

## Модель оценки качества внедрения информационной системы на предприятии

© А.А. Максаков, С.А. Сакулин

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

*В последние десятилетия информационные системы получили широкое распространение. Практически каждое предприятие в той или иной форме использует информационную систему в своей работе. При этом существует ряд нерешенных проблем, связанных с внедрением таких систем. Одной из этих проблем является отсутствие общих формальных моделей и методов оценки качества внедрения, которые позволили бы принимать обоснованные управленческие решения и оценивать истинные эффекты от внедрения информационной системы. В статье сформулировано понятие качества внедрения информационной системы, приведены показатели качества внедрения. Рассмотрена модель оценки качества внедрения информационной системы на основе агрегирования показателей качества. Эта модель включает в себя агрегирование показателей с использованием интеграла Шоке. На примере из прикладной области показано, что показатели качества внедрения могут быть взаимозависимыми. Интеграл Шоке, в отличие от традиционных операторов агрегирования, позволяет учитывать возможные взаимовлияния этих показателей.*

**Ключевые слова:** информационная система предприятия, оценка качества внедрения, показатели качества внедрения, агрегирование показателей, оператор агрегирования, интеграл Шоке.

**Введение.** Внедрение информационной системы (ИС) представляет собой ее ввод в эксплуатацию на предприятии. Эффективность внедрения целесообразно рассматривать в рамках более общего понятия, позволяющего отслеживать во времени изменение других показателей процесса внедрения. Таким понятием является качество, а объектом качества — процесс внедрения ИС. Качество процесса внедрения ИС — это совокупность его свойств, в той или иной степени обеспечивающих успешность внедрения. Как показывает отечественная и зарубежная практика [1], только около трети всех ИС успешно вводятся в эксплуатацию, менее пятой части вводятся в срок и укладываются в запланированный бюджет. Около четверти проектов внедрения оказываются неуспешными, т. е. ИС, разработанные в соответствии с установленными нормами и требованиями, по ряду причин не удается ввести в эксплуатацию. Подавляющее большинство ИС вводится в эксплуатацию с почти двойным превышением сроков и бюджета.

Подобная ситуация объясняется тем, что в рамках реализации жизненного цикла ИС (т. е. за время от начала ее разработки до окончания эксплуатации) недостаточное внимание уделяется этапу внедрения (что является причиной 90 % неудач). Более того, в различных источниках само понятие внедрения в рамках жизненного цикла ИС трактуется по-разному [2]. В литературе, посвященной обеспечению качества ИС [3–5], уделяется мало внимания вопросам, связанным с внедрением. Внедрение ИС часто осуществляется методом проб и ошибок, без системного подхода к обеспечению качества этого процесса. При этом результаты внедрения одной и той же ИС на двух сходных предприятиях могут быть абсолютно разными из-за различий в подходах к проведению внедрения. Методологии внедрения, формализующей процессы и оперирующей единым набором понятий, как таковой не существует.

Для малых ИС и малых предприятий проблема внедрения решается относительно просто: все сводится к установке системы и обучению пользователей. Успех внедрения при этом практически полностью зависит от адекватности самой ИС, а время внедрения (от нескольких часов до нескольких недель) и затраты легко рассчитать. Для средних и больших ИС и предприятий каждое внедрение уникально, оно должно детально прорабатываться, исходя из специфики ИС и предприятия. Успех внедрения таких ИС определяется в основном организацией процесса внедрения и в общем случае труднопредсказуем.

Таким образом, задача создания методики, обеспечивающей формализацию и оптимизацию процесса внедрения для средних и больших ИС, является актуальной и требует разработки соответствующих моделей. В частности, необходимо разработать адекватную формальную модель оценки качества процесса внедрения, чтобы обеспечить оперативное управление этим процессом. Такая модель позволит в каждый момент времени делать выводы о необходимости принятия тех или иных мер, направленных на обеспечение успеха внедрения ИС на предприятии.

**Показатели качества внедрения ИС.** На основании положений стандартов качества [4, 5] показатели качества внедрения ИС могут быть сформулированы следующим образом.

**Функциональная пригодность  $G_1$**  — это совокупность показателей  $g_1^1, \dots, g_a^1$  — степеней полноты перевода задач обработки информации на информационную систему со старых средств обработки информации, где  $a$  — количество этих средств.

