, имеет бесчисленное множество различных свойств и характеристик. Хотя обычно для решения конкретных задач не требуется знание и учет всех этих свойств. Поэтому для конкретных систем и ПО строится модель ПО, в которой фиксируется заданный набор некоторых факторов. Тогда поставленная задача решается в модели с учетом только этих факторов и связывающих их условий, что позволяет повысить эффективность решения задач, хотя сокращение используемых показателей в действительности может оказать существенное влияние на результат решения задач.

Примером могут служить экономические процессы, сложность и многогранность которых приводит к существенным проблемам в прогнозировании ожидаемых параметров, например курсов валют, цен на золото, нефть, энергию, спроса на минеральные ресурсы, развитие технологий. Поэтому, к сожалению, не очень эффективным оказывается прогнозирование экономических показателей на основе их предыдущих значений – слишком существенно меняются во времени условия и характеристики формирования этих показателей.

Во многом это относится и к управлению предприятиями, для которых система управления, обеспечивающая процветание предприятия в один период времени, в одной экономике может приводить к ошибочным решениям и наносить ущерб деятельности предприятия в другой период. Многочисленные примеры компаний, корпораций, банков, которые терпят многомиллиардные убытки после периода бурного роста, подтверждают этот тезис. Сегодня общество сталкивается с убытками, казалось бы, «вечных» нефтяных, автомобильных, компьютерных гигантов и целых экономик.

Выходом из сложившейся ситуации, по крайней мере для крупных предприятий, может стать совершенствование систем управления, основанное на их интеллектуализации, что позволило бы предприятиям своевременно реагировать на возникшие изменения и учитывать их в своей деятельности.

Интеллект и интеллектуальное моделирование

Успех развития современной цивилизации в первую очередь обеспечен тем, что специалисты, определяющие ее развитие, обладают интеллектом. Будем говорить, что *интеллект* – это свойство высоко организованного субъекта, позволяющее ему адекватно моделировать ПО и успешно решать задачи, относящиеся к этой области на уровне создаваемой модели. Существуют разные уровни интеллекта, которые определяются тем, какие ПО рассматриваются и насколько адекватно субъект может их моделировать, и тем, какие задачи в этих областях он решает [1].

Интеллект нулевого уровня (0-Интеллект) – это способность решать задачи в фиксированной модели ПО. Собственно модель предполагается заданной и неизменной. А интеллект определяется методами решения задач в ПО и способами их поиска и комбинирования. Этот вид интеллекта достаточно продуктивен и успешно используется в процессе обучения, например в школе, и последующего существования человека в обществе.

Более сложен интеллект первого уровня (1-Интеллект). Приведем его определение [2]. *1-Интеллект – это неотъемлемое качество субъекта, ориентированного на взаимодействие с различными ПО, составляющими внешнюю среду. Это качество позволяет субъекту адекватно моделировать ПО и эффективно решать задачи, поставленные в этой области. Для этого субъект использует свой когнитивный опыт, сохраненный в виде системы знаний о свойствах ПО и способах решения задач в ней, расширяемый путем применения алгоритмов анализа внешней и внутренней информации с последующим синтезом знаний о ПО на основе этой информации.* Поскольку в дальнейшем рассматривается только интеллект этого уровня, то символ «1» чаще всего будем опускать.

1-Интеллект в отличие от 0-Интеллекта предполагает возможность постоянного отслеживания состояния процессов, протекающих в ПО, внесения изменений в структуру модели ПО, корректировку модели, модификацию ее со-

ставляющих, установление новых связей между элементами модели. Последующие уровни интеллекта пока не рассматриваются.

Слово *интеллектуальный* можно объединить с любым понятием, например система, технология, субъект, объект, функция, процесс, моделирование, что предполагает расширение свойств и качеств этого понятия системы или процесса вследствие добавления к общему списку характеристик этого понятия новых свойств, определяемых тремя основными дополнительными механизмами поведения. Эти механизмы, которые назовем механизмами *интеллектуальной обработки*, предполагают:

во-первых, быструю ориентацию, адаптацию системы или субъекта, к условиям ПО при попадании в среду, состоящую из разных ПО, или в случае изменения ПО. Этот механизм особенно существен тогда, когда неблагоприятные факторы, возникшие в ПО, могут кардинально изменить условия функционирования системы и необходимо быстро перестроиться, чтобы обеспечить выживание системы в соответствующих условиях.

