

37. Вершинин А. В. Опыт интеграции систем автоматизированного проектирования и электронного документооборота на базе решений Bentley Systems/ А. В. Вершинин, А. Ю. Сергеев, В. Л. Тихоновский// Рациональное управление предприятием. 2007. № 4.
38. Orr J. PDM — ожидания и реальность / CAD/CAM/CAE Observer. № 6 (30). 2006.
39. Митрофанов А. Внедрение САПР в проектной организации архитектурно-строительного профиля как составная часть комплекса системных решений/ CADmaster. 2007. № 3 (38).
40. Ибраев Ю. Ф. Вы должны создать собственную методологию внедрения/ CAD/CAM/CAE Observer. 2008. № 6 (43).
41. Штарев В. Сквозной цикл производства изделия как результат внедрения ИПИ технологий в ОКБМ/ В. Штарев, В. Банкрутенко, А. Лазарев, К. Комиссаров// CAD Master. 2007. № 5 (40).
42. Горячина Е. Как обойти ловушки на пути к PLM / PS Week/RE. 2006. № 11 (521). — <http://www.pcweek.ru>
43. Андреев Л. Проблемы внедрения и результативности проектов автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства// САПР и графика. 2010. № 7.
44. Личман А. Комплексная автоматизация подготовки производства в машиностроении: ключевые этапы и имущество// Двигатель. 2010. № 2.
45. <http://www.sap.com>
46. <http://www.epicor.com>
47. <http://www.igate.ru>
48. Питеркин С. В. Точно вовремя для России. Практика применения ERP-систем/ С. В. Питеркин, Н. А. Оладов, Д. В. Исаев. — М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. — 368 с.
49. Рыбников А. И. Система управления предприятием типа ERP/ И. И. Рыбников. — М.: Азроконсалт, 1999. 134 с.
50. Рыбников А. И. Система управления предприятием типа MRP/ И. И. Рыбников. — М.: Азроконсалт, 1999. 134 с.
51. <http://www.catia.ru/>
52. http://www.plm.automation.siemens.com/ru_ru/
53. <http://www.solidworks.ru/>

ANALYSIS OF IMPLEMENTATION PROBLEMS OF AUTOMATED SYSTEMS COMPLEXES TO SMALL ENGINEERING COMPANIES

A. D. Proskurin, A. P. Zelenin, A. S. Rusiaeov
Orenburg State University, Orenburg, Russia

The paper deals with the problems of the introduction of automated systems complex. The analysis of market conditions and trends in the development of software product lifecycle management (PLM) is carried out. It is established that the problems of creating complex automated systems are rather in the field of methodology of implementation, than the functionality of individual systems.

Keywords: CALS, CNC, PLM, engineering, manufacturing, common information space, ERP, Enterprise Resource Planning System, CAPP.

Прокурик Александр Дмитриевич, проректор по учебной работе, доцент кафедры материаловедения и технологии материалов.
Тел. (3532) 77-38-88. E-mail: AProskirin@mail.osu.ru
Зеленин Александр Павлович, доцент кафедры систем автоматизации производств.
Тел. 8 (916) 866-85-58. E-mail: apzelenin@gmail.com
Русаев Александр Сергеевич, преподаватель кафедры систем автоматизации производств.
Тел. 8 (922) 549-72-46. E-mail: nermal@mail.ru

ЭНТРОПИЙНЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

А. И. Громов, канд. хим. наук; Ю. А. Ставенко
Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики", Москва, Россия

Предложен подход к решению задачи мониторинга бизнес-процессов на основе энтропийных характеристик информационного пространства действующей бизнес-системы, которая рассматривается с позиций описания поведения и моделирования открытых систем. Учтена временная составляющая протекания процесса. Описан метод оценки устойчивости динамической структуры бизнес-процесса.

Ключевые слова: управление бизнес-процессами, энтропия, мониторинг процессов, информационное пространство, виртуальная среда.