**Надежность  $G_2$**  представлена совокупностью показателей  $g_1^2, g_2^2$  и  $g_3^2$ , где  $g_1^2$  — стабильность процесса внедрения ИС независимо

от внешних и внутренних воздействий;  $g_2^2$  — защищенность от возможных умышленных деструктивных воздействий на ход процесса внедрения;  $g_3^2$  — оперативность, т. е. скорость адаптации процесса внедрения к изменениям, связанным с предприятием, с самой ИС, а также с другими возможными влияющими факторами (например, макроэкономическими). В качестве показателя оперативности может выступать, например, скорость реакции разработчика ИС на ошибку, выявленную на этапе внедрения. Реакция в данном случае включает в себя фиксацию этой ошибки, локализацию, устранение, поставку новой версии ИС.

**Эффективность**  $G_3$  представлена совокупностью показателей  $g_1^3, \dots, g_b^3$ , каждый из которых отражает степень достижения той или иной цели внедрения ИС, где  $b$  — количество этих целей. Примером таких показателей могут быть увеличение интенсивности ввода и отправки в банк платежных поручений, сокращение складских запасов продукции, увеличение скорости оформления документов на отгрузку продукции предприятия и т.п.

**Системность**  $G_4$  представлена совокупностью показателей  $g_1^4, g_2^4$  и  $g_3^4$ , где  $g_1^4$  — сопровождаемость (управляемость), с помощью которой оценивается полнота документации, в частности утвержденного плана внедрения с распределением полномочий задействованного персонала;  $g_2^4$  — гибкость, которая отражает оперативность внесения изменений в план внедрения;  $g_3^4$  — согласованность, отражающая взаимосвязанность процессов внедрения, наличие необходимых механизмов их взаимодействия.

**Модель оценки качества внедрения ИС.** Обобщенный показатель качества внедрения ИС должен выражать совокупное действие отдельных показателей. Показатели внедрения, в свою очередь, могут быть составными, т. е. выражать совокупное действие более специфичных показателей. Такой подход позволяет построить иерархию показателей внедрения. Для объединения отдельных показателей применяются операторы агрегирования [6]. В качестве оператора агрегирования чаще всего выступает средневзвешенный оператор, благодаря своей интуитивной ясности и простоте. Действительно, чтобы задать такой оператор, достаточно выбрать весовые коэффициенты для каждого показателя. Вместе с тем на практике не всегда можно с помощью такого оператора формализовать знания эксперта, в частности, невозможно отразить предпочтительную зависимость показателей [6]. Применительно к внедрению ИС такая зависимость может возникнуть, например, в результате следующих рассуждений эксперта.

Повышение эффективности внедрения приведет к повышению его качества. Однако чем выше эффективность (из-за экономии ресурсов), тем больше риск снижения надежности внедрения при фиксированных значениях остальных показателей качества внедрения. Поэтому по мере повышения эффективности внедрения показатель надежности становится важнее остальных показателей. Кроме того, некоторые показатели коррелированы, например согласованность  $g_3^4$  и сопровождаемость  $g_1^4$ , поскольку ясно, что полнота документации позволяет лучше согласовать составляющие процесса внедрения между собой. Также в некоторой степени коррелированы показатели функциональной пригодности  $G_1$  и эффективности  $G_3$ .

Формализовать эти и подобные рассуждения экспертов можно, применив в модели в качестве оператора агрегирования интеграл Шоке по нечеткой мере. Он является обобщением средневзвешенного оператора на случай зависимостей показателей и позволяет формализовать знания эксперта о таких зависимостях. Нечеткая мера есть функция множества  $\psi: 2^J \rightarrow [0, 1]$ , где  $2^J$  — множество всех подмножеств множества  $J = \{1, \dots, H\}$  индексов соответствующих показателей. В отличие от весовых коэффициентов в средневзвешенном операторе, нечеткая мера выражает относительный вес или важность не только каждого отдельного критерия, но и всякого подмножества критериев [6].