Во-вторых, адаптацию этой системы (технологии, субъекта, функции, процесса) к процессам, представленным в модели заданной ПО, и использование свойств этой области для корректировки, уточнения, изменения действий системы, представляемой расширяемым или изменяемым процессом, условием, понятием в этой области. Такой механизм позволяет встраивать новые средства в систему, действующую в ПО, согласовывать ее поведение с изменяющимися особенностями и свойствами ПО, оптимизировать ее поведение путем адаптации модели к изменившейся ситуации.

В-третьих, модификацию модели заданной ПО за счет других областей, составляющих окружающую среду и связанных с рассматриваемой ПО. Этот механизм расширяет возможности моделирования ПО, позволяя использовать и адаптируя ранее созданные модели, относящиеся к другим ПО, путем их переноса в существующую модель с соответствующей корректировкой к условиям ПО.

Так, например, процесс моделирования объекта предполагает использование некоторой ме-

тодологии, с помощью которой может быть построена модель объекта. В работе [2] предлагается процесс моделирования рассматривать как построение некоторой структуры, связывающей выбранные элементы и области основного пространства, служащего базой построения модели. Для 1-Интеллекта это обычно векторное или в более общем случае топологическое пространство не очень большой размерности.

Если речь идет об *интеллектуальном моделировании*, то значит, что процесс моделирования должен дополнительно включать в себя способы, с помощью которых в модели реализуются рассмотренные выше механизмы адаптации модели к ПО. При этом модель ПО может быть расширена включением в нее свойств, ранее не учитываемых при построении модели.

Конкретное задание процесса интеллектуального моделирования существенно зависит от той ПО, которая моделируется в настоящий момент. Составляющие этого процесса будут различаться для случаев, когда, например, ПО – это шахматная доска со стандартным набором фигур или ПО – цех машиностроительного предприятия, или ПО – пространство с заданной на нем геометрией, или ПО – множество, для которого определена структура ассоциативного кольца над полем действительных чисел.

Наиболее простой вариант создания АСУ механосборочным цехом базируется на предположении, что в основу бизнес-процесса производства каждого продукта положена его технология, заданная соответствующей документацией, существует необходимое оборудование и персонал в цеху, а задача системы управления состоит в отслеживании и корректировке процессов. Возможные расхождения в выполняемых работах устраняются путем использования резервов цеха, а наблюдение за выполняемыми работами отслеживается специальными сотрудниками, начиная от учетчиков и кончая руководством цеха. Эти расхождения могут возникать в связи с нарушениями рабочих процессов, начиная со снабжения технологических операций, нарушений технологической дисциплины, вынужденной замены оборудования, и кончая изменениями в составе бизнес-процессов

или включением новых заданий, приводящих к изменению общего числа бизнес-процессов.

Интеллектуальная система управления предприятием, связанная с управлением производством, например ИСУ цехом, реализуется как система управления бизнес-процессами (СУБП), выполняемыми в этом цеху. Сама СУБП распадается на множество систем управления отдельными БП и согласование управления разными БП в рамках общей СУБП. Особенность каждой системы управления, определяемой отдельным БП, заключается в том, что она управляет на уровне отдельных элементов производства – станков и персонала, на уровне складов и кладовых, на уровне отдельных исполнителей и руководителей подразделений цеха и формирует свое поведение, учитывая реальные возможности и состояние цеха. Это отличает интеллектуальную систему от обычной АСУ.

В формальном представлении БП каждый элемент служит некоторым параметром, который учитывается при оптимизации поведения системы. Количество таких параметров, естественно, велико, но именно в этом и заключается преимущество использования компьютеров и соответствующей базы знаний.

Для формализации представления БП используется специальный язык, который обозначим символом \mathcal{L} , интерпретируемый в области, задаваемой словами языка описания предприятия. Язык \mathcal{L} включает в себя:

- множество индивидуальных вневлогических констант, которые обозначаются символами a, b, c, \dots с индексами, если необходимо отличать a_i от a_j ;
- множество индексированных предикатных констант P_i ($i = 0, 1, \dots$);
- логические константы (операции): \neg (не), \wedge (конъюнкция), \vee (дизъюнкция), \supset (импликация) [3].

