

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

С.С. ТАНЯНСКИЙ, Е.Е. ГРИНЕВА

Рассматриваются основные характеристики информационных систем, влияющие на качество их работы в интегрированной среде. Определены показатели качества обработки данных и программных приложений, входящих в состав информационной системы. Описана задача многокритериальной оценки качества информационных систем и модель принятия решений для выбора наилучшего варианта интеграции.

### ВВЕДЕНИЕ

Существует множество направлений развития современных информационных систем (ИС) и обширное семейство новейших систем управления базами данных (СУБД), попадающих в категорию, которую принято называть общим термином — интеграция информации [1]. Во многих случаях предусматривается использование содержимого двух или более баз данных — БД (источников информации) с последующим построением одной крупной БД (возможно, виртуальной) такой, что пользователи смогут обращаться к ней с запросами как к единому информационному пространству.

К настоящему времени вследствие ускоренного развития информационных технологий (ИТ) накоплены и продолжают расти объемы данных, манипулирование которыми в силу неоднородного характера и зачастую слабой структурированности представляет собой серьезную проблему. В условиях общественно-экономической глобализации для эффективного функционирования информационных систем и комплексов требуется разработка принципиально новых концептуально-методологических подходов к их проектированию и реализации.

Внедрение ИТ во все области деятельности современного общества настоятельно требует интеграции программных систем и комплексов, созданных на основе различных концепций, методологий, моделей и подходов. Компаниям-разработчикам программного обеспечения не удалось выработать единого подхода к созданию программных комплексов (в том числе на основе Интернет-технологий), отсутствует и стандарт в терминологии. Проблема унификации теоретико-математических, языковых, программных и инструментальных средств проектирования, реализации и сопровождения крупномасштабных ИС находится в центре внимания научных коллективов. При этом оценка качества вариантов системотехнических решений ИС проводится как на предпроектных стадиях создания ИС, так и в процессе их эксплуатации.

Множественность вариантов реализации ИС, разнообразие условий, в которых должны функционировать системы, оценка качества систем по не-

скольким характеристикам — все это усложняет решение задачи оценки и выбора наиболее эффективного варианта системы [2, 3].

Можно выделить основные проблемы интеграции ИС, состоящие в том, что единая по смыслу информация в тех или иных БД представляется по-разному. Такое различие выражается типами данных, множествами допустимых значений, семантическими различиями, отсутствующими значениями и т.п. [1]. Значения оцениваемых характеристик зависят как от состояния БД, входящей в ИС, так и от приложений, определяющих режим работы системы.

Все эти факты затрудняют однозначное определение наилучшего варианта интеграции без применения каких-либо методов и алгоритмов оценки качества функционирования различных ИС при попытке их объединения в одну систему.

В международном стандарте ISO 8402 дается следующее определение качества: «Качество — совокупность характеристик продукта, относящихся к его способности удовлетворять установленные или предполагаемые потребности».

По ГОСТу 15467-79 «Качество продукции — это совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением», а интегральным показателем качества названо «отношение суммарного полезного эффекта от эксплуатации или потребления продукции к суммарным затратам на ее создание и эксплуатацию» [4].

В Большой советской энциклопедии [5] дано определение качества продукции как совокупности свойств, определяющих степень пригодности продукции для использования по назначению. Не противоречит этим определениям и попытка лаконичной, но более расплывчатой формулировки, например, в работе [6], где «качество — это то, что удовлетворяет потребителя».

Имеются предложения по корректировке этих определений. Так, в работе [7] подчеркивается, что качество — не абсолютная категория, а зависит от конкретных условий, именно «качество — это совокупность потребительских свойств продукции, определяющих степень ее соответствия заданной конкретной потребности в фиксированных условиях потребления».

В то же время работа [8] вводит в совокупность свойств, определяющих качество, общую «совокупность технических, технологических и эксплуатационных характеристик, посредством которых изделия или услуги будут отвечать требованиям потребителя при их эксплуатации».

Для определения качества ИС необходимо рассматривать семантические свойства моделей данных. Анализ таких свойств [9,10] положил начало созданию так называемых систем управления неоднородными БД, которые позволили определить новые требования к функционированию ИС и методологии интеграции данных.