После 30-летнего увлечения моделированием и описанием бизнес-процессов мир, кажется,

пришел к некоторой стабилизации и разделению рынка решений на тяжелые, средние

ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ

легкие как в ценовом выражении, так и в функциональном. Однако 85 % этих реализаций основывается на традиционном "причинно-следственном" подходе к описанию деятельности, оставшиеся отдают предпочтение ролевому и ситуационному моделированию. Те же, кого волнует информационная составляющая, подходят к этому сугубо прагматично в целях построения, реализации или продажи ИТ-систем в бизнес-структуре. Фактически именно поэтому термин "архитектура предприятия" стал носить сугубо практический смысл с точки зрения ИТ-практик, а не глобального целостного подхода к моделированию систем, с чего он и начинался.

Этот сугубо прагматический мир не успел или не захотел заметить, что бизнес-системы, которые подлежали моделированию, по своей сути являются, так называемыми, большими сложными системами и для них уже целое столетие готовился аппарат описания и моделирования. Обычно бизнес-система ограничивается или выделяется эвристически, т. е. невозможно сформулировать аксиоматический подход для решения этой задачи. Поэтому такие эвристически выделенные системы дальше описывают, моделируют либо с дескриптивной, либо с нормативной точки зрения.

При дескриптивном подходе изучаются свойства системы, а целью является выявление закономерностей проявления этих свойств и способов управления ими. При нормативном подходе происходит моделирование определенных свойств в процессе проектирования системы. С этой точки зрения из всех существующих методик моделирования бизнес-систем методология ARIS (IDS Scheer) наиболее полно соответствует теоретическим основам больших систем.

А. Панченков сформулировал очень важную аксиому: "Энтропия большой системы — сохранившаяся величина" [1].

Суть этой аксиомы очевидна: постулируется, что функционирование большой бизнес-системы происходит в интеллектуальной среде, которая отождествляется с виртуальной сплошной средой. Именно степень интеллектуализации бизнес-среды определяет дрейф энтропии. Данное положение имеет весьма существенные следствия для бизнес-систем.

Следствие 1. Время жизни бизнес-системы ограничено уровнем ее собственного интеллекта, отнесенного к количеству операций, совершаемых системой за единицу времени. Иначе, если бизнес-система не уделяет внимание повышению квалификации и уровня знаний в операционной деятельности и стратегическом управлении, она обречена на гибель.

Следствие 2. Управление бизнес-системой должно вестись на основании непрерывной оценки энтропии выделенной виртуальной сплошной среды.

Следствие 3. Любое отклонение (изменение) энтропии виртуальной сплошной среды свиде-

тельствует об изменении плотности, что в свою очередь является признаком нарушения семантической связности (операционной ошибки) функционирующей среды.

Современный аппарат моделирования довольно хорошо умеет описывать бизнес-системы и структуры. Однако эти модели в основном предназначены для проведения структурного анализа, а для полноты системного анализа необходимо моделирование динамических режимов протекания бизнес-процессов, в том числе нелинейных. Здесь нелинейной структурой назовем такой тип эволюции процесса, при котором динамика системы существенно зависит от ее состояния в текущий момент времени. В частности, наиболее важной проблемой является описание эволюции быстропротекающих процессов, в которых, как правило, влияние случайных факторов может оказывать существенное воздействие на их поведение.

Именно подобные процессы, являющиеся основной задачей мониторинга бизнес-процессов, ускользают от используемых современных методов контроля и управления, но по результатам воздействия на всю систему оказываются чрезвычайно влиятельными, а в ряде случаев губительными. В таких системах присутствует, как правило, стохастический характер взаимодействия, и нередко является влиятельным диссипативный фактор, наличие которого может значительно изменить ход действия процесса. Семантическое определение мониторинга бизнес-системы выглядит следующим образом. Мониторинг бизнес-системы — это непрерывное наблюдение и анализ текущего состояния бизнес-системы, функционирующей в стохастической среде, в целях повышения ее эффективности, качества и устойчивости, снижения влияния рисков, а также прогнозирования дальнейшего как краткосрочного, так и долгосрочного следования траектории развития.