Индивидуальные константы являются символами объектного языка \mathcal{L} , семантические значения которых – сущности, представляемые словами, входящими в описание области задания бизнес-процессов. Например, эти сущности для механосборочного цеха описываются словами:

склад, кладовая, фрезерный, сверлильный или шлифовальный станок, пресс, сборочная рама, слесарь, станочник, кладовщик, учетчик, мастер и пр. Если включается определенный персонал, то фамилии соответствующих сотрудников цеха заносятся в список сущностей, которые могут присваиваться индивидуальным константам.

Язык содержит также предикатные константы (обозначаемые P_k). Семантические значения предикатных констант являются множествами. При этом отметим, что предикатные константы могут иметь различную аридность, что позволяет с их помощью задавать сложные отношения между семантическими значениями индивидуальных констант, связанных с представлением БП цеха.

Семантические значения логических констант задаются известными в логике функциями, связанными с рассматриваемыми операциями.

Бизнес-процесс описывается на этом языке в виде логической формулы, не включающей в себя логические переменные. Значение каждой из констант выбирается с учетом заданной технологии выполнения БП, привязанной к оборудованию цеха, и плану выполнения соответствующих операций. БП считается выполнимым, если представляющая его логическая формула истинна в условиях задания нелогических констант, входящих в нее.

ИСУ следит за одновременным выполнением нескольких БП, связанных с выполнением запланированных заданий. При этом система управления постоянно отслеживает существующие в цеху ресурсы, например свободные станки или другое оборудование, подготовку необходимых для выполнения последующих работ деталей, заготовок, комплектующих на складах и в кладовых.

Если в силу внешних условий БП не может быть выполнен, то система может скорректировать выполнение одного или нескольких БП с тем, чтобы общий характер работ вложился в план выполнения бизнес-процессов. В этом случае возможно подключение дополнительных ресурсов, например другого цеха, или изменение общего плана выполнения работ – продление отдельных сроков выполнения частей БП при сохранении общего плана, учитывающего все бизнес-процессы.

Очень часто, например, интеллектуальность в жизни ассоциируется с поведением человека, решающего задачи в каком-либо разделе математики или физики. ПО в этом случае определяется этим разделом, а проявление интеллектуальности выражается в постулировании или нахождении дополнительных свойств этой области. Иногда эти решения переносятся из других ПО. В дальнейшем в новых условиях применимость перенесенных условий требует доказательства посредством логики или на уровне экспериментов в ПО.

Знания

Общий подход к взаимодействию субъекта с ПО заключается в том, что сначала на основании своего восприятия ПО субъект строит модель этой области, а затем на основании этой модели рассчитывает свои действия. Общая схема такого взаимодействия представлена на рис. 2.

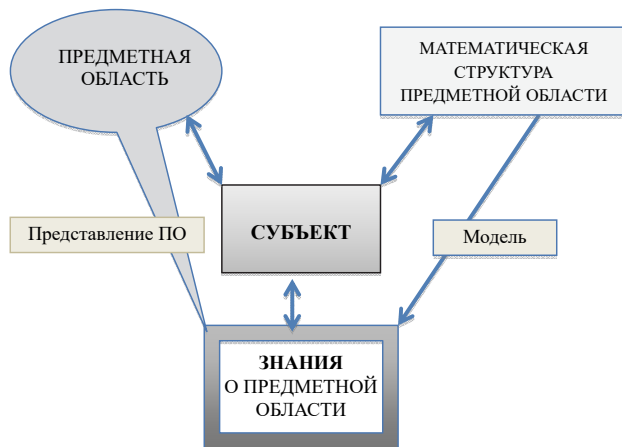


Рис. 2

Субъект не может сразу построить модель ПО. Это – сложная задача даже для простых областей. Поэтому сначала строится схема (математическая модель) ПО, а затем – представление ПО, относящееся к тем реальным особенностям, которые включаются исходя из представлений субъекта. Процесс построения математической модели для реальной ПО чрезвычайно сложен и многообразен. Существуют сотни математических теорий и схем, которые могут применяться в этом случае. Но ни одна из них не может гарантировать успех даже тогда, когда в качестве ПО рассматривается собственно математическая теория. Доказательством этому служат многочисленные нерешенные математические проблемы,

решение которых обычно связано с расширением уже построенной математической структуры.