На начальной стадии процесса интеграции следует предусмотреть качество функционирования системы в целом. Детальное изучение методов управления данными, их синтаксического и семантического анализа проведено в работе [10].

## **ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ**

На начальных этапах жизненного цикла программных средств необходимо предварительно сформулировать цель проекта с детализацией ее в концепции, техническом задании или в спецификации требований. Эта детализация прежде всего состоит в выборе набора функций ИС и ее программных средств. Каждая функция описывается характеристиками качества, которые уточняют и конкретизируют требования к их содержанию и реализации.

Не прибегая к подробной детализации, ИС будем рассматривать как совокупность двух основных компонентов: данные и приложение, представляющее собой программное обеспечение, поддерживающее задачи обработки данных и функции пользователя, а оценку качества ИС — как совокупность показателей ведения данных и функционирования приложения.

При комплексном анализе качества данных не всегда удастся четко разделить требования и значения характеристик качества. С одной стороны, одна ИС обрабатывает различные по структуре, составу и содержанию данные, с другой — одни и те же данные управляются различными ИС. При анализе качества данных целесообразно рассматривать два компонента: систему управления данными и совокупность данных. Хотя эти составляющие тесно взаимодействуют при реализации конкретной БД, первоначально они создаются независимо и могут рассматриваться в своем жизненном цикле как два различных объекта.

Выбор и формирование требований к приложению состоит в анализе необходимых свойств, характеризующих качество их функционирования, под которым понимается множество свойств, обуславливающих пригодность приложения обеспечивать надежное и своевременное представление требуемой информации пользователю для ее дальнейшего использования.

В соответствии с принципиальными особенностями, назначением и свойствами каждого приложения при интеграции ИС выбираются номенклатура и значения характеристик качества для эффективного использования конечными пользователями, что делает необходимыми решение задачи оценки качества и выбор наилучшего варианта интеграции ИС.

Дальнейшие выкладки направлены на решение двух проблем — адекватного представления основных составляющих объектов ИС и определения их качества при совместном функционировании в интегрированной системе. Таким образом, материал, рассматриваемый в статье, является актуальным.

## **ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА КАЧЕСТВО ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ**

В системах БД доминирующее значение приобретают сами данные, их хранение и обработка. Для анализа свойств данных можно выделить характеристики качества СУБД и содержащейся в ней информации. Основой для систематизации этих характеристик могут являться требования международного стандарта ISO 9126. На современном этапе развития информационных систем БД являются одним из тех объектов, от которых требуется особенно высокое качество и наличие возможности его оценки.

Для решения этих задач в составе требований к СУБД в той или иной степени используется практически весь набор характеристик из стандарта ISO 9126. Особенность состоит в изменении приоритетов при их выборе и упорядочении. Во всех случаях важнейшими характеристиками качества СУБД являются требования к функциональной пригодности процессов формирования и изменения данных, поддержки целостности, а также доступа к данным и скорость их обработки.

Однако номенклатура показателей качества не всегда ограничивается только характеристиками информации в БД, но и содержит уточнения, отражающие комплексную эффективность и функциональную пригодность ее применения в реальных условиях. Среди таких показателей можно выделить функциональную пригодность информации в интегрированной ИС, корректность и достоверность данных для удаленных пользователей, надежность информации, мобильность данных и др.

В связи с расширением задач, для решения которых используется информация из нескольких ИС, определились требования к повышению эффективности функционирования интегрированных систем. В них недостаточное качество приложений может нанести ущерб, значительно превышающий положительный эффект от интеграции.

Для определения адекватности качества функционирования, наличия возможностей приложений к взаимодействию, совершенствованию и развитию используются стандарты в области оценки показателей качества программного обеспечения в соответствии со стандартом ISO 9126.

Исходными данными при выборе показателей качества в большинстве случаев являются назначение, функции и функциональная пригодность соответствующего приложения. Достаточно полное и корректное описание этих свойств — это база для определения значений большинства остальных характеристик и показателей качества.

