

П Р И К Л А Д Н А Я

ИНФОРМАТИК@

научно-практический
журнал

№ 1 (55) 2015

ISSN 1993-8314



СИНЕРГИЯ ПРИНТ

П Р И К Л А Д Н А Я

ИНФОРМАТИК@

научно-практический журнал

Том 10. № 1 (55). 2015

Январь-февраль

ISSN 1993-8314

Московский финансово-промышленный университет «Синергия»

С 19 февраля 2010 года журнал включен в Перечень ведущих периодических изданий, рекомендованных ВАК для публикации результатов диссертационных исследований.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Главный редактор

Емельянов А. А., докт. экон. н., проф., Национальный исследовательский университет «МЭИ»; Национальное общество имитационного моделирования, Санкт-Петербург

Сопредседатели редакционного совета

Рубин Ю. Б., докт. экон. н., проф., чл.-корр. РАО, ректор МФПУ «Синергия», зав. кафедрой Теории и практики конкуренции

Мешалкин В. П., докт. техн. н., проф., чл.-корр. РАН, директор Института логистики ресурсосбережения и технологической инноватики, РХТУ им. Д. И. Менделеева

Члены редакционного совета

Брекис Эдгарс, докт. экон. н., оес., ассоциированный проф., зав. кафедрой Эконометрики и бизнес-информатики, Латвийский Университет, Рига, Латвия

Волкова В. Н., докт. экон. н., проф., кафедра Системного анализа и управления Института информационных технологий и управления, СПбГПУ

Дик В. В., докт. экон. н., проф., зав. кафедрой Информационного менеджмента и электронной коммерции МФПУ «Синергия»

Дли М. И., докт. техн. н., проф., зав. кафедрой МИТЭ, зам. директора Филиала НИУ «МЭИ» в Смоленске

Козлов В. Н., докт. техн. н., проф., зав. кафедрой Системного анализа и управления Института информационных технологий и управления, СПбГПУ

Прокимов Н. Н., канд. техн. н., доцент, кафедра Информационных систем, МФПУ «Синергия»

Сухомлин В. А., докт. техн. н., проф., зав. лабораторией Открытых информационных технологий, факультет ВМК, МГУ им. М. В. Ломоносова

Халин В. Г., докт. экон. н., проф., зав. кафедрой Информационных систем в экономике, Экономический факультет СПбГУ

Шориков А. Ф., докт. физ.-мат. н., проф., кафедра Прикладной математики УралЭНИИ, Уральский Федеральный Университет им. Первого Президента России Б. Н. Ельцина

Штельцер Дирк, докт. техн. н., rer. pol. habil., проф., Глава Департамента информации и управления знаниями, Технологический Университет Ильменау, Тюрингия, Германия

Заместители главного редактора

Власова Е. А., научная редакция МФПУ «Синергия»

Прокимов Н. Н., канд. техн. н., доцент, кафедра Информационных систем, МФПУ «Синергия»

Журнал выходит с 2006 г. Периодичность издания — 6 раз в год.

Журнал индексируется в российских и зарубежных базах научной периодики eLIBRARY (РИНЦ), ВИНТИ, Ulrich's Periodicals Directory

Учредитель и издатель: Московский финансово-промышленный университет «Синергия»

Адрес редакции и издателя:

129090, Москва, ул. Мещанская, д. 9/14, стр.1 (юрид.)

125190, Москва, Ленинградский просп., д. 80, корп. Г, офис 612 (4)

Тел.: (495) 663-93-88 (доб. 1839)

e-mail: edit@s-university.ru; www.appliedinformatics.ru

© Московский финансово-промышленный университет «Синергия»

a p p l i e d INFORM@TICS

Peer-reviewed scientific journal

Vol. 10. No. 1 (55). 2015

ISSN 1993-8314

January-February

Moscow University for Industry and Finance «Synergy»

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief

A. Emelyanov, Dr of Economics, Professor, National Research University MPEI; Executive board member of NC «National Society for Simulation Modelling», St. Petersburg

Co-Chairs of the Editorial Board

Yu. Rubin, Dr of Economics, Professor, Corresponding Member of the Russian Education Academy, Head of the Theory and Practice of Competition Chair, Rector of the Moscow University for Industry and Finance «Synergy»

V. Meshalkin, Dr of Technique, Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences (RAS), Director of the Institute of Logistics and Resource Technology Innovation, D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow

Members of the Editorial Board

Edgars Brēķis, Dr. oec., Assoc. professor, Head of The Econometrics and Business Informatics Chair, Faculty of Economics and Management, Rīga, University of Latvia

V. Dick, Dr of Economics, Professor, Head of The Information Management and Electronic Commerce Chair, Moscow University for Industry and Finance «Synergy»

M. Dli, Dr of Technique, Professor, Head of The MITE Chair, Deputy Director of the National Research University MPEI Branch in Smolensk

V. Hulin, Dr of Economics, Professor, Head of The Economic Information Systems Department, St. Petersburg State University

V. Kozlov, Dr of Technique, Professor, Head of System analysis and management Chair, Institute of Information technologies and management, St. Petersburg State Polytechnical University

N. Prokimmov, PhD in Technique, Associate Professor, the Information Systems Chair, Moscow University for Industry and Finance «Synergy»

A. Shorikov, Dr. of Physics & Mathematics, Professor of The Applied Mathematics Chair, Ural Power Institute of El'cin Ural Federal University (Ekaterinburg)