Одна из общих универсальных схем заключается в том, что ПО рассматривается как множество T , на подмножествах которого задается некоторая математическая структура. Например, рассматривается семейство подмножеств множества T , для которого заданы следующие условия:

- собственно множество T есть элемент введенного семейства.
- Любое объединение множеств семейства есть элемент семейства.
- Любое конечное пересечение элементов семейства принадлежит семейству.

Тогда такое семейство множеств определяет на T некоторую топологию, а само множество T вместе с этой топологией называется топологическим пространством. Это пространство кладется в основу модели ПО, которая вместе с введенным пространством получает характерные для пространства методы исследования и описания процессов, возможных в этой области.

Рассмотрим пример такого построения. Пусть в ПО \mathcal{A} субъектом выделено дискретное множество точек T . Эти точки, на которых определена дискретная топология, создают топологическое пространство, на основе которого строится математическая модель. Пусть Γ – множество конечных подмножеств множества T . Допустим, что для Γ удовлетворяется следующее соотношение: если $\beta \in \Gamma$ и $\alpha \subset \beta$, то $\alpha \in \Gamma$. Тогда множество Γ называется *комплексом*, а его элементы – *гранями*. Элементы, формирующие грань, называются *вершинами* грани.

Теперь на базе множества T задаем математическую структуру ψ ПО \mathcal{A} . Эта структура включает в себя индивидуальные константы, сопоставляемые точкам множества T , и предикаты, сопоставляемые некоторым из граней введенного комплекса. Размерность предиката определяется числом вершин грани. Но предикаты не содержат свободных переменных, поскольку каждая возможная переменная заменена индивидуальной константой. В то же время один и тот же предикат может одновременно использоваться для разных наборов индивидуальных констант. Поэтому для каждого предиката

существует некоторая конечная область определения, для которых предикат предполагается истинным. Область значений предикатов – это множество $\{0, 1\}$. Множество констант и предикатов задает математическую структуру ПО.

Чтобы представить модель ПО, необходимо иметь некоторый язык, в котором могут быть выражены составляющие ПО и связи между ними. Возможны различные формы такого представления. Но более-менее стандартный подход для этой цели основан на использовании естественного языка в сочетании с некоторыми формальными описаниями и построениями.

Чтобы задать модель ПО в рассматриваемом формализме, определим множество элементов S , которые используются при описании ПО. S – это подмножество множества имен, заданных для ПО. Предполагается, что смысл отдельных элементов множества S понятен субъекту. Определим модель \mathcal{M} предметной области \mathcal{A} как пару $\mathcal{M} = (S, I)$, где I – функция, которая сопоставляет каждой константе c_i элемент множества S , а каждому предикату P_j арности n – подмножество из множества $S \times S \times \dots \times S = S^n$, для которого предикат имеет значение 1 (истина).

Эту модель можем связать с ПО \mathcal{A} , задавая те описания точек множества T , которые существуют в модели \mathcal{M} , и связей между ними на уровне предикатов. В общем случае для разных вариантов ПО такая форма задания называется *знаниями* о ПО. Можно считать, что *знания задают собой форму описания как отдельных структурных элементов, так и составляющих модели ПО в целом, учитывая уровень и способ представления ПО.*

Как знания будем рассматривать совокупность фактов, утверждений (одно или одновременно несколько), форм, представлений, схем, моделей, которые задают объекты ПО, образы в ПО, структурные связи (зависимости) между объектами и образами, геометрию ПО. Знания могут быть доказаны, выведены, подтверждены, получены как факты или выводы в этой области в процессе ее изучения и исследования. Конкретный вид знаний зависит от способов задания соответствующих моделей. Общая форма задания знаний представлена в [2].