Интеграл Шоке по нечеткой мере имеет вид

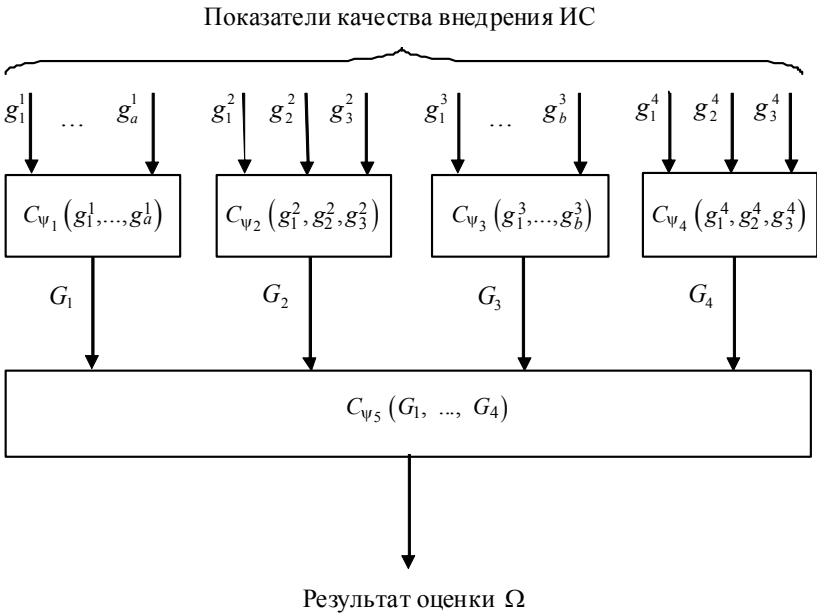
$$C_\psi(g_1, \dots, g_H) := \sum_{h=1}^H g_{(h)} [\psi(A_{(h)}) - \psi(A_{(h+1)})],$$

где  $(\cdot)$  означает перестановку индексов в  $J$ , такую, что  $x_{(1)} \leq \dots \leq x_{(H)}$ ;  $A_{(h)} = \{(h), \dots, (H)\}$  и  $A_{(H+1)} = \emptyset$  [6]. Он применяется в качестве оператора агрегирования, позволяющего отражать знания эксперта о зависимостях между критериями путем выбора значений коэффициентов меры  $\psi$ . Его использование для построения операторов агрегирования зависимых критериев рассмотрено в работах [6, 7]. В соответствии с иерархией рассмотренных показателей качества внедрения ИС можно построить дерево из интегралов Шоке, аналогично тому, как это сделано, например, в работе [8]. Соответствующая структура представляет собой «вложенные» друг в друга интегралы Шоке (рисунок).

На рисунке показаны все перечисленные в предыдущем разделе показатели качества внедрения, а также составные показатели, которые сами являются результатами агрегирования. Интегралы  $C_{\psi_1}(g_1^1, \dots, g_a^1)$ ,

$C_{\psi_2}(g_1^2, g_2^2, g_3^2)$ ,  $C_{\psi_3}(g_1^3, \dots, g_b^3)$ ,  $C_{\psi_4}(g_1^4, g_2^4, g_3^4)$  служат для получения значений составных показателей качества  $G_1, \dots, G_4$ , а интеграл  $C_{\psi_5}(G_1, \dots, G_4)$  — для агрегирования всех составных показателей. Результатом оценки качества внедрения является значение этого интеграла, полученное на основе значений показателей качества на том или ином этапе внедрения. Выразим результат оценки  $\Omega$  через соответствующие интегралы Шоке:

$$\Omega = C_{\psi_5}(C_{\psi_1}(g_1^1, \dots, g_a^1), C_{\psi_2}(g_1^2, g_2^2, g_3^2), C_{\psi_3}(g_1^3, \dots, g_b^3), C_{\psi_4}(g_1^4, g_2^4, g_3^4)). \quad (1)$$



Оценка качества внедрения ИС на основе вложенных интегралов Шоке

Для того чтобы получить результат оценки в соответствии с (1), необходимо идентифицировать нечеткие меры  $\psi_1, \dots, \psi_5$  с помощью того или иного метода идентификации. Выбор метода зависит от вида информации, которая используется в качестве входной для идентификации меры.