Иначе говоря, процесс формирования реакции в результате анализа информации от обратных связей функционирующей среды для повышения ее устойчивости и качества функционирования является, по сути, мониторингом бизнес-системы.

Необходимо отметить несколько очевидных позиций.

Во-первых, в основе любой бизнес-системы лежит некоторый проект, который существует до ее реализации и на его основе бизнес-система создается. Формально, проект — это исходные данные для задачи мониторинга.

Во-вторых, регулярная траектория развития системы — это траектория ее функционирования в соответствии с проектом. Следует отметить, что ни одна реальная бизнес-система не движется по регулярной траектории и основная задача управления, т. е. мониторинга, сводится к возврату движения системы в некоторую область траектории развития. Здесь прямая аналогия с управлением автомобилем: при более тщательном рассмотрении можно об-

наружить, что водитель совершает множественные возвраты движущегося автомобиля к некоторой проектной траектории как малыми отклонениями, так и существенными изменениями маршрута (траектории), например, из-за пробок.

Несомненно, любая система всегда в той или иной степени подчиняет себе ее элементы, определяя их поведение, поэтому если конкретный элемент развивается без учета общего направления развития системы, то последняя все равно скорректирует динамику отдельного элемента. В частности, никто еще не отменил армейский закон: "Не знаешь — научим, не хочешь — заставим", который эффективно действует во всех армиях мира. Такой системный подход находит применение и на практике при анализе поведения сложных систем [2]. Поэтому разумно применять системные теории, которые рассматривают совокупность взаимодействующих бизнес-процессов как целостную большую систему. Причем целостность характеризуется тройной взаимозависимостью, а именно, взаимозависимость каждой из ее важнейших частей, затем зависимость каждой из ее частей от всей системы (в данном случае учитываются граничные условия системы в выбранном фазовом пространстве) и, наконец, зависимость всей системы от ее конкретной части или сочетания частей. Стоит отметить, что синтез всех этих взаимосвязей приводит нас к необходимости учета сложной нелинейности процессов.

Любые реальные системы можно описать как определенный набор тривиальных элементов системы или подсистем. Но этот набор непременно должен включать элементы, выходящие за пределы границ структуры или пограничные, являющиеся источником и причиной диссипативного фактора, который, в свою очередь, является основным источником информации, так необходимым для функционирования системы. Кроме того, должен учитывать структуру распределения потоков информации внутри системы и стохастический характер взаимодействия этих потоков.

В этой работе предпринята попытка нового подхода к описанию поведения и управления в структурах сложных бизнес-процессов в терминах энтропии и энтропийного баланса. Выбор данного подхода обусловлен тем, что в сложных системах (бизнес-процессах) на первый план выходит не материальная, а информационная составляющая процесса, учитывающая качественные уникальные характеристики как отдельных элементов, так и связи этих элементов, а также, что важно, вероятность распределения потоков информации, что подчеркивается в целом ряде работ различных авторов [2—4].

Проблема сложности бизнес-процесса — это в первую очередь проблема структурной организации бизнес-процесса. Следующая проблема сложности относится к задаче информационной

сложности принятия решения или выполнения задачи. В данном случае процесс может быть примитивным с точки зрения структуры и одновременно чрезвычайно сложен с точки зрения использования многоплановой информации для своего выполнения. Например, некоторые авторы в своих работах рассматривают энтропию динамических процессов с помощью энтропии, основанной на измерении неопределенности выполнения модели бизнес-процессов. Эта неопределенность определяется в терминах переходов при выполнении потока работ. Процесс в этом случае разбивается на примитивные сценарии, для каждого из которых определяется вероятность исполнения на основе анализа прошлого поведения в выполнении процессов. На основании подсчета вероятностей последовательных переходов и последующего их умножения можно получить вероятность выполнения процесса, соответственно, меру неопределенности модели процесса [5].