Точно так же, как набор блоков служит основой для построения большого здания, так и набор знаний о ПО можно преобразовать в некоторую модель этой области или ее части, собирая вместе особенности и свойства этой модели, которые уже содержатся в собранных знаниях. А информация, которая прямо отсутствует в имеющихся знаниях, но необходима при решении задач в ПО, либо выводится из них, либо формируется из внешнего окружения системы в процессе работы алгоритмов анализа информации и синтеза знаний, связываемых с интеллектом. Знания рассматриваются как способ и средство представления структуры ПО и задания процессов в ней. При этом предполагается, что знания заданы в такой форме, что ими можно воспользоваться для организации работы в рассматриваемой ПО.

Например, ученик, изучая геометрию по учебнику на уровне утверждений, примеров, рисунков использует свои знания, представляя условие задачи, которую нужно решить, в виде некоторого чертежа, облегчающего ему выполнение необходимых расчетов и преобразований. Примером может служить утверждение: «Пифагоровы штаны на все стороны равны», связанное с теоремой Пифагора.

Основой для задания любых знаний служат:

- задание основного пространства представления знаний;
- определение элементов основного пространства с помощью введения множества *свойств* как получаемых субъектом (системой) с помощью органов восприятия или соответствующего оборудования из внешнего окружения, так и формируемых в виде логических представлений из известных данных;
- множество *понятий*, где понятие воспринимается как характеристика набора свойств, рассматриваемых как единое целое; вместе с понятием задается некоторая область возможного изменения свойств, включаемых в понятие как его признак;
- набор трансформационных *характеристик* ПО, рассматриваемых как базис для задания отношений, связывающих элементы ПО;

- *шаблоны конструкций*, на основе которых формируются выражения, утверждения, структуры, иерархии, схемы, образы, предложения, формы, сценарии, модели, входящие в определение знаний;

- *язык*, в котором определяются все элементы, структуры, отношения, используемые при задании знаний, и объединении, композиции знаний между собой.

Обычно знания состоят из двух основных групп: *элементарных* и *композитивных* или структурных знаний. Элементарные знания (прото-знания) включают в себя понятия и отношения, преобразования, связывающие отдельные элементарные знания между собой. Композитные знания описывают структуры, построенные из элементарных знаний, характеризующих сложные зависимости между представлениями элементов ПО. Чем сложнее ПО, тем многообразнее знания и их представления, связанные с моделью этой области. Хотя для рассматриваемого уровня интеллекта все они вкладываются в введенное основное пространство.

Интеллектуальная система управления предприятием

В основу любой экономической производственной системы положено понятие *предприятия* как субъекта, результатом деятельности которого является некоторая продукция: товары, услуги, интеллектуальные и информационные продукты, обеспечивающие реализацию экономических отношений в обществе. Для современных предприятий важным фактором их производства является не физическое имущество этих предприятий – здания, оборудование, земля, инфраструктура, – хотя эти составляющие весьма существенны, но и способность предприятий «продавать свою продукцию, качество осуществляемого ими маркетинга, эффективность менеджмента, научно-технические разработки сотрудников» [4]. Все это – составляющие бизнес-процессов, выполняемых на предприятии и положенных в основу разработки системы управления современным предприятием.

Появление автоматизированных систем управления, в основу которых была положена компьютерная техника, позволил усовершенство-

вать процессы управления производственными процессами на предприятиях, сократить количество сотрудников в системе управления, обеспечить точно рассчитанный ритм работы предприятия благодаря своевременной подаче информации о выполнении бизнес-процессов руководством и повышению скорости принятия решений, необходимых для управления. Но и в этих условиях часто сохраняется дублирование управляющих функций персоналом. Например, в налоговой службе Украины в 2015 г. работало около 56 тыс. человек! И это при том, что большинство функций, связанных с расчетом и контролем налогов, выполнялось в налоговых органах Украины с помощью существующей сети компьютеров, не требуя при этом безусловного активного участия человека.

Развитие методов интеллектуального моделирования применительно к созданию систем управления предприятием приводит к новому подходу в разработке систем управления, которые уже называются интеллектуальными системами управления (ИСУ). Как пример рассмотрим построение ИСУ для управления механо-сборочным цехом предприятия, ориентированного на производство наукоемкого оборудования для современных предприятий (поставщик оборудования и заложенных в него технологий).