Если эксперту доступна подробная информация о внедрении той или иной ИС на нескольких аналогичных предприятиях в виде реализаций показателей  $g_1^1, \dots, g_a^1, g_1^2, g_2^2, g_3^2, g_1^3, \dots, g_b^3, g_1^4, g_2^4, g_3^4$  и сопоставленных этим реализациям желаемых значений составных показателей качества  $G_1, \dots, G_4$ , естественным будет применить для идентификации нечетких мер  $\psi_1, \dots, \psi_4$  метод наименьших квадратов

[7], поскольку для него в качестве входной информации требуется обучающая выборка такого рода. В случае если кроме упомянутой обучающей выборки имеются рассуждения эксперта о корреляции показателей качества, необходимо применять более сложный алгоритмически, но вместе с тем более универсальный метод идентификации на основе максимизации энтропии нечеткой меры [7]. В частности, с помощью этого метода удобно идентифицировать меру  $\psi_5$ , поскольку, как уже было сказано, составные показатели  $G_1$  и  $G_3$  коррелированы.

**Заключение.** Качество процесса внедрения ИС не определяется только свойствами самой ИС, оно зависит также от не связанных с этими свойствами влияющих факторов. Модель оценки качества внедрения на основе иерархии вложенных интегралов Шоке позволяет формализовать знания экспертов о свойствах ИС и различных влияющих факторах. В отличие от средневзвешенного оператора, интеграл Шоке в рамках этой модели учитывает явления предпочтительной зависимости и корреляции показателей внедрения. Наличие адекватного обобщенного показателя качества, объединяющего в себе частные показатели качества, позволит формализовать оценочное представление о ходе процесса внедрения и оперативно принимать управляющие решения, что в свою очередь обеспечит успешность внедрения ИС на предприятиях.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] *The Top 10 Causes behind CRM Project Failures*. Adaptra Inc., 2012, 2 p. URL: <http://www.adaptra.com.au/PDF/adaptra-whitepaper-top-10-CRMPF.pdf>. 2012 (дата обращения 3.04.2013).
- [2] Максаков А.А. *Обеспечение качества внедрения автоматизированных систем оперативной обработки информации на среднемасштабных предприятиях*. Дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2006, 219 с.
- [3] Липаев В.В. *Анализ и сокращение рисков проектов сложных программных средств*. Москва, СИНТЕГ, 2005, 224 с.
- [4] Липаев В.В. *Выбор и оценивание характеристик качества программных средств. Методы и стандарты*. Москва, СИНТЕГ, 2001, 228 с.
- [5] Липаев В.В. *Обеспечение качества программных средств. Методы и стандарты*. Москва, СИНТЕГ, 2001, 380 с.
- [6] Grabisch M., Orlovski S., Yager R. Fuzzy aggregation of numerical preferences. Slowinski R. (ed). *Handbook of Fuzzy Sets Series. Vol. 4: Fuzzy Sets in Decision Analysis, Operations Research and Statistics*. Dordrecht: Kluwer Academic, 1998, pp. 31–68.
- [7] Grabisch M., Kojadinovic I., Meyer P. A review of methods for capacity identification in Choquet integral based multi-attribute utility theory: Applications of the Kappalab R package. *European journal of operational research*, 2008, vol. 168, no. 2, pp. 766–785.
- [8] Narukawa Y., Torra V. Twofold integral and Multi-step Choquet integral. *Кybernetika-Praha*, 2004, no. 40 (1), pp. 39–50.

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Максаков А.А., Сакулин С.А. Модель оценки качества внедрения информационной системы на предприятии. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2013, вып. 11. URL: <http://engjournal.ru/catalog/it/asu/1011.html>

**Максаков Алексей Александрович** родился в 1977 г., окончил МГТУ им. Н.Э. Баумана в 2001 г. Канд. техн. наук, доцент кафедры «Системы обработки информации и управления» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор 10 научных публикаций. Область научных интересов: модели и алгоритмы оценки качества информационных систем, теоретические основы построения баз данных, методы оптимизации информационных процессов. e-mail: 256m@mail.ru

**Сакулин Сергей Александрович** родился в 1976 г., окончил МГТУ им. Н.Э. Баумана в 2001 г. Канд. техн. наук, доцент кафедры «Информационные системы и телекоммуникации» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор 18 научных публикаций. Область научных интересов: методы искусственного интеллекта, распознавание образов, формализация и визуализация экспертных знаний. e-mail: sakulin@bmstu.ru