В условиях неустойчивости (неизбежное слабоуправляемое изменение структуры системы естественный разрыв, реорганизация или формирование новых связей, появление или исчезновение элементов в системе — это задачи по рождению или исчезновения информации, что свою очередь меняет энтропию всей системы.

Энтропийный подход к описанию неопределенности в системе позволит сформулировать закономерности энтропийного равновесия и обосновать возникновение неустойчивостей "катастроф" от таких источников, как воздействие субъектов бизнес-процесса на его протекание и структуры бизнес-процесса.

Именно изучение энтропии как подхода в изучению бизнес-процессов является основной задачей данного исследования, поскольку не контролируемое увеличение энтропии (в результате неустойчивости) приводит к росту неопределенности или хаосу в протекании бизнес-процесса, что в конечном итоге может привести к разрушению системы. В отдельных случаях подобные изменения могут привести к возникновению других ветвей развития — бифуркации бизнес-процессов. По сути, все существующие практики управления бизнес-процессами сводятся к решению одной главной задачи — к устранению неопределенности в управляемой системе или при принятии решения.

Некоторые исследователи для подобного измерения бифуркаций бизнес-процессов используют функции, определяющие энтропию по частоте упоминания ключевых слов в корпусе текстов, определяя таким образом изменения бизнес-процессов во времени. Функция интервальной меры энтропии определяет временные интервалы, в течение которых ключевые слова имеют неравномерное распределение, т. е. высокую частоту упоминания. После вычисления интервальной энтропии для корпусов текстов TDT-Pilot и компании Enron было выявлено

ренинжиниринга, перестройки любой структуры, в том числе, создаваемой заново. Состояние на рис. 1, а можно рассматривать как некоторую целевую установку или план действия, т. е. это необязательно должна быть исходная архитектура системы. Обращаясь в нашу недавнюю историю, можно заметить, что выполнимость данной модели, в том числе для всех грандиозных замыслов, справедлива за тем лишь исключением, что реальность останавливается в фазе на рис. 1, б с крайне вялыми попытками перехода в состояние на рис. 1, в.

Для описания такой модели архитектуры деятельности необходимо найти соответствие реального пространства, в котором функционирует бизнес-среда, с виртуальной сплошной средой.

Виртуальная сплошная среда представляет собой абстрактный объект, в котором можно отметить три важные свойства. Во-первых, такая среда функционирует в фазовом пространстве, которое определяется системой координат (q, p) , где q — обобщенная координата, p — обобщенный импульс виртуальной среды. Во-вторых, виртуальная среда эволюционирует во времени t . В-третьих, виртуальная сплошная среда характеризуется плотностью состояний $\rho = \rho(q, p, t)$. Плотность в данном случае представляется в матричной форме и, как это принято в квантовой механике [7], определяет состояние системы в данный момент времени, а также определяет структуру взаимодействия между элементами системы. И, наконец, важным для виртуальной среды становится понятие энтропии, которая определяется соотношением

$$H_p = - \int_{\Omega} \rho \ln \rho d\Omega, \quad (1)$$

где интегрирование ведется по всему фазовому пространству Ω . Таким образом, четвертым важнейшим свойством виртуальной сплошной среды становится информационное поле, характеризующее область деятельности реальной среды и являющееся синхронизирующим фактором виртуальной и реальной сред.

Фундаментальным свойством функционирования виртуальной сплошной среды является принцип максимума энтропии, сформулированный А. Панченковым [1]:

$$H_p^* = \max(H_p), \quad (2)$$

который приводит к тому, что энтропия системы сохраняет свое значение. Данный тезис справедлив для стационарных режимов хаотической динамики.