Этот подход определяет возможность создания такой системы управления, которая позволила бы в условиях существующего предприятия достичь максимальной эффективности работы цеха, реализовав скрытые возможности и используя дополнительные ресурсы повышения производительности.

Методы построения обычной АСУ известны. В их основу положен принцип перевода отдельных составляющих, связанных с управлением и выполнением бизнес-процессов, на компьютерные рельсы, включая дополнительные подпроцессы оптимизации используемых ресурсов и выполняемых работ. Это становится возможным в силу использования формальных описаний существующих процессов. Не говоря уже о том, что эффективно может быть проконтролирован собственно процесс управления, включая проверку используемых материалов и оборудова-

ния. Использование графики, составляющей часть анализируемой информации, дает возможность управляющему обрабатывать больший объем информации в условиях применения стандартного человеческого управления, ориентированного на числовые данные.

Но такая АСУ имеет и недостатки, прежде всего, связанные с некоторым постоянством модели ПО и ее устареванием, с недостаточной структуризацией составляющих ПО, с невозможностью учета многих изменяющихся факторов современного мира, начиная с изменения ситуации, связанной с использованием ресурсов, и кончая постоянным развитием технологий, используемых материалов, колебаниями многочисленных факторов экономической структуры и изменяющимися политическими составляющими, влияющими на предприятие, отрасль, страну, ее маркетинг и связи.

Даже в условиях работы отдельного цеха, связанного с выпуском продукции, приходится в той или иной степени учитывать эти условия, внося, по мере возможности, изменения в систему управления. Кроме того, естественно, специалисты–управленцы накапливают когнитивный опыт и с его учетом стремятся изменять процессы управления так, чтобы улучшить общие показатели работы.

Внутри предприятия интеллектуальная система управления должна отслеживать изменения бизнес-процессов, замены и необходимость в оборудовании для выполнения работ, изменения технологий, состояния индивидуальных исполнителей, обеспечение выполнения бизнес-процессов. Во внешней среде отслеживаются тенденции и ситуации, связанные с обеспечением процессов, выполняемых на предприятии, изменения в глобальном экономическом пространстве, появление новейших технологий, материалов, потребностей в продуктах, выпускаемых предприятием.

Таким образом, в существующую систему управления вводятся дополнительные задачи, определяемые интеллектуализацией системы управления. Эти задачи не связаны непосредственно с бизнес-процессами производства. Они определяют именно интеллектуальную составляющую системы управления.

Задача первая – построение модели ПО на основании существующей системы управления, но расширенной путем детализации управляемых элементов, входящих в ПО. Это позволит увеличить возможности влияния на систему управления и системы управления на процессы, протекающие на предприятии, если требуется использовать схему, задаваемую последовательными переходами

«предметная область → модель

ПО → система управления»,

то необходимо определить, и если необходимо, модифицировать каждую составляющую этой схемы и связанные с ней правила построения.

Задача вторая – учет динамических изменений ПО, возникших и возникающих в процессе функционирования АСУ на некотором интервале времени. В процессе работы в цеху меняется оборудование, общее оснащение, изменяются бизнес-процессы, приходят новые и увольняются прежние сотрудники, изменяются технологии. Поэтому при интеллектуализации АСУ в нее должны включаться модели и накапливаться данные, учитывающие эти изменения. Другими словами, автоматически поддерживается целостность системы «предприятие + система управления».

Задача третья – детализация структуры ПО приводит к увеличению объема информации, связываемой с выполнением БП. Действия, связанные с БП, зависят от совокупности согласованных операций, из которых состоит отдельный подпроцесс. А каждая операция зависит не только от ее технологического решения, но и от того, кто, в каких условиях, с какими индивидуальными показателями выполняет эту операцию, каковы производственные и квалификационные возможности отдельных рабочих или используемых технологий, каковы условия, в которых выполняются БП. Эти данные собираются индивидуальными датчиками и дополнительно обрабатываются специальными программами. Эта индивидуализация может определять дополнительные стимулы отдельных сотрудников или организованных групп, выполняющих отдельные задачи.