V. Sukhomlin, Dr of Technique, Professor, Faculty of Computational Mathematics and Cybernetics, Lomonosov Moscow State University

Dirk Stelzer, Dr., rer. pol. habil., Professor, Head of The Information and Knowledge Management Department of Ilmenau University of Technology (TU Ilmenau), Germany

V. Volkova, Dr of Economics, Professor, System analysis and management Chair, Institute of Information technologies and management, St. Petersburg State Polytechnical University

Deputy Chief Editors

E. Vlasova, Scientific Edition Department, Moscow University for Industry and Finance «Synergy»

N. Prokimmov, PhD in Technique, Associate Professor, the Information Systems Chair, Moscow University for Industry and Finance «Synergy»

Published since 2006; Periodicity: six times a year

The journal is included into the Russian and international scientific databases: eLIBRARY (Russian Science Citation Index), VINITI (Russian Academy of Sciences), Ulrich's Periodicals Directory

Publisher: Moscow University for Industry and Finance «Synergy»

Publisher address: 9/14 s.1, Meshchanskaya str., Moscow, 129090, Russia

Editorial Office address: 80G, Leningradskiy Avenue, Moscow, 125190, Russia

Tel: +7 (495) 663-93-88 (ext.1839)

e-mail: edit@s-university.ru; www.appliedinformatics.ru

© Moscow University for Industry and Finance «Synergy»

IT-менеджмент

Управление эффективностью

Г. И. Кайгородцев, А. В. Кравченко

Методика оценки эффективности информационных систем 5

IT и образование

Образовательное пространство

Пресс-релиз

Книжные новинки 15

Технологии обучения

В. С. Лаврентьев, М. Ю. Пивовар

Оценивание профессиональной подготовленности на основе интеграла Шоке 19

Инструментальные средства

Эффективные алгоритмы

А. А. Митраков

Применение знаний для синхронизации агентов в параллельном дискретно-событийном моделировании 31

Сетевые технологии

П. П. Кейно, А. В. Силуянов

Разработка и внедрение интерпретатора декларативного языка моделирования Web-интерфейсов на высоконагруженных системах. 55

Simulation

Теория и практика

Н. Н. Прокимнов

Зарубежная практика промышленного применения технологий имитационного моделирования 71

Акторное моделирование

Е. И. Царегородцев, П. Ф. Войтко, Л. В. Петрова, А. В. Баранов

Моделирование эколого-экономической системы региона на основе системы Pilgrim 85

Лаборатория

Модели и методики

Р. Л. Белоусов, Н. А. Дрожжин, М. И. Костенчук

Построение нечетких лингвистических переменных с использованием методов кластерного анализа данных 98

Исследование процессов и систем

А. Г. Мадера, П. И. Кандалов

Компьютерное моделирование температурных полей технических систем при интервально стохастической неопределенности параметров 106

Точка зрения

Искусственный интеллект

Л. С. Болотова, А. П. Новиков, М. А. Сурхаев, А. А. Никишина

«Машины, имитирующие жизнь». Особенность архитектуры таких программных систем. 114

IT management

Performance management

G. Kaigorodtsev, A. Kravchenko

On the efficiency of information systems and the method of its estimation. 5

IT and education

Educational environment

Press-release

New books 15

Training technologies

V. Lavrentyev, M. Pivovarov

Evaluation of professional skills based on Choquet integral. 19

Tools

Algorithmic efficiency

A. Mitrakov

Knowledge applications for agent synchronization in the parallel discrete-event simulation 31

Network technologies

P. Keyno, A. Siluyanov

Design and implementation of a declarative web-interface modeling language interpreter on a high-performance distributed systems. 55

Simulation

Theory and practice

N. Prokimnov

Foreign approaches to M & S industrial-level acquisition 71

Actor modeling

E. Tsaregorodtsev, P. Voitko, L. Petrova, A. Baranov

Modelling ecological-economic system of the region using Pilgrim system 85

Laboratory

Models and methods

R. Belousov, N. Drozhzhin, M. Kostenchuk

Construction of fuzzy linguistic variables using cluster data analysis 98

Researching of processes and systems

A. Madera, P. Kandalov

Computer simulation of temperature fields in technical systems under interval stochastic uncertain parameters 106

Point of view

Artificial intellect

L. Bolotova, A. Novikov, M. Surkhaev, A. Nikishina

Characteristic of architect program systems called Life-imitating machines 114

Г. И. Кайгородцев, канд. техн. наук, доцент Новосибирского государственного технического университета, kafedra_ei@fb.nstu.ru

А. В. Кравченко, канд. техн. наук, доцент Новосибирского государственного технического университета, avk-46@mail.ru

Методика оценки эффективности информационных систем

На основе модификации метода академика В. А. Трапезникова предложен общий способ оценки эффективности и оптимизации основных параметров производственно-технологических информационных систем, а также способ оценки предельной (экономически целесообразной) размерности задач математического программирования, реализующих стратегические функции управления предприятием.

Ключевые слова: информационные системы, эффективность, оптимизация, срок окупаемости, затраты, предприятие.

