

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 справедливым, 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. Основным результатом 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
$T_{ок}, \text{годы}$	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 превзойти P_0 , то отношение

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

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 $\varepsilon = 1,6$, например, он равен 8,5%, а при $\varepsilon = 2,6$ — 25%). Таким образом, значительная часть затрат идет на нейтрализацию неупорядоченности управляемого объекта и только меньшая их доля — на создание регистрируемого положительного эффекта.

Из выражений $\varepsilon = \frac{P_0}{ql_0}$ и $Q = ql_0 \left(1 + \ln \frac{P_0}{ql_0} \right)$ следует важное практическое следствие: $Q = \frac{P_0}{\varepsilon} (1 + \ln \varepsilon)$. 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 $\varepsilon = 2$, 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 $E_{\text{опт}}$ 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 одно-значному 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

$$E = E_{\max} - E_{\max} \mu_1 - n q_1 \ln \frac{\mu_0}{\mu_1}. \quad (10)$$

Решив уравнение $\frac{dE}{d\mu_1} = 0$, найдем оптимальную величину новой относительной погрешности $\mu_{\text{опт}} = \frac{n q_1}{E_{\max}}$. Подстановка ее в (10) дает

$$\begin{aligned} E_{\text{опт}} &= E_{\max} - n q_1 - n q_1 \ln \frac{\mu_0 E_{\max}}{n q_1} = \\ &= E_{\max} - n q_1 - n q_1 \ln \frac{P_0}{n q_1}. \end{aligned}$$

Поэтому увеличение эффективности составит

$$\begin{aligned} \Delta E &= E_{\text{опт}} - E_0 = P_0 - n q_1 - n q_1 \ln \frac{P_0}{n q_1} = \\ &= P_0 - n q_1 \left(1 + \ln \frac{P_0}{n q_1} \right). \end{aligned}$$

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 $E = E_{\max} - P_0 e^{-(I-I_0)} - n q_1 (I - I_0)$, как и (4), приравняв 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 $2n \log_2 n$ 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 $n_{\text{пр}}$. После записи и упрощения это

$$\text{уравнение примет вид } n = \frac{\alpha}{2\beta \log_2 n \cdot \log_2 8n}.$$

Его решением (в первом приближении) является выражение

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

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

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

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

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

и совокупные затраты на ПО

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

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

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

или, компактнее,

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

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

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

и задав величину $T_{\text{ок}}$, 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 $T_{\text{ок}}$ (при

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

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

Таблица 2. Значения срока окупаемости при фиксированном отношении $\frac{n_{\text{пр}}}{n_1}$

Table 2. Values of payback period for fixed ratio $\frac{n_{\text{пр}}}{n_1}$

Значения $\frac{n_{\text{пр}}}{n_1}$	4	2,8	2,52	2,4	2,24	2,18	2,14
$T_{\text{ок}}$, годы	1,44	3	4,3	5,5	8,8	11,6	14,7

Коэффициент α , определяемый, как правило, экспертным способом, характеризует ценность информации. Для рассматриваемого подхода к экономической эффективности ИС он имеет принципиальное значение. Чтобы уточнить его смысл и порядок величины, рассмотрим условный пример. Предположим, что речь идет о системе диагностического контроля и прогноза надежности оборудования технологического комплекса. На основе сценариев возможных аварий и оценки ущерба делается расчет затрат для восстановления нормального режима работы. Так как надежность управляемого комплекса за счет функционирования ИС значительно возрастет, то никаких потерь в течение гарантированного периода нет. Коэффициент α в этом случае вычисляется как отношение затрат на ликвидацию возможной аварии к количеству информации измерительной системы, выраженной в битах. Поскольку порядок величины знаменателя, очевидно, значительно меньше порядка числителя, то $\alpha \gg 1$.

Основным назначением стратегических функций ИС, как отмечено выше, является решение разнообразных задач математического программирования. Поэтому может оказаться, что n_1 есть размерность одной из них, например задачи дискретной оптимизации. Ясно, что в этом случае величина n_1 должна приниматься также с учетом практических достижений в области разработки эффективных (быстрых) алгоритмов их решения.