Задача четвертая – выявление неявных структур и связей между ними в ПО. По мере работы АСУ в ПО могут возникать изменения,

дополнительные связи и факторы, влияющие на работу системы управления. Эти динамические изменения не всегда легко прослеживаются даже специалистами завода, поскольку перед ними стоят другие, чаще всего производственные задачи. Но от них может зависеть качество и производительность выполняемых работ, общая эффективность сотрудников. Особенно это может проявиться в условиях повышенной сложности современных БП.

Для решения задачи выявления новых внутренних структур можно применить интеллектуальные алгоритмы обработки данных, например предлагаемые фирмой Майкрософт алгоритмы кластеризации, дерева принятия решений, временных рядов, в рамках использования аналитической компоненты из *SQL Server*'а.

Задача пятая – выявление «узких мест» в цеху, потребности в новом оборудовании и совершенствовании технологий, используемых в производстве. Изучение и применение новых материалов и новых конструкторских решений по отношению к выпускаемой продукции. Это обычно позволяет не только снизить стоимость продукции и расширить рынки ее сбыта, но и заложить существенные изменения в характер выполняемых процессов. Следует учесть, что это возможно тогда, когда этим постоянно занимается соответствующий персонал, и, кроме того, такой анализ заложен в интеллектуальную систему управления.

Задача шестая определяется изменяемыми внутренними условиями и дополнительными тре-

UDC 004.89

V.Yu. Meytus

Intellectualization of enterprise management systems

Keywords: intelligence, intelligent system, intelligent modeling, enterprise management system, knowledge.

Intelligence – this property is highly organized system that allows it to adequately modeled subject area and successfully meet the challenges related to this area at the level of generated models. From the results of the solution is then made up of the system behavior. The adequate model of reality, the better is the system's behavior. Especially in the case when the information necessary for solving problems is incomplete. This is important in those cases when the situation changes in the subject area, and the system does not account for these changes.

The subject area is described at the level of knowledge that reflect the current understanding of the individual elements of the field. On the basis of knowledge modeled real system. Intellect reflects the possibility of an adequate adjustment of knowledge in the operation of the system and taking into account their changes. For enterprise management system, this approach includes the need to replenish the complex management tasks, to take into account real changes. In this case the main thing – quick system response to the emerging changes. In such an intelligent system performance is determined by its adaptation to the actual situation, the possible speed of adaptation to internal and external changes.

Within the enterprise the intelligent management system must keep track of business process changes, substitutions, and the need for equipment to perform the work, changes in technology, the status of individual performers, to ensure the execution of business processes. In the external environment are monitored trends and situations related to software processes carried out by the company, changes in the global economic environment, the emergence of new technologies, materials, demand for products produced by the enterprise.

бованиями к выполнению БП (обеспечение надежности, качества, точности, уменьшение рисков). Эти требования должны отображаться в модели ПО, а следовательно, учитываться при решении всех других задач, связанных с этой областью. В современных условиях такой анализ может быть связан с анализом рыночной ситуации, связанной с продуктом, выпускаемым на предприятии.

Заключение. Отметим, что общее направление в интеллектуализации систем управления предприятием, прежде всего связано с существенным расширением круга задач, которые включаются в систему управления предприятием, с переходом к полному сбору информации, контролю и управлению существующими процессами. Интеллектуальная система не только должна готовить все возможные варианты решения, но и обосновывать для руководителя возможность выбора того или другого варианта.

1. *Meйтус В.Ю.* Знания в 1-интеллектуальных системах. – *System Analysis and Information Technol., SAIT* 2016, Kyiv, Ukraine, Proc. – ESC “IASA” NTUU “KPI”, 2016. – P. 229–230.
2. *Meйтус В.Ю.* Введение в теорию интеллектуальных систем. Основные представления. – *Palmarium acad. publ.*, Саарбрюкен – 2015. – 189 с.
3. *Логический* подход к искусственному интеллекту: от модальной логики к логике баз данных / А. Тейз, П. Грибомон, Г. Юлен и др. – М.: Мир, 1998. – 494 с
4. *Тоффлер Э.* Метаморфозы власти. – М.: АКТ, 2003. – 669 с.

E-mail: vmeitus@gmail.com
© В.Ю. Мейтус, 2016