Введение

Внедрение информационных систем (ИС) в управление предприятиями, как показывает практика, весьма редко сопровождается заметным ростом номенклатуры обрабатываемых данных. Экономическая эффективность ИС при этом обычно ниже, чем в случае других инноваций в производство. Простые объяснения этого факта, основанные на стандартных подходах оценки эффективности, строго говоря, некорректны. Впервые на это обратил внимание академик В. А. Трапезников [1]. Он показал, что причины данного явления носят не временный (технологический), а фундаментальный характер, обусловленный природой информационных процессов. Используя макроскопический подход к описанию сложных систем, заимствованный из техники (связь между неупорядоченностью сложных систем различной природы и их энтропией), В. А. Трапезников установил зависимость эффективности управляющих ИС от количества обрабатываемой информации. Производственные потери возникают, например, из-за несогласованности потоков материалов и энергии, про-

стоя оборудования, несвоевременности информации, колебания типоразмеров деталей и т. д. Для устранения этих причин, т. е. снижения степени неупорядоченности производства за счет эффекта управления, необходима информация, однако с ростом ее количества быстро увеличиваются затраты на обработку. Поэтому оптимизация или, по крайней мере, оценка предельного значения этой величины, является критически важной задачей при проектировании ИС.

Все сказанное относится к производственным функциям ИС (назовем их локальными), включая управление технологическими процессами. Здесь величина эффективности, как правило, поддается численной оценке и фактической регистрации. Это может быть производительность предприятия; качество продукции, которое в некоторых случаях является эквивалентом ее количества, и т. д. Более обобщенной характеристикой является годовой доход предприятия (руб./г).

Значительно сложнее задача определения эффективности функций ИС, связанных с управлением предприятием в целом (условно назовем их стратегическими). Общая закономерность, найденная В. А. Трапезни-

ковым, в этом случае остается также справедливой, однако из-за нечеткости критериев постановка задачи оптимизации теряет смысл. Поэтому данная проблема имеет не только количественный, но и концептуальный характер.

Оптимизация параметров и оценка эффективности локальных функций ИС

Авторами на основе использования концепций микроэкономики, теории информации и некоторых результатов программной инженерии предложены подходы к оценке эффективности ИС в экономике.

1. В отличие от многообразных и сложных проблем управления промышленным предприятием, часто трудно формализуемых, задачи управления производством к настоящему времени достаточно хорошо исследованы и допускают, как правило, эффективную алгоритмизацию. Основной результат их решения с использованием информационных технологий — сокращение производственных потерь, перечень и величины которых относительно легко устанавливаются на этапе обследования объекта внедрения ИС. Ясно, что чем выше степень детализации планирования и учета работы отдельных производственных единиц и вспомогательных служб, чем выше степень синхронизации их функционирования, тем ниже потери от брака, простоев оборудования, штрафных санкций и т. д. В принципе, все производственные потери, происхождение которых зависит исключительно от качества оперативного управления объектом (т. е. степени детализации его описания и своевременности решения задач ИС), могут быть сведены к нулю. Однако, как показывают опыт и теория, достижение подобной цели экономически нецелесообразно [1]. Дело в том, что с ростом номенклатуры и объема обрабатываемых данных стоимость программного обеспечения и эксплуатационные затраты, как отмечено выше, быстро увеличиваются. Упомянутая зависимость эффективности E от количества об-

рабатываемой информации I имеет следующий вид [1]:

$$E = E_{\max} \left(1 - B_0 e^{-\frac{I-I_0}{I_0}} \right). \quad (1)$$

Здесь E_{\max} — максимально возможная эффективность объекта управления; B_0 — начальное значение его неупорядоченности (интерпретация этой величины дана ниже); I_0 — количество обрабатываемой информации на момент внедрения ИС (или ее новой версии).

Представим зависимость (1) несколько в ином виде. Обозначив $\frac{E_{\max} - E}{E_m} = \delta$, получим

$$\delta = B_0 e^{-\frac{I-I_0}{I_0}}. \quad (2)$$

Из данного выражения видно, что B_0 есть не что иное, как величина относительных потерь эффективности: действительно, если $I = I_0$, то $B_0 = \delta$.

Выражения (1) и (2) удобны для качественного анализа характеристик ИС, но непригодны для практического решения задачи оптимизации I , так как эту величину предполагается измерять с использованием шенноновской меры информации. В планово-экономических и других службах предприятий величину обрабатываемой информации принято измерять количеством буквенно-цифровых знаков (реквизитов). Покажем, что и в данном случае при весьма общих предположениях относительно вида зависимости $E = E(I)$ задача ее определения допускает простое и полезное для практики решение, являющееся обобщением формулы (1).

Естественно предположить, что $E(I)$ есть монотонно возрастающая (соответственно потери $P(I)$ — убывающая) функция I , причем $E_{\max} = E(I) + P(I)$. Пусть в некоторый момент времени, когда $E(I_0) = E_0$ и $P_0 = E_{\max} - E_0$, принимается решение о внедрении ИС (или ее новой версии), обрабатывающей больший объем данных. Очевидно, что приращение эффективности $dE(I)$

должно быть пропорционально имеющемуся резерву ее повышения — остаточной неупорядоченности объекта управления, иными словами $dE(l) = K(E_{\max} - E(l) - ql)dl$.

Однако к потерям следует отнести теперь и затраты на обработку l знаков информации, где q — годовая стоимость обработки одного знака.