Во многих случаях предварительные планы создания сложных приложений и БД для ИС подготавливаются и оцениваются на основе неформализованных представлений заказчиков о функциях и характеристиках системы. Многие ИС не способны выполнять полностью функциональные задачи с гарантированным качеством, и их приходится дорабатывать для достижения необходимой надежности функционирования при интеграции, затрачивая дополнительно значительные средства и время. И как следствие — ИС не всегда соответствуют исходному назначению и поэтому не удовлетворяют требованиям пользователей к интегрированной системе.

## **МОДЕЛЬ ОЦЕНИВАНИЯ КАЧЕСТВА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ**

Технические возможности и точность измерения значений характеристик качества всегда ограничены относительно их содержания. Это определяет рациональные диапазоны значений каждой характеристики, которые могут быть выбраны на основании смысла показателей, а также путем анализа спецификаций требований к ИС.

Применение стандартов к программному обеспечению и обработке данных является основой для систем обеспечения качества программных средств, однако требуется корректировка, адаптация и исключение некото-

рых положений применительно к особенностям технологий и характеристик рассматриваемого вида продукции.

Одна из важнейших проблем обеспечения качества программных средств — формализация характеристик качества и методологии их оценки.

Исходя из стандарта ISO 9126 и возможностей измерения, все характеристики могут быть объединены в три группы, к которым применимы разные категории метрик:

- 1) метрики категорий, или номинальные метрики, наиболее точно описывающие функциональные возможности системы;
- 2) количественные метрики, характеризующие надежность и эффективность сложных систем;
- 3) качественные метрики, описывающие практичность, сопровождаемость и мобильность системы.

Среди возможных исходных данных при выборе показателей качества выделим назначение, функции и функциональную пригодность соответствующего приложения или БД.

Выбор метрик и шкал для описания характеристик качества разделим на два этапа:

Первый — выбор набора исходных данных, влияющих на определенные характеристики качества ИС.

Второй — установление метрик и шкал измерения характеристик качества для их последующей оценки.

Режимы работы ИС удобно интерпретировать как состояния внешней среды. Характеристика качества, как правило, определяется несколькими различными значениями оценки одной и той же характеристики в зависимости от задач, решаемых ИС и требований к интегрированной системе.

Из рассмотренных ситуаций следует, что для формального решения вопроса оценки качества ИС необходимо использовать методы решения задач многокритериальной оптимизации, так как реальная оценка качества ИС проводится по нескольким характеристикам. При этом окончательное решение по выбору наилучших показателей зависит от предпочтений лица, принимающего решение (ЛПР) и обладающего соответствующими знаниями в процессе оценки и выбора варианта ИС.

Рассмотрим статистическую модель принятия решений, используемую в ситуациях выбора вариантов, связанных с неопределенным влиянием показателей функционирования ИС на ситуацию выбора, производимого ЛПР [11].

Выделим три показателя, используемые в модели:

1 — множество решений  $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ , одно из которых необходимо принять ЛПР;

2 — множество видов ИС  $S = \{s_1, \dots, s_m\}$ ;

3 — множество характеристик  $W = \{w_1, \dots, w_q\}$ , описываемых функциями полезности  $V_k = \|v_k(x_i, s_j)\|$ ,  $k = 1, \dots, q$ ,  $x_i \in X$ ,  $s_j \in S$ .

Так как при оценке качества ИС, как правило, нет полной информации о функциональных возможностях локальных ИС, будем учитывать некоторое априорное распределение вероятностей  $p = \{p_1, \dots, p_m\}$  показателей функционирования ИС на элементах множества  $S$ .

**Таблица 1.** Функция полезности  $V_k$

Варианты ИС	Показатели функционирования ИС			
	$s_1$	$s_2$	...	$s_m$
$x_1$	$v_k(x_1, s_1)$	$v_k(x_1, s_2)$	...	$v_k(x_1, s_m)$
$x_2$	$v_k(x_2, s_1)$	$v_k(x_2, s_2)$	...	$v_k(x_2, s_m)$
...	...	...	...	...
$x_n$	$v_k(x_n, s_1)$	$v_k(x_n, s_2)$	...	$v_k(x_n, s_m)$

В табл. 1 выделенная область представляет собой матрицу  $V_k = \left\| v_k(x_i, s_j) \right\|$ .

Задача принятия решений состоит в выборе ЛПР наилучшего варианта  $x_i \in X$  с помощью решения задачи оптимизации, состоящей из двух этапов.