Из уравнений (1) и (2) путем простой подстановки и преобразований следует следующее фундаментальное свойство:

$$\int_{\Omega} \rho d\Omega = 1, \quad (3)$$

т. е. в виртуальной сплошной среде, удовлетворяющей принципу максимума энтропии, суммарная плотность вероятности равна единице, следовательно, мы учли все возможные состояния системы, и никаких других неопределенных состояний, помимо тех, которые присутствуют в системе, нет. Это, однако, не относится к диссипативному случаю, когда есть воздействие на систему извне. Диссипация может существенно изменить динамику системы, и для этого необходимо разработать несколько иные методики анализа таких систем.

Отметим, что важным свойством является двойственность представления, которое в дальнейшем позволит нам перейти к дифференциальному уравнению, дающему возможность проследить динамику развития бизнес-процесса. Поскольку фазовое пространство мы можем принять в виде $\Omega = \Omega_q \times \Omega_p$ [6], то энтропия в таком случае примет вид:

$$H_p = H_q + H_p, \quad (4)$$

где H_q — структурная энтропия, а H_p — энтропия импульса. Здесь также стоит отметить важный факт: каждому случайному вектору соответствует своя энтропия. Двойственность представления энтропии также приводит к двум важным свойствам энтропии, поскольку не содержит в себе в явном виде плотность ρ :

- энтропия инвариантна относительно физических свойств виртуальной сплошной среды не является ее физической характеристикой;
- энтропия может иметь геометрическую интерпретацию, когда объекты системы имеют не только функциональные значения, но и в некотором смысле важно их относительное расположение в рамках выбранного пространства геометрии связей.

Итак, энтропийный подход к описанию структуры и динамики бизнес-процессов приводит к необходимости определения плотности (математическом смысле) сложной системы и ее элементов, эволюционное развитие во времени которых описывается оператором Гамильтона H (Гамильтониан), определяющим геометрию структуру, внутренние связи системы и полностью описывающим ее динамику и функционирование. Поведение системы описывает хорошо известное уравнение Лиувилля [8]:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = [\rho, H], \quad (5)$$

где $[\rho, H] = \rho H - H \rho$ — скобки Пуассона. Оператор H в виде дополнительных слагаемых может содержать в себе диссипативный и стохастический факторы, благодаря которым мы будем называть систему диссипативной и стохастической.

Уравнение (5) будет являться фундаментальным уравнением для описания бизнес-процесса, которое учитывает сложную структуру взаимо-

ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ

действия, потоки информации внутри системы, диссипацию, случайную составляющую взаимодействия. Универсальной компонентой уравнения, описывающей любой бизнес-процесс, является оператор H . Однако описание этого оператора для конкретных систем может быть отнюдь не тривиальной задачей, т. е. методика заключается в нахождении Гамильтониана системы, выражаящегося в описании важных характеристик элементов и связей через элементы матрицы плотности ρ . Затем, подставляя в (5) значение Гамильтониана с учетом начальных и граничных условий, решаем искомое уравнение (5) для нахождения стационарной динамики процесса, а универсальной численной характеристикой качества или рисков бизнес-процессов будет являться величина энтропии, согласно соотношению (1).

На рис. 2 схематически отображена взаимозависимость показателей качества, рисков и знаний для сложных систем. Изменение одного из показателей в свою очередь меняет значения других. Все эти показатели данная модель будет выражать через величину энтропии (\mathcal{E}) и, соответственно, посредством элементов матрицы плотности ρ . Таким образом, получаем систему связанных уравнений, решение которой позволяет полностью описать качество, знания и риски, а следовательно, и более корректно смоделировать как конкретный бизнес-процесс, так и систему взаимодействующих процессов.

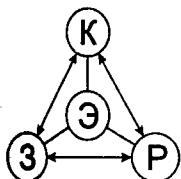


Рис. 2. Схематическое отображение отношения показателей качества (K), знаний (Z) и рисков (P)

Столкнувшись с проблемой, стоит отметить, что приток информации в систему извне является основным и важнейшим источником стабилизации и уменьшения энтропии, т. е., рассматривая информацию в процессе как кинетическую энергию системы, приводящую систему к продуктивному действию, мы понимаем, что в случае замкнутой системы кинетическая энергия быстро исчерпает себя и только открытые системы с притоком энергии могут развиваться и продуцировать [9].