Приняв коэффициент пропорциональности $K = \frac{1}{l_0}$, перепишем последнее выражение в стандартном виде

$$\frac{dE(l)}{dl} + \frac{E(l)}{l_0} + \frac{1}{l_0}(ql - E_{\max}) = 0. \quad (3)$$

Это дифференциальное уравнение имеет единственное решение [2]

$$E(l) = E_{\max} - P_0 e^{-\frac{l-l_0}{l_0}} - q(l - l_0). \quad (4)$$

Заметим, что выражение (4), если положить $\frac{P_0}{E_m} = \frac{E_m - E}{E_m} = B_0$ и $q = 0$ (отсутствие затрат на обработку информации), переходит в (1).

Теперь нетрудно определить оптимальные значения $l_{\text{опт}}$ и $E_{\text{опт}}$. Решив уравнение $\frac{dE(l)}{dl} = 0$, получим

$$l_{\text{опт}} = l_0 \left(1 + \ln \frac{P_0}{ql_0} \right), \quad (5)$$

а после подстановки (5) в (4) —

$$E_{\text{опт}} = E_{\max} - ql_0 \left(1 + \ln \frac{P_0}{ql_0} \right). \quad (6)$$

Из выражения (5) следует, что если $ql_0 = P_0$ (стоимость обработки l_0 знаков по новой технологии равна существующим потерям), то ее внедрение не имеет экономического смысла, так как $l_{\text{опт}} = l_0$.

Поэтому будем считать, что $\frac{P_0}{ql_0} > 1$. Тогда абсолютный рост эффективности составит

$$\begin{aligned} \Delta E &= E_{\text{опт}} - E_0 = \\ &= E_{\max} - ql_0 \left(1 + \ln \frac{P_0}{ql_0} \right) - E_0 = \\ &= P_0 - ql_0 \left(1 + \ln \frac{P_0}{ql_0} \right), \end{aligned} \quad (7)$$

а коэффициент эффективности ИС

$$\frac{\Delta E}{E_0} = \frac{P_0 - ql_0 \left(1 + \ln \frac{P_0}{ql_0} \right)}{E_0}. \quad (8)$$

Далее, нетрудно найти такой важный показатель успешности проекта ИС, как срок окупаемости $T_{\text{ок}}$. Так как затраты на обработку увеличенного объема данных составляют

$$\begin{aligned} Q &= ql_{\text{опт}} = ql_0 \left(1 + \ln \frac{P_0}{ql_0} \right), \text{ то} \\ T_{\text{ок}} &= \frac{Q}{\Delta E} = \frac{ql_0 \left(1 + \ln \frac{P_0}{ql_0} \right)}{P_0 - ql_0 \left(1 + \ln \frac{P_0}{ql_0} \right)}. \end{aligned} \quad (9)$$

Как видно из полученных соотношений, определяющую роль играет параметр $\varepsilon = \frac{P_0}{ql_0}$ — отношение значения потерь к стоимости обработки начального количества информации l_0 по новой технологии. Он характеризует потенциальные возможности проекта ИС. По мере уменьшения ε и приближения его к единице $\Delta E \rightarrow 0$, а $T_{\text{ок}} \rightarrow \infty$.

В табл. 1 приведен ряд значений $\frac{\Delta E}{E_0}$ и $T_{\text{ок}}$ как функций ε при $E_0 = 0,9E_{\max}$ и $P_0 = 0,1E_{\max}$.

Интервал расчетных значений коэффициента эффективности ИС $\frac{\Delta E}{E_0}$ хорошо совпадает с тем, который имеет место на практике, — от 1 до 3%. Более высокие показатели встречаются значительно реже,

Таблица 1. Значения коэффициента эффективности и срока окупаемости ИС в зависимости от ϵ
Table 1. Values of efficiency coefficient and payback period for information system depending on ϵ

Значение потенциальных возможностей	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6
$\frac{\Delta E}{E_0}, \%$	0,9	1,1	1,3	1,6	1,7	1,9	2,2	2,3	2,4	2,7	2,8
$T_{окт},$ годы	11,5	9	7,3	6,1	5,2	4,3	4	3,7	3,5	3,1	3

в тех случаях, когда стартовые уровни автоматизации управления производством относительно низкие [1, 3].

Некоторый интерес представляет характеристика ИС, аналогичная коэффициенту полезного действия теплового двигателя (КПД). Так как приращение эффективности по абсолютной величине не может превышать P_0 , то отношение

$$\frac{\Delta E}{P_0} = \frac{P_0 - ql_0 \left(1 + \ln \frac{P_0}{ql_0} \right)}{P_0} = 1 - \frac{ql_0}{P_0} \left(1 + \ln \frac{P_0}{ql_0} \right) = 1 - \frac{\ln \epsilon \epsilon}{\epsilon}$$

может служить, как и КПД, некоторой мерой совершенства программно-технического комплекса ИС. Чем меньше затраты на его внедрение и эксплуатацию, тем выше эта характеристика (при $\epsilon = 1,6$, например, он равен 8,5%, а при $\epsilon = 2,6$ — 25%). Таким образом, значительная часть затрат идет на нейтрализацию неупорядоченности управляемого объекта и только меньшая их доля — на создание регистрируемого положительного эффекта.

Из выражений $\epsilon = \frac{P_0}{ql_0}$ и $Q = ql_0 \left(1 + \ln \frac{P_0}{ql_0} \right)$ следует важное практическое следствие: $Q = \frac{P_0}{\epsilon} (1 + \ln \epsilon)$. Если в результате предпринятого обследования найдена величина P_0 , то, используя эту формулу, можно с достаточной для экспресс-оценки точностью установить предельные затраты на создание программно-технического комплекса ИС.