На первом этапе находим

$$F(x^*, \beta, \lambda_1, \lambda_2) = \max_{x_i \in X} F(x_i, \beta, \lambda_1, \lambda_2) = \max_{x_i \in X} F(y_1(x_i, \beta, \lambda_1, \lambda_2), \dots, y_q(x_i, \beta, \lambda_1, \lambda_2)), \quad (1)$$

где функция качества  $F(x_i, \beta, \lambda_1, \lambda_2) = F(y_1(x_i, \beta, \lambda_1, \lambda_2), \dots, y_q(x_i, \beta, \lambda_1, \lambda_2))$  строится на основе принципа оптимальности, выбираемого ЛПР.

На втором этапе для  $k = 1, \dots, q$  каждого  $x_i \in X$  при параметрах  $\beta, \lambda_1, \lambda_2 \in [0, 1]$  определяются критерии  $u_k(x_i(\lambda))$  оценки качества характеристик  $w_k \in W$  для соответствующей функции полезности  $V_k$

$$y_k(x_i, \beta, \lambda_1, \lambda_2) = (1 - \beta)y_{1k}(p, x_i, \lambda_1) + \beta y_{2k}(x_i, \lambda_2), \quad \beta, \lambda_1, \lambda_2 \in [0, 1], \quad (2)$$

где

$$y_{1k}(p, x_i, \lambda_1) = (1 - \lambda_1) B(p, x_i) - \lambda_1 \sigma(p, x_i),$$

$$B(p, x_i) = \sum_{j=1}^m p_j u_k(x_i, s_j), \quad \sigma(p, x_i) = \left[ \sum_{j=1}^m (u_k(x_i, s_j) - B(p, x_i))^2 p_j \right]^{1/2},$$

$$y_{2k}(x_i, \lambda_2) = \max_{x_i \in X} (\lambda_2 \min_{s_j \in S} u_k(x_i, s_j) + (1 - \lambda_2) \max_{s_j \in S} u_k(x_i, s_j)).$$

Параметры  $\beta, \lambda_1, \lambda_2 \in [0, 1]$  выбираются с учетом априорной информированности ЛПР. Построение, выбор параметров и свойства комбинированного критерия (2) описаны в работе [3].

Сложность оценки решений на втором этапе связана с тем, что точно не известно, в каком состоянии находится среда, но с помощью критерия  $u_k(x_i(\lambda))$  можно уйти от неопределенности состояния среды и выбрать лучшее в смысле применяемого критерия решение.

В результате решения задачи (1) получаем множество решений, зависящее от параметров  $\beta, \lambda_1, \lambda_2 \in [0, 1]$ . Выбор окончательного решения возлагается на ЛПР. При необходимости можно выбрать значения  $\beta, \lambda_1, \lambda_2$  и получить одно решение задачи.

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Практические вычисления необходимо начинать со второго этапа, на котором формируются коэффициенты для окончательного выбора лучшего варианта ИС.

Рассмотрим пример решения задачи выбора лучшего варианта ИС, оцениваемого по двум критериям: среднему времени доступа к данным при выполнении операций над отношениями БД —  $w_1$  и по времени обработки транзакций при передаче данных от приложения к БД —  $w_2$ .

Сравним варианты решений  $X = \{x_1, \dots, x_3\}$  при четырех видах ИС  $S = \{s_1, \dots, s_4\}$ , где  $s_1$  соответствует низкому уровню обработки данных,  $s_2$  — среднему,  $s_3$  — выше среднего,  $s_4$  — высокому уровню. Известно априорное распределение вероятностей  $p = \{p_1, \dots, p_4\} = \{0,6; 0,4; 0,15; 0,05\}$ , определенное на множестве видов ИС  $S = \{s_1, \dots, s_4\}$ .

Необходимо выбрать лучший вариант ИС, обеспечивающий наименьшие значения времен  $w_1$  и  $w_2$ , т.е.  $V_k$  можно рассматривать как функцию потерь. При этом в задаче (1) функция качества  $F(x_i, \beta, \lambda_1, \lambda_2)$  минимизируется относительно множества решений  $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ .

Значения функции потерь  $V_1 = \|v_1(x_i, s_j)\|$ , характеризующие среднее время доступа к данным в секундах для разных ИС и состояний среды, приведены в табл. 2.