Система отношений категорий управления, изображенная на рис. 2, обладает следующим свойством: знания, принадлежащие системе, пропорциональны качеству и обратно пропорциональны рискам. Если Знания и Качество являются одним плечом рычага управления, то Риск и Энтропия — другим. Таким образом, прежде чем продолжать рассуждения, необходимо дать определения таким повседневным и неизвестным понятиям как Знания, Качество конечно, Риск и Энтропия.

Определение 1. Знание — суть информации, обходимой и материализуемой при разрешении неопределенности в системе.

Определение 2. Качество — суть степени адекватности решения при необходимости реакции на внутренние и внешние изменения в системе, при этом под адекватностью мы понимаем минимум от интеграла по контуру времени от площади решения.

Определение 3. Риск — суть цены свободы принятия решения, т. е. интеграл по времени от суммы степеней свободы (неопределенности) при принятии решения.

Определение 4. Энтропия — суть степени неопределенности при принятии решения.

Эти определения являются семантическими, однако они дают возможность перейти к более строгим, математическим формулировкам. Семантические определения необходимы для прослеживания более очевидной взаимосвязи между этими понятиями.

Устойчивость

Любая эволюция может завершиться лишь тогда, когда система функционирует в режиме устойчивости к внешним возбудителям, в противном случае процесс будет протекать с большой неопределенностью результата и попросту может не выйти из очередного кризиса. В крайнем случае, неустойчивость может реализовываться на интервалах времени, значительно превышающих предполагаемое время функционирования бизнес-процесса. Такой сценарий также считается позитивным.

Проблеме устойчивости посвящено много научных разработок, однако область применимости каждой из них достаточно узка и требует специального подхода к каждому бизнес-процессу, нежели к широкому спектру систем. Данный факт позволяет сформулировать ключевую идею, которая должна быть положена в основу устойчивого развития: *устойчивое значит, прежде всего, предвидимое и лишь затем управляемое какими-либо воздействиями*. Следствием является определение качества для бизнес-процессов как свойства системы к адекватному реагированию на внутренние и внешние изменения, т. е. устойчивости.

Получив эволюционное уравнение (5) состояния нашего бизнес-процесса, важно знать не только динамику процесса, возможные режимы существования, но также и устойчивость этих режимов, т. е. иметь представление о том, будут ли пренебрежимо малые возмущения нарастать со временем, что в конечном итоге приведет к увеличению энтропии и разрушению системы. Анализ устойчивости уравнения (5) проводится также решением дифференциального уравнения путем поэлементного прибавления к элементам матрицы плотности ρ и оператору H (в диссипативном случае) малых добавок $\Delta\rho$ и ΔH , соответственно [9]. В результате полученное уравнение

ние (компоненту $\Delta\rho\Delta H$ считаем пренебрежимо малой, поэтому ее учет в анализе не ведется)

$$\frac{\partial \Delta\rho}{\partial t} = [\Delta\rho H] + [\rho \Delta H] \quad (6)$$

описывает динамику малых возмущений по времени с учетом состояния системы в текущий момент времени. Таким образом, задача устойчивости бизнес-процесса кажется не такой три-виальной, поскольку необходимо учитывать не только нынешнюю структуру системы, но и ее состояние, а это, учитывая необходимость применения численных методов для анализа сложных систем, не такая простая задача. Метод Ляпунова [10] для решения уравнения (6) подразумевает представление $\Delta\rho$ и ΔH в следующем виде:

$$\Delta\rho \rightarrow \Delta\rho_1 e^{\lambda t}, \Delta H \rightarrow \Delta H_1 e^{\lambda t}, \quad (7)$$

где t — время.