Приняв $\epsilon = 2$, видим, что она не должна превосходить $0,84P_0$. Это позволяет сразу значительно сократить количество возможных вариантов проекта, исключив те из них, которые не удовлетворяют данному условию.

Все аналитические зависимости и выводы, рассмотренные выше, получены на основе макроподхода. Точный дифференцированный учет вклада каждой функции (подсистемы) в общую величину $E_{онт}$ практически невозможен, так как источником эффективности ИС является общее уменьшение неупорядоченности производства, характеризуемой комплексным показателем δ . Однако в части логистики, с учетом типа предприятия и характера производства, они допускают ранжирование, которое необходимо учитывать при разработке и порядке внедрения проекта. Для машиностроительных предприятий, например, ориентированных на частое обновление своей продукции, ведущую роль играет подсистема технической подготовки производства. Ее назначение заключается в своевременном обеспечении производственных подразделений конструкторской, технологической и нормативной документацией, а также в организации и подготовке их к выпуску новых изделий. У этой подсистемы системообразующий характер, поддерживающий базу данных, необходимую для реализации других функций: технико-экономического планирования; оперативного управления основным производством и т. д. Поэтому интегральный эффект воздействия ИС на объект управления, заключающийся в синхронизации производственных процессов, ритмичной работе подразделений

и служб предприятия, повышении качества его продукции и т. д., не поддается однозначному разложению на составляющие. По этой же причине не имеют экономического смысла и проекты частичной автоматизации управления.

2. В противоположность организационно-экономическим функциям ИС, где объемы данных измеряются количеством буквенно-цифровых знаков, в системах автоматизированного управления технологическими процессами (АСУТП) естественной является теоретико-информационная мера Шеннона. Дело в том, что любая физическая величина A при ее измерении преобразуется в дискретную (цифровую) форму с некоторым шагом ΔA . Точность такой операции характеризуется относительной погрешностью $\mu = \frac{\Delta A}{A}$, а количество информации, полученное при этом, определяется как $I = \ln \frac{1}{\mu} = \ln \frac{A}{\Delta A}$ (заметим, что основание логарифмов существенного значения не имеет). Повышение точности измерения, т. е. уменьшение μ , приводит к росту количества информации, так что если $\mu_1 < \mu_0$, то $\Delta I = \ln \frac{1}{\mu_1} - \ln \frac{1}{\mu_0} = \ln \frac{\mu_0}{\mu_1}$.

Рассмотрим некоторую обобщенную схему АСУТП. Эффективность ее функционирования E зависит от точности выполняемых технологических операций. Это могут быть: очистка веществ от примесей; обработка группы деталей с установленным допуском и т. д. Как и в предыдущем разделе (п. 1), будем считать, что $E_{\max} = E + P$, причем в начальном состоянии (до модернизации АСУТП) имело место равенство $E_{\max} = E_0 + P_0$. Очевидно, что потери эффективности должны быть пропорциональны относительной погрешности измерительной системы, т. е. $P_0 = E_{\max} \mu_0$. Снижение их до уровня $P = E_{\max} \mu_1$ может быть достигнуто только за счет эффекта управления, для реализации которого необходимо получить $\Delta I = n \ln \frac{\mu_0}{\mu_1}$ информации; здесь

n — количество измеряемых величин. Далее по аналогии с предыдущим (п. 1) введем стоимость единицы информации q_1 . Эта величина в данном случае определяется затратами на установку новой, более точной измерительной системы (программное обеспечение может остаться неизменным). Таким образом, выражение эффективности для АСУТП может быть записано в виде

$$E = E_{\max} - E_{\max} \mu_1 - nq_1 \ln \frac{\mu_0}{\mu_1}. \quad (10)$$

Решив уравнение $\frac{dE}{d\mu_1} = 0$, найдем оптимальную величину новой относительной погрешности $\mu_{\text{опт}} = \frac{nq_1}{E_{\max}}$. Подстановка ее в (10) дает

$$\begin{aligned} E_{\text{опт}} &= E_{\max} - nq_1 - nq_1 \ln \frac{\mu_0 E_{\max}}{nq_1} = \\ &= E_{\max} - nq_1 - nq_1 \ln \frac{P_0}{nq_1}. \end{aligned}$$

Поэтому увеличение эффективности составит

$$\begin{aligned} \Delta E &= E_{\text{опт}} - E_0 = P_0 - nq_1 - nq_1 \ln \frac{P_0}{nq_1} = \\ &= P_0 - nq_1 \left(1 + \ln \frac{P_0}{nq_1} \right). \end{aligned}$$

Как видно, это выражение аналогично (7), то же самое имеет место для коэффициента эффективности $\frac{\Delta E}{E_0}$ (8) и срока окупаемости $T_{\text{ок}}$ (9). Несколько изменив рассуждения, уравнение (10) можно было бы записать в виде $E = E_{\max} - P_0 e^{-(I-I_0)} - nq_1(I-I_0)$, как и (4), придя затем к тем же результатам, что и выше.