**Таблица 2.** Среднее время доступа к данным, с

Варианты ИС	Показатели функционирования ИС			
	$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_4$
$x_1$	3	15	25	40
$x_2$	5	10	25	35
$x_3$	5	15	25	30

В табл. 3 заданы значения функции потерь  $V_2 = \|v_2(x_i, s_j)\|$ , характеризующие время обработки транзакции в минутах для разных ИС и состояний среды.

**Таблица 3.** Время обработки транзакции, мин

Варианты ИС	Показатели функционирования ИС			
	$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_4$
$x_1$	0,1	0,4	0,5	0,8
$x_2$	0,3	0,5	0,6	0,8
$x_3$	0,1	0,3	0,5	1,0

Так как значения функций  $V_1$  и  $V_2$  оцениваются в различных метриках (в секундах и минутах), для дальнейшего сравнения значений функций по-

теперь необходимо их нормализовать. В качестве шкалы определим значения от 0 до 10 баллов. Исходя из поставленной задачи минимизации, лучшее значение качества будет иметь меньшее число баллов, а худшее — большее.

Нормализуем значения  $w_1$  и  $w_2$  [12].

$$\bar{v}_1(x_i, s_j) = \frac{v_1(x_i, s_j)}{\max_{x_i \in X} \max_{s_j \in S} v_1(x_i, s_j)} \cdot 10 = \frac{v_1(x_i, s_j)}{4},$$

$$\bar{v}_2(x_i, s_j) = \frac{v_2(x_i, s_j)}{\max_{x_i \in X} \max_{s_j \in S} v_2(x_i, s_j)} \cdot 10 = \frac{v_2(x_i, s_j)}{0,1},$$

где  $\bar{v}_1(x_i, s_j)$  и  $\bar{v}_2(x_i, s_j)$  — нормализованные значения рассматриваемых показателей.

Пересчитанные нормализованные значения функций потерь  $\bar{V}_1 = \|\bar{v}_1(x_i, s_j)\|$  и  $\bar{V}_2 = \|\bar{v}_2(x_i, s_j)\|$  приведены соответственно в табл. 4 и 5.

**Таблица 4.** Нормализованные значения функций потерь  $\bar{V}_1$

Варианты ИС	Показатели функционирования ИС			
	$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_4$
$x_1$	0,75	3,75	6,25	10,00
$x_2$	1,25	2,50	6,25	8,75
$x_3$	1,25	3,75	6,25	7,50

**Таблица 5.** Нормализованные значения функций потерь  $\bar{V}_2$

Варианты ИС	Показатели функционирования ИС			
	$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_4$
$x_1$	1,00	4,00	5,00	8,00
$x_2$	3,00	5,00	6,00	8,00
$x_3$	1,00	3,00	5,00	10,00

Для получения оценок качества характеристик  $w_1$  и  $w_2$  необходимо рассмотреть задачу (2). Предположим, что параметр  $\beta = 0$ , тогда формула (2) примет вид

$$y_k(x_i, \lambda_1) = y_k(x_i, 0, \lambda_1, \lambda_2) = y_{1k}(p, x_i, \lambda_1), \quad (3)$$

$$y_{1k}(p, x_i, \lambda_1) = (1 - \lambda_1) B(p, x_i) - \lambda_1 \sigma(p, x_i),$$

$$B(p, x_i) = \sum_{j=1}^4 p_j \bar{v}_k(x_i, s_j), \quad \sigma(p, x_i) = \left[ \sum_{j=1}^4 (\bar{u}_k(x_i, s_j) - B(p, x_i))^2 p_j \right]^{1/2}.$$



Решение задачи выбора лучшего варианта ИС по критерию (3) зависит от выбора параметра  $\lambda_1$ . Так как диапазон параметров лежит в пределах  $[0,1]$ , рассмотрим решение задачи при  $\lambda_1 = 0; 0,1; 0,2; \dots; 1$ .

Оценки вариантов ИС по критериям  $y_1(x_i, \lambda_1)$  и  $y_2(x_i, \lambda_1)$ , определяющие характеристики качества  $w_1$  и  $w_2$  при различных значениях параметра  $\lambda_1$ , приведены соответственно в табл. 6 и 7.