Подстановка (7) в уравнение (6) приводит к линейному алгебраическому уравнению на собственные значения λ :

$$\lambda \Delta\rho_1 = [\Delta\rho_1 H] + [\rho \Delta H_1]. \quad (8)$$

Из уравнения (8) следует, что если все собственные значения λ неположительны, то малые возмущения плотности не будут нарастать со временем, а следовательно, бизнес-процесс будет устойчивым. Если хотя бы одно из собственных значений будет положительным, то, естественно, будет реализовываться худший вариант и система будет демонстрировать неустойчивое поведение. На рис. 3, а показан схематический пример устойчивой динамики процесса в выбранной системе координат. Рис. 3, б демонстрирует потерю устойчивости в силу реакции на возбудители. На обоих рисунках пунктиром отмечены граничные критерии стабильного развития динамического процесса.

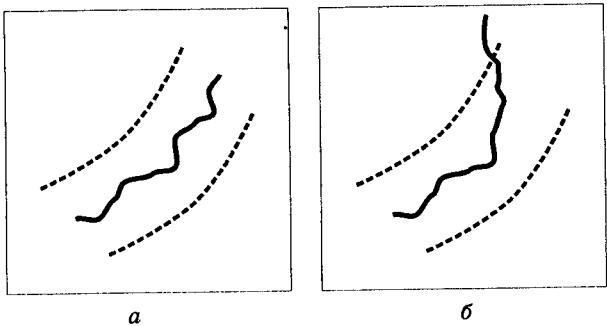


Рис. 3. Эволюция бизнес-процессов:
а — устойчивая; б — неустойчивая

Критериями устойчивости называются правила, позволяющие исследовать устойчивость системы без непосредственного нахождения корней характеристического уравнения. Математически все формы критериев устойчивости

эквивалентны, так как они определяют условия, при которых корни характеристического уравнения лежат в левой полуплоскости комплексной плоскости корней.

Одним из таких критериев является критерий Гурвица — это алгебраический критерий позволяющий в аналитической форме связать условия устойчивости с параметрами системы и выделить области устойчивости.

Еще одним критерием, позволяющим исследовать устойчивость системы без непосредственного нахождения корней характеристического уравнения, является критерий Рауса — это алгебраический критерий, позволяющий судить о устойчивости системы по коэффициентам характеристического уравнения. Особенно удобен он в тех случаях, когда эти коэффициенты заданы численно, а степень характеристического уравнения высока и использование критерия Гурвица затруднительно.

Заключение

Описанная методика и анализ ее устойчивости позволяют определить оптимальные режимы реализации бизнес-процессов, их стабильного функционирования в условиях внутренней и внешней неопределенности при принятии решения. Также, пользуясь данной моделью, возможно определить параметры и режимы, при которых реализуется неустойчивость развития процесса и возникновение "катастроф", факты происшествия и его локализация, т. е. резкого неконтролируемого изменения состояния системы. Применительно к экономическому субъекту это выражается в уменьшении выручки или убытках предприятия, в снижении стоимости акций и т. д. Поэтому выявление таких режимов и предсказание их возникновения, а главное, управление ими является важной задачей описания бизнес-процессов, решить которую позволит данная модель.

Данное исследование проводилось в рамках договора № 13.Г25.31.0096 с Министерством образования и науки Российской Федерации "Создание высокотехнологичного производственного кросс-платформенных систем обработки и структурированной информации на основе свободного программного обеспечения для повышения эффективности управления инновационной деятельностью предприятия в современной России".

Литература

- Панченков А. Н. Энтропия. — Н. Новгород, Издательство "Интерсервис", 1999.
- Прангшили И. В. Энтропийные и другие системы закономерности: вопросы управления сложными системами. М.: Наука, 2003.
- Мартынов А. С., Артюхов В. В., Виноградов В. Ильин Н. И., Черенков М. В. Россия стратегии инвестирования в кризисный период (инвестиционный климат России). М.: ПАИМС, 1994.

ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ

4. Прангисвили И. В. Системный подход и системные закономерности. — М.: СИНТЕГ, 2000.
5. Jae-Yoon Jung, Chang-Ho Chin, Jorge Cardoso. An entropy-based uncertainty measure of process models. *Information Processing Letters* 111 (2011) 135–141.
6. Parvathi Chundi Rui Zhang, Entropy Based Measure Functions for Analyzing Time Stamped Documents, *Proceedings of the Fourth Workshop on Text Mining, Sixth SIAM International Conference on Data Mining, Hyatt Regency Bethesda, Maryland, April 22, 2006.*
7. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах: От диссипативных структур к упорядоченности через флуктуации. — М.: Мир, 1979.
8. Блум К. Теория матрицы плотности и ее приложения. — М.: Мир, 1983.
9. Климентович Ю. Л. Статистическая теория открытых систем. — М.: Янус, 2001.
10. Ляпунов А. М. Общая задача об устойчивости движения. — Л.; М., 1950.

AN ENTROPY BASED APPROACH FOR BUSINESS PROCESS MODELING

A. I. Gromov, Yu. A. Stavenko

National Research University "Higher School of Economics", Moscow, Russia

This article discusses and applies an approach to solution of business process monitoring task on the basis of study of entropy characters of an acting business system information field, which is considered from a view of behavior and modeling of open systems. Process flow continuity in time is taken to account. A method of stability judgment for business process dynamic structure is described.

Keywords: business process management, entropy, process monitoring, information field, virtual space.

Громов Александр Игоревич, профессор кафедры "Моделирование и оптимизация бизнес-процессов НИУ ВШЭ, директор НОЦ ТУИ.

Тел. 722-95-90 (доб. 5150). E-mail: AGromov@hse.ru

Ставенко Юлия Александровна, научный сотрудник НОЦ ТУИ.

Тел. 722-95-90 (доб. 5030). E-mail: ystavenko@convera.ru



ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ АЛГОРИТМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ТЕКУЩИХ СОСТОЯНИЙ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

А. И. Миронова-Петрищева; И. И. Миронов, д-р техн. наук

Международная инновационно-энергетическая ассоциация "Энергия Будущего", Москва, Россия

В. В. Стасев, канд. техн. наук

ЗАО "Нефтегазстрой", Москва, Россия

В. Г. Мищенко

ОАО "ТНК-BP Менеджмент", Москва, Россия

Построены эффективные интеллектуальные алгоритмы иерархического распознавания состояний сложных систем, систематизированы основополагающие методологические вопросы, направленные на решение наиболее актуальных проблем оптимизации методов оценки и распознавания.

Ключевые слова: сложная система, инверсионные образы, выборка, интеллектуальные алгоритмы.

Алгоритм интеллектуального распознавания

Известно, что разработка и функционирование алгоритмов распознавания объектов, состояний или явлений в сложных системах, когда характер признаков вероятностный, т. е. когда между признаками объектов и классами, которым они могут быть отнесены, существуют вероятностные связи, приводит к возникновению двух типов ошибок [1]. Ошибка 1-го рода совершается в том случае, если объект относится к классу θ_1 , а его считают объектом класса θ_2 , т. е. ошибочно принята гипотеза H_2 , в то время как справедлива гипотеза H_1 . Наоборот, если

справедлива гипотеза H_2 , а принята гипотеза H_1 , то совершается ошибка 2-го рода.

Особенно заметны эти ошибки при проверках гипотез, которые возникают в силу различных причин: во-первых, из-за конечно-заданных объемов данных, представленных вырожденными матрицами в виде отдельных строк и (или) столбцов отсчетов показателей; во-вторых, из-за невозможности классификации объектов либо тогда, когда по тем или другим соображениям такая классификация нецелесообразна, что приводит к нечетко заданным величинам (применительно к последнему можно сослаться на пример о необходимости классификации неко-