Таким образом, хотя природа объектов управления рассмотренных ИС абсолютно различна, его информационные аспекты и критерии эффективности по существу идентичны. Различие между ними носит количественный характер. Так, для АСУТП па-

раметр ϵ в среднем вдвое выше, чем для организационно-экономических ИС. Как следствие, их коэффициент эффективности равен $2 \div 6\%$, редко — $10 \div 15\%$ при сроках окупаемости до одного года. Основным источником эффективности АСУТП — увеличение производительности оборудования. Наилучшие результаты достигаются, если одновременно производится внедрение нового высокопроизводительного технологического процесса. Однако и при неизменных условиях происходит рост производительности оборудования на отмеченные выше $2 \div 6\%$. Это уменьшает себестоимость продукции за счет сокращения условно-постоянных расходов. Одновременно имеет место заметная экономия материалов и энергии. Наконец, переход на автоматическое управление всегда сопровождается повышением качества продукции. Значение последнего фактора может выходить за рамки предприятия, когда качество сопоставимо с количеством. Например, увеличение долговечности такой продукции, как электролампы, режущий инструмент, автомобильные шины и т. п., для потребителей эквивалентно увеличению количества их выпуска. Это очень важно и для экологии, так как уменьшается интенсивность роста промышленных и бытовых отходов.

Оптимизация параметров и оценка эффективности стратегических функций ИС

Успешная реализация стратегических функций ИС предприятия (перспективное планирование; оценка вариантов инновационного развития; диагностика и прогноз надежности технологического оборудования и т. п.) также зависит от объемов обрабатываемых данных. Теперь большое значение имеет не столько количество знаков, сколько число учитываемых факторов — параметров внешней среды. В содержательном отношении это чаще всего размерность задач математического программирования, реализующих названные выше функции ИС.

Поэтому возникает проблема оценки предельной (экономически целесообразной) величины этой размерности.

Пусть нормальное состояние предприятия зависит от n параметров, области значений которых заданы неравенствами $a_i \leq x_i \leq b_i, i = 1, n$. Предположим, что вероятность нарушения любого из них в течение установленного интервала времени равна P_i . Тогда, приняв для упрощения записи $P = \max P_i$, найдем, что вероятность такого

события будет $1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i) = 1 - (1 - P)^n \approx nP$

(примем, что при этом неравенство $nP \leq 1$ всегда выполняется). Величина неопределенности, связанная с данной вероятностью, равна энтропии $H = -\ln np$. Для ее уменьшения до некоторого доступного значения $H_1 = -\ln n_1 p$ (именно в этом и заключается задача управления объектом) необходимо получить количество информации, равное разности значений энтропии [4]:

$$I = H - H_1 = -\ln np + \ln n_1 p = -\log \frac{n_1}{n}. \quad (11)$$

Ввиду невозможности корректного определения эффективности стратегических функций ИС воспользуемся не строгим, но экономически содержательным понятием предельной полезности [5].

Обозначим α полезность единицы информации в денежном выражении. Тогда предельная полезность в соответствии с определением этой величины для I (обозначается LI) запишется в виде

$$LI = \frac{d}{dn} \left(-\alpha \ln \frac{n_1}{n} \right) = \frac{\alpha}{n}. \quad (12)$$

По существу, это темп убывания информативности и соответственно полезности учитываемых параметров с ростом их количества.

Если принять за n величину совокупного словаря программ стратегических функций ИС, то их общий объем составит $2n \log_2^2 n$ бит (в программметрических расчетах используются только двоичные логарифмы) [6, 7]. При стоимости единицы про-

граммного обеспечения (ПО) β (характеристики коэффициентов α и β и способы их определения даны ниже) общие затраты на его разработку составят

$$C = 2\beta n \log_2^2 n, \quad (13)$$

а темпы их роста при увеличении n

$$\begin{aligned} \frac{dC}{dn} &= \frac{d}{dn} (2\beta n \log_2^2 n) = 2\beta \left(\log_2^2 n + \frac{2}{\ln 2} \log_2 n \right) = \\ &= 2\beta n \log_2 n \left(\log_2 n + \frac{2}{\ln 2} \right) \approx 2\beta n \log_2 n \cdot \log 8n. \end{aligned}$$

Очевидно, что при достижении равенства $Ll = \frac{dC}{dn} n$ принимает предельное значение $n_{пр}$. После записи и упрощения это уравнение примет вид $n = \frac{\alpha}{2\beta \log_2 n \cdot \log_2 8n}$.

Его решением (в первом приближении) является выражение

$$n_{пр} \approx \frac{\alpha}{2\beta \log_2^2 \frac{\alpha}{\beta}}$$

или, если положить $\frac{\alpha}{\beta} = \gamma$,

$$n_{пр} = \frac{\gamma}{2 \log_2^2 \gamma}. \quad (14)$$

Теперь можно определить совокупную полезность информации и совокупные затраты на ПО, иначе говоря, их интегральные значения. Подставив (14) в (11) и (12), получим совокупную полезность информации

$$\alpha l = \alpha \left(-\ln \frac{n_1}{n_{пр}} \right) = -\alpha \ln \frac{2n_1 \log_2^2 \gamma}{\gamma} = \alpha \ln \frac{\gamma}{2n_1 \log_2^2 \gamma}$$

и совокупные затраты на ПО

$$\beta C = 2\beta n_{пр} \log_2^2 n_{пр} = 2\beta \frac{\gamma}{2 \log_2^2 \gamma} \log_2^2 \frac{\gamma}{2 \log_2^2 \gamma} \approx \alpha.$$