**Таблица 6.** Оценка вариантов ИС по критерию  $y_1$

Варианты ИС	Значения $\lambda_1$										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$x_1$	3,917	3,73	3,54	3,35	3,16	2,97	2,78	2,60	2,41	2,22	2,03
$x_2$	4,71	4,38	4,05	3,73	3,40	3,07	2,74	2,41	2,09	1,76	1,43
$x_3$	4,04	3,89	3,75	3,60	3,45	3,31	3,16	3,01	2,86	2,72	2,57
$\min_{x_i \in X} y_1(x_i, \lambda_1)$	3,917	3,73	3,54	3,35	3,16	2,97	2,74	2,41	2,09	1,76	1,43

**Таблица 7.** Оценка вариантов ИС по критерию  $y_2$

Варианты ИС	Значения $\lambda_1$										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$x_1$	3,69	3,53	3,38	3,23	3,08	2,93	2,78	2,63	2,48	2,33	2,18
$x_2$	3,38	3,23	3,08	2,93	2,78	2,63	2,49	2,34	2,19	2,04	1,89
$x_3$	3,58	3,43	3,28	3,13	2,97	2,82	2,67	2,52	2,37	2,21	2,06
$\min_{x_i \in X} y_2(x_i, \lambda_1)$	3,38	3,23	3,08	2,93	2,78	2,57	2,49	2,34	2,19	1,04	1,89

Полученные оценки являются исходными для решения задачи (1) выбора лучших вариантов ИС. Для рассматриваемого примера решим задачу минимизации функции качества. Таким образом, формула (1) примет вид

$$F(x^*, \lambda_1) = \min_{x_i \in X} F(x_i, \lambda_1) = \min_{x_i \in X} F(y_1(x_i, \lambda_1), y_2(x_i, \lambda_1)). \quad (4)$$

Для решения задачи (4) применим различные принципы оптимальности: оптимальность по Парето, принцип максимина, принцип абсолютной уступки, принцип идеальной точки и т. п. [13,14]. Применение любого из них предоставляет ЛПР возможность выбрать наилучший показатель качества ИС.

Задачу (4) решим, используя принцип идеальной точки. Для этого лучшими являются решения, которые ближе всего расположены к идеальной точке (решению). В нашем случае — минимальные значения. Выберем в качестве координат идеальной точки наилучший результат, получаемый по каждому критерию. Расстояние до идеальной точки оценим с помощью евклидовой нормы. Для двухкритериальной задачи (4) формула примет вид

$$F(x^*, \lambda_1) = \min_{x_i \in X} F(x_i, \lambda_1) = \min_{x_i \in X} (\gamma_1^2 (y_1^I - y_1(x_{i,1}))^2 + \gamma_2^2 (y_2^I - y_2(x_i, \lambda_1))^2),$$

где  $y^I = (y_1^I(\lambda_1), y_2^I(\lambda_1))$  — идеальная точка, выбираемая ЛПР как вектор минимальных значений каждого из критериев  $w_1$  и  $w_2$ , определенных соответственно в табл. 6 и 7, т. е.

$$y^I = (\min_{x_i \in X} y_1(x_i, \lambda_1), \min_{x_i \in X} y_2(x_i, \lambda_1)).$$

Для упрощения выкладок предположим, что оценки характеристик  $w_1$  и  $w_2$  одинаково важны при общей оценке качества ИС, т. е. весовые коэффициенты  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  равны. Тогда выбор ИС с наилучшим качеством определяется решением задачи

$$F(x^*(\lambda)) = \min_{x_i \in X} F(x_i(\lambda)) = \min_{x_i \in X} ((y_1^I - y_1(x_i(\lambda)))^2 + (y_2^I - y_2(x_i(\lambda)))^2). \quad (5)$$