Заключение

В современной практике, зарубежной и отечественной, сложилось множе-

ство подходов, методологий и методик для оценки эффективности информационных систем. Основные идеи и особенности современных методик изложены в многочисленных публикациях и локальных стандартах, описание которых достаточно полно представлено в работах К. Г. Скрипкина и Т. В. Преображенской [10, 11]. Предлагаемая методика наиболее востребована предприятиями машиностроительной отрасли, выпускающими продукцию повышенной сложности. Опыт создания ИС для таких объектов показал, что на начальной стадии проекта заказчик не в состоянии сформулировать полностью и точно все требования к будущей системе. Поэтому процесс постановки задач и разработки ПО неизбежно приобретает итеративный характер.

Анализ результатов текущей стадии может потребовать изменения любой из предыдущих, вплоть до создания их новых версий. Для управления таким труднопрогнозируемым процессом критически необходимой становится оценка полной стоимости проекта и его эффективности на основе экспресс-обследования предприятия. Данная методика, в которой используются преимущества макроподхода к описанию сложных объектов, фактически до начала работ обеспечивает достижение этой цели. Для расчетов используется весьма ограниченный объем следующих доступных данных: а) средние значения плановых и фактических показателей E_{max} , E_0 и P_0 за период времени, когда внешние экономические условия можно считать постоянными; б) среднее количество (по году) I_0 ; в) оценка q . Варьируя параметром ϵ , полезно составить аналог табл. 1. Найденное

значение Q утверждается, становится директивным и не может быть пересмотрено (без особой причины) до конца проекта.

Реализация стратегических функций является, как правило, содержанием второй очереди ИС. Здесь анализ постановок задач заканчивается численными оценками коэффициентов α и β для программметрических расчетов предельных характеристик будущего ПО.

Авторы считают, что предлагаемая методика найдет свое применение при оценке эффективности проектов информационных систем для промышленных предприятий, и прежде всего на этапе технико-экономического обоснования проектов. Это очень важно, так как результаты оценки эффективности проекта позволяют сформулировать основные параметры технического задания на разработку информационной системы. При рассмотрении проекта информационной системы как инвестиционного методика может быть дополнена набором показателей, характерных именно для инвестиционных проектов. Такими показателями могут быть: чистая текущая стоимость инвестиций, рентабельность инвестиций, внутренняя норма прибыли.

Список литературы

1. Трапезников В. А. Автоматическое управление и экономика // Автоматика и телемеханика. 1966. № 1. С. 5–22.
2. Архипов Г. И., Садовничий В. А., Чубариков В. Н. Лекции по математическому анализу: Учебник для университетов и пед. вузов / под ред. В. А. Садовничего. М.: Высшая школа, 1999. — 695 с.
3. Селезнев М. Л. Информационно-вычислительные системы и их эффективность. М.: Советское радио, 1986. — 103 с.
4. Стратонович Р. Л. Теория информации. М.: Советское радио, 1975. — 424 с.
5. Вэриан Х. Р. Микроэкономика. Промежуточный уровень. Современный подход: пер. с англ. / под ред. Н. Л. Фроловой. М.: ЮНИТИ, 1997. — 768 с.
6. Апостолова Н. А., Гольдштейн Б. С., Зайдман Р. А. О программно-метрическом подходе

к оценкам программного обеспечения // Программирование. 1995. № 4. С. 38–44.

7. Холстед М. Х. Начало науки о программах: пер. с англ. М.: Финансы и статистика, 1981. — 128 с.
8. Брукс Ф. Мифический человеко-месяц или как создаются программные системы: пер. с англ. СПб.: Символ-плюс, 1999. — 304 с.
9. Тассел Д. Ван. Стиль, разработка, эффективность, отладка и испытание программ: пер. с англ. М.: Мир, 1985. — 332 с.
10. Скрипкин К. Г. Экономическая эффективность информационных систем. М.: ДМК Пресс, 2002. — 256 с.
11. Преображенская Т. В. Информационный менеджмент. Новосибирск: Издательство НГТУ, 2010. — 228 с.