Из требования экономической эффективности проекта должно следовать, что $\alpha l \geq \beta C$. Поэтому выражение для условного срока окупаемости можно записать как

$$T_{ок} \geq \frac{\beta C}{\alpha l} = \frac{1}{\ln \frac{\gamma}{2n_1 \log_2^2 \gamma}}$$

или, компактнее,

$$T_{ок} \geq \frac{1}{\ln \frac{n_{пр}}{2n_1}}. \quad (15)$$

Далее на основе численной оценки $n_{пр}$ значение n_1 можно вычислить по формуле (14), представив ее в виде

$$n_1 \leq \frac{n_{пр}}{2} e^{-\frac{1}{T_{ок}}} \quad (16)$$

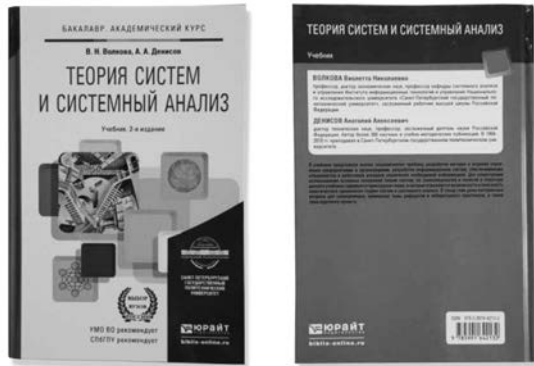
и задав величину $T_{ок}$, приемлемую с точки зрения пользователя. Выражение (15), таким образом, является решением задачи, поставленной в начале данного раздела, об экономически целесообразном количестве факторов — входных переменных для реализации стратегических функций ИС. Для примера несколько значений $T_{ок}$ (при

фиксированном отношении $\frac{n_{пр}}{n_1}$) приведены в табл. 2.

Как видно, по мере приближения n_1 к $n_{пр}$ срок окупаемости быстро возрастает до неприемлемой величины и при $n_1 = \frac{n_{пр}}{2}$ обращается в бесконечность.

Остановимся более подробно на смысле и характеристиках коэффициентов α и β . Прежде всего каждый из них имеет одну и ту же размерность — *денежная единица/бит*. Современное состояние расчетных методов программной инженерии позволяет с достаточной точностью сделать проектные оценки объема ПО (в битах) и его сметной стоимости. Поскольку численное значение объема при такой единице измерения может иметь порядок $(10^7 \pm 10^8)$ бит при меньшем порядке сметы, то $\beta \approx 1$. Так, например, оценка значения этого коэффициента, полученного на основе фактических данных [8, 9], составляла: для большой операционной системы $\beta \approx 1,2$ доллар/бит; для транслятора $\beta \approx 0,3$ доллар/бит; для прикладных программ $\beta \approx 0,1$ доллар/бит.

Книжные новинки



Летом 2014 года вышли в свет три учебника, представляющие интерес для разработки информационных систем.

Волкова В. Н., Денисов А. А. Теория систем и системный анализ: учебник для академического бакалавриата, 2-е издание, переработанное и дополненное. — М.: Юрайт, 2014. — 616 с. — Серия: Бакалавр. Академический курс. ISBN 978-5-9916-4213-2

Рекомендовано ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет» в качестве учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 010502 (351400) «Прикладная информатика».

УДК 303.732: [338–658.01] (075.8)
ББК 32.965я73
В67

Авторы:

Волкова Виолетта Николаевна — профессор, доктор экономических наук, профессор кафедры системного анализа и управления Института информационных технологий и управления Национального исследовательского университета «Санкт-Петербургский государственный

политехнический университет», заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;

Денисов Анатолий Алексеевич, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации. В 1958–2010 гг. преподавал в Санкт-Петербургском государственном политехническом университете.

Рецензенты:

Соколов Д. В. — доктор экономических наук, профессор;

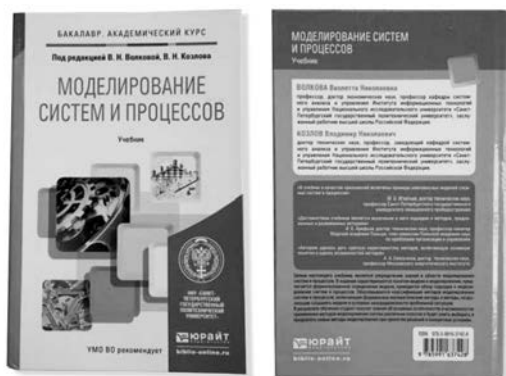
Фирсов А. Н. — кандидат физико-математических наук, доцент.

В учебнике даются основные понятия теории систем и системного анализа. Определено их место среди других научных направлений. Показана принципиальная ограниченность формализованного описания развивающихся систем с активными элементами, рассмотрены классификации систем, закономерности их функционирования и развития, методы моделирования и анализа. Приведены примеры разработки и применения методик и моделей системного анализа при проектировании и организации функционирования систем управления предприятиями и организациями, при управлении проектами технических комплексов и моделировании других процессов принятия решения в сложных проблемных ситуациях.

Соответствует Федеральному образовательному стандарту высшего профессионального образования четвертого поколения.

Для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки, связанным с проектированием сложных технических комплексов, разработкой информационных систем, принятием решений при управлении техническими, социально-экономическими объектами и процессами.