**Таблица 8.** Решение задачи (5) на основе принципа идеальной точки

Варианты ИС	Значения $\lambda$										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$x_1$	0,096	0,090	0,090	0,090	0,109	0,130	0,146	0,204	0,296	0,423	0,850
$x_2$	0,630	0,423	0,260	0,144	0,059	0,014	0,008	0,014	0,023	0,029	0,040
$x_3$	0,055	0,066	0,084	0,103	0,133	0,178	0,249	0,450	0,702	1,037	1,437
$F(x^*(\lambda))$	0,055	0,066	0,084	0,090	0,059	0,014	0,008	0,014	0,023	0,029	0,040
$x^*(\lambda)$	$x_3$	$x_3$	$x_3$	$x_1$	$x_2$	$x_2$	$x_2$	$x_2$	$x_2$	$x_2$	$x_2$

Последняя строка табл. 8 показывает наиболее предпочтительные варианты ИС при фиксированном параметре  $\lambda$ . Дальнейший выбор возлагается на ЛПР, которому необходимо принять решение о выборе значения  $\lambda$  и определить окончательный результат.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показано, что при использовании формального подхода к оценке качества интегрированной системы необходимо рассматривать два основных вопроса: 1) выбор критериев оценки, исходя из некоторых заданных стандартных показателей качества и 2) решение многокритериальной задачи выбора наилучших показателей интегрированной среды. Применение стандартов при интеграции ИС поддерживает технологический процесс за счет возможности отслеживания значений качества компонентов ИС на промежуточных этапах жизненного цикла, однозначно отражающих степень удовлетворения исходных требований пользователей. Одновременное применение различ-

ных принципов оптимизации (последовательно либо в какой-нибудь комбинации) дает возможность исследовать, как изменяются при этом решения и как они могут повлиять на выбор ЛПР более эффективного способа интеграции ИС. Особенности и трудоемкость выбора качественной ИС зависят от дополнительной информации, которой ЛПР может не владеть в полном объеме. Фактически, выбор или построение принципа оптимальности должен привести к решению, удовлетворяющему требованиям ЛПР, и отражать представление ЛПР о качестве ИС. Чем больше вариантов возможных характеристик для оптимизации, тем больше шансов найти решение, полностью удовлетворяющее требованиям ЛПР. Рассмотренный подход к оценке качества ИС может иметь дальнейшее развитие путем применения более сложных методов построения критериев оценки на втором этапе решения задачи оптимизации и более гибких принципов оптимальности на первом.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Гарсиа-Молина Г., Ульман Дж., Уидом Дж. Системы баз данных. Полный курс / Пер. с англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. — 1088 с.
2. Рыков А.С. Методы системного анализа: Многокритериальная и нечеткая оптимизация, моделирование и экспертные оценки. — М.: Экономика, 1999. — 192 с.
3. Рыков А.А. Модель оценки отдельных характеристик качества информационных систем в условиях неопределенности // Тр. междунар. конф. «Идентификация систем и задачи управления» SICPRO'04. — М.: Ин-т проблем управления. — 2004. — С. 1066–1081.
4. Литаев В.В. Обеспечение качества программных средств. — М.: Синтег, 2001. — 380 с.
5. Большая советская энциклопедия. — 39. — М.: Большая советская энциклопедия, 1956. — 664 с.
6. Адлер Ю. Мотивация в системах качества // Стандарты и качество, 1999. — № 5. — С. 78–84.
7. Бадалов Л.М. Экономическое регулирование качества промышленной продукции. — М.: Экономика, 1969. — 127 с.
8. Фейгенбаум А.В. Контроль качества продукции / Пер. с англ. — М.: Экономика, 1986. — 471 с.
9. Базы данных. Интеллектуальная обработка информации / В.В. Корнеев, А.Ф. Гареев, С.В. Васютин и др. — М.: Издатель Молгачев С.В., 2001. — 496 с.
10. Цаленко М.Ш. Моделирование семантики в базах данных. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. — 288 с.
11. Мушик Э., Мюллер П. Методы принятия технических решений. — М.: Мир, 1990. — 208 с.
12. Зайченко Ю.П. Исследование операций. — Киев: Вища шк., 1975. — 312 с.
13. Петров Е.Г., Новожилова М.В., Гребенник І.В. Методи прийняття рішень у соціально-економічних системах: Навч. посібн. / За ред. Е.Г. Петрова. — Київ: Техніка, 2004. — 256 с.
14. Гилл Ф., Мюррей У., Райт М. Практическая оптимизация. — М.: Мир, 1985. — 509 с.

Поступила 04.10.2005