References

1. Trapeznikov V. A. *Avtomaticheskoe upravlenie i ekonomika* [Automatic control and economy]. *Avtomatika i telemekhanika* — Automation and Remote Control, 1966, no. 1, pp. 5–22.
2. Arkhipov G. I., Sadovnichiy V. A., Chubarikov V. N. *Lekcii po matematicheskomu analizu: Uchebnik dlya universitetov i ped. vuzov* [Lectures on Mathematical Analysis: A Textbook for universities and pedagogical institutes]. Ed. by V. A. Sadovnichiy. Moscow, Visshaya shkola, 1999, 695 p.
3. Seleznev M. L. *Informacionno-vichislitelnye sistemi i ikh effektivnost* [Information and computer systems and their effectiveness]. Moscow, Sovetskoe radio, 1986. 103 p.
4. Stratonovich R. L. *Teoriya informacii* [Information Theory]. Moscow, Sovetskoe radio, 1975. 424 p.
5. Varian H. R. *Intermediate Microeconomics: A Modern Approach* [Intermediate Microeconomics. A modern approach. Translated from Eng]. Ed. by N. L. Frolova. Moscow, Unity, 1997. 768 p.
6. Apostolova N. A., Goldstein B. S., Zaidman R. A. *O programmometricheskom podhode k ozenkam programmnogo obespecheniya* [About the program-metric approach to evaluation of software]. *Programmirovaniye* — Programming, 1995, no. 4, pp. 38–44.
7. Halstead M. H. *Elements of Software Science* [Elements of Software Science]. Moscow. *Finansi i statistika* — Finance and Statistics, 1981. 128 p.

8. Brooks F. *The Mythical Man-Month* [The Mythical Man-Month]. St. Petersburg, Simvol-plyus, 1999. 304 p.
9. Tassel D. *Program Style, Design, Efficiency, Debugging, and Testing* [Style, design, efficiency, debugging and testing programs]. Moscow, Mir, 1985. 332 p.
10. Skripkin K. G. *Ekonomicheskay effektivnost informazionnykh system* [Cost-effectiveness of information systems]. Moscow, DMK Press, 2002. 256 p.
11. Preobrazenskay T. V. *Informazionny menedzment* [Information management]. Novosibirsk, Izdatel'stvo NSTU, 2010. 228 p.

G. Kaigorodtsev, Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia, kafedra_ei@fb.nstu.ru

A. Kravchenko, Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia, avk-46@mail.ru

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

The introduction of information systems (IS) in enterprise management, as experience shows, quite rarely leads to increase in nomenclature of processed data. The obtained IS-related economic effectiveness is usually lower than for other innovations in production. For the first time it was noted by Academician V. A. Trapeznikov, who showed that the causes of this are not temporary or technology-related, but have fundamental basis, defined by the nature of information processes. The work proposes the common approach for estimating the effectiveness and optimization of main parameters of production-technological information systems; we also put forward a method for estimating the maximum (economically feasible) dimensions of mathematical programming problems that implement the strategic functions of enterprise management. We also show major dependencies both for optimization of parameters and estimation of IS local functions efficiency, as well as IS strategic functions. The proposed methods are probably of most interest for the enterprises in machine-building industry, which manufacture high-complexity products. The experience of creating IS for such objects showed that the customer is unable to formulate complete and accurate requirements for the future system. That is why the process of task setting and software development inevitably becomes iterative. The analysis of the results of the current stage may lead to changes in any previous ones, to the extent of creating new versions. To manage such an unpredictable process, it is necessary to estimate full project cost and its effectiveness based on express-inspection of the enterprise. This method, which is using advantages of macro-approach to describing complex objects, in fact allows the completion of this goal even before any works have started. In addition, quite limited amount of available data is required for calculations.

Keywords: information systems, efficiency, optimization, payback period, costs, enterprise.

About authors:

G. Kaigorodtsev, PhD in Technique, Associate Professor

A. Kravchenko, PhD in Technique, Associate Professor

For citation:

Kaigorodtsev G. I., Kravchenko A. V. On the efficiency of information systems and the method of its estimation. *Prikladnaya informatika* — Journal of Applied Informatics, 2015, vol. 10, no. 1 (55), pp. 5—14 (in Russian).