Книга доступна в электронной библиотечной системе *biblio-online.ru*



Моделирование систем и процессов: учебник для академического бакалавриата / В. Н. Волкова, Г. В. Горелова, В. Н. Козлов и др. / под ред. В. Н. Волковой, В. Н. Козлова. М.: Юрайт, 2014. — 592 с. — Серия: Бакалавр. Академический курс.

ISBN 978-5-9916-3742-8.

УДК 68 (0758)
ББК 32.965я73
М74

Ответственные редакторы:

Волкова Виолетта Николаевна — профессор, доктор экономических наук, профессор кафедры системного анализа и управления Института информационных технологий и управления Национального исследовательского университета «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет», Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;

Козлов Владимир Николаевич — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой системного анализа и управления Института информационных технологий и управления Национального исследовательского университета «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет», Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации.

Авторский коллектив:

Волкова Виолетта Николаевна — доктор экономических наук, профессор кафедры системного анализа и управления Института информационных технологий и управления НИУ «СПбГПУ» (г. Санкт-Петербург), Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;

Горелова Галина Викторовна — доктор экономических наук, профессор кафедры государственного и муниципального управления Инже-

нерно-технологической академии Южного федерального университета (г. Таганрог);

Козлов Владимир Николаевич — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой системного анализа и управления Института информационных технологий и управления НИУ «СПбГПУ» (г. Санкт-Петербург), Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;

Лыпгарь Юрий Иванович — доктор технических наук, профессор кафедры системного анализа и управления Института информационных технологий и управления НИУ «СПбГПУ»;

Паклин Николай Борисович — кандидат технических наук, доцент кафедры общей и теоретической физики и МФ физико-математического факультета РГУ им. С. А. Есенина (г. Рязань);

Фирсов Андрей Николаевич — доктор технических наук, профессор кафедры системного анализа и управления Института информационных технологий и управления НИУ «СПбГПУ», заместитель заведующего кафедрой по научной работе;

Черенькая Людмила Васильевна — доктор технических наук, профессор кафедры системного анализа и управления Института информационных технологий и управления НИУ «СПбГПУ».

Рецензенты:

Игнатьев М. Б. — доктор технических наук, профессор Санкт-Петербургского государственного университета авиационного приборостроения;

Арефьева И. Б. — доктор технических наук, профессор Морской академии Польши, член комиссии Польской академии наук по проблемам организации и управления;

Емельянов А. А. — доктор технических наук, профессор Московского энергетического института (Технического университета).

Целью настоящего учебника является упорядочение знаний в области моделирования систем и процессов. В издании характеризуются понятия модели и моделирования, предлагается формализованное определение модели, приводится обзор подходов и методов моделирования систем и процессов. Обосновывается классификация методов моделирования систем и процессов, включающая формальные математические методы и методы, позволяющие создавать модели в условиях неопределенности проблемной ситуации.

В результате обучения студент получит знания об основных особенностях и возможностях

применения методов моделирования систем различных классов и будет уметь выбирать и предлагать новые методы моделирования при принятии решений в конкретных условиях.

Соответствует Федеральному образовательному стандарту высшего профессионального образования четвертого поколения.

Для студентов, обучающихся по направлению «Системный анализ и управление». Может быть полезен для студентов других специальностей, связанных с проектированием сложных технических комплексов и разработкой систем управления.

«В учебник в качестве приложений включены примеры комплексных моделей сложных систем и процессов».

М. Б. Игнатьев

«Достоинством учебника является включение в него подходов и методов, предложенных и развиваемых авторами».

И. Б. Арефьев

«Авторам удалось дать краткую характеристику методов, включающую основные понятия и возможности их использования».

А. А. Емельянов

Книга доступна в электронной библиотечной системе *biblio-online.ru*



Волкова В. Н. Теория информационных процессов и систем: учебник и практикум для академического бакалавриата. М.: Юрайт, 2014. — 502 с. — Серия: Бакалавр. Академический курс.

ISBN 978-5-9916-3742-8.

УДК 621
ББК 32.81я73
В67

Автор:

Волкова Виолетта Николаевна — профессор, доктор экономических наук, профессор кафедры системного анализа и управления Института информационных технологий и управления Национального исследовательского университета «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации.

Рецензенты:

Черный Ю. Ю. — кандидат философских наук, заместитель директора ИНИОН РАН по научной работе;

Карпов В. И. — доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Института инновационных технологий при Российском экономическом университете им. Г. В. Плеханова;

Болотова Л. С. — профессор, доктор технических наук, профессор кафедры вычислительной техники Московского государственного технического университета радиотехники, электроники, автоматики.

В учебнике излагаются теоретические основы разработки и организации функционирования информационных систем (ИС) различного вида и назначения. Дается понятие об информатике и информации, ее видах и свойствах, о видах и методах моделирования информационных процессов. Рассматриваются особенности разработки автоматизированных информационных систем (АИС) как первой стадии автоматизированных систем управления предприятиями (АСУП), особенности документальных и документально-фактографических информационно-поисковых систем научно-технической информации; представлены структура и принципы функционирования автоматизированных систем нормативно-методического обеспечения управления предприятиями (АСНМОУ). Дается представление о разработке методик организации проектирования и сравнительного анализа готовых программных продуктов при создании ИС для конкретного предприятия (организации). Рассматриваются