

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ИТ-СТРАТЕГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

**ИТ-стратегия является важной составляющей стратегии всей организации. Для успешного функционирования и регулирования сложившихся ситуаций в ИТ-инфраструктуре организации требуется введение метрик ИТ-услуг. Для измерения данных метрик и расчета интегральных показателей предлагается использовать нечеткую систему.**

**Ключевые слова:** ИТ-стратегия, нечеткая система, процессный подход, ИТ-услуги, оценка эффективности реализации ИТ-стратегии.

В условиях функционирования рынка любая организация определяет для себя миссию и стратегию своего развития, используя различные информационные технологии (ИТ). Стратегия всей организации воплощается в стратегиях различных подразделений. Результатом реализации стратегии организации является успешное достижение результативности стратегий ее подразделений. В современных условиях автоматизации деятельности организации, где внедрены корпоративные информационные системы и организована полная ИТ-инфраструктура, происходит глубокая зависимость бизнеса от эффективности работы ИТ-подразделения. В таком случае можно говорить о значимости ИТ-услуг и необходимости измерения эффективности их предоставления.

При разработке и внедрении метрик для измерения ИТ-услуг в организациях применяется стандарт ITIL, а в качестве основы используется структура процессов ITIL. Данный стандарт предполагает внедрение процессного подхода в организацию. При внедрении процессного подхода для каждого процесса выделяются ключевые показатели эффективности и метрики для измерения ИТ-услуг, оценивая которые в совокупности можно говорить об эффективности управления данным процессом. В таблице 1 показаны процессы, критические факторы успеха и ключевые показатели эффективности для процессов.

Метрики для измерения ИТ-услуг – это важная часть системы управления. В рамках организации встает задача по выбору метрик

Таблица 1. Система ключевых показателей для процессов ИТ-подразделений

Процесс	Критические факторы успеха	Ключевые показатели эффективности
Управление финансами (Financial Management)	Эффективное потребление услуг, а также подтверждение соответствия услуг требованиям бизнеса	– затраты на услуги; – доходы от реализации услуг; – количество обслуживаемых пользователей; – затраты на обслуживаемого пользователя услуги
Управление изменениями (Change Management)	Проведение изменений с такой срочностью и четкостью, которые соответствуют приоритетам бизнеса	– доля неудачных изменений; – доля срочных изменений; – число инцидентов; – доля авторизованных запросов на изменение
Управление релизами и развертыванием (Release and Deployment Management)	Релизы многократно используют модель тестирования и тестируются в соответствии с проектом услуги	– доля релизов, проведенных в срок; – доля неуспешных релизов; – число инцидентов, связанных с запросами на изменение
Управление конфигурациями (Configuration Management)	Обеспечить и провести анализ влияния конфигурационных единиц на услуги	– число неавторизованных конфигурационных единиц; – доля услуг, предоставленных в базе данных конфигурационных единиц
Управление инцидентами (Incident Management)	Эффективное использование персонала службы поддержки	– число обработанных запросов на сотрудника за период; – время надежной работы ИС; – доля инцидентов, не решенных в срок

и расчету единого интегрального показателя как в рамках каждого процесса, так и в целом по стратегии ИТ-подразделения.

На данный момент ведется много дискуссий относительно метрик ИТ-услуг, однако отсутствуют предложения по общему алгоритму оценки всей ИТ-стратегии при условии наличия значений ключевых показателей по всем процессам в ИТ-подразделении. Нами предлагается применение математического аппарата нечетких систем для расчета интегрального показателя оценки реализации ИТ-стратегии. Перед реализацией алгоритма необходимо рассмотреть структуру базы продукционных правил [1].

Нечеткая база знаний представляет собой совокупность нечетких правил, которые отражают опыт эксперта и его понимание причинно-следственных связей в рассматриваемой задаче. При рассмотрении ИТ-стратегии выделяем подуровни, представляющие собой процессы, которые составляют эффективность ее реализации. Предложено структурировать базу знаний и организовать ее в виде блоков правил, которые формируют иерархию. База знаний состоит из модулей. Модуль базы знаний включает оценку результатов работы каждого процесса, который внедрен и реализован в организации в рамках процессного подхода. Ключевые показатели эффективности процессов являются входными переменными в нечетких правилах, а выходной переменной является интегральная оценка эффективности ИТ-стратегии. Для построения продукционных правил необходимо знать, как в совокупности состояние каждого показателя влияет на управление всем процессом и на результирующий показатель ИТ-стратегии. Данное влияние между показателями оценивается экспертами.

На рисунке 1 представлена схематичная структура взаимосвязи между показателями и целевой переменной – интегральным показателем оценки реализации ИТ-стратегии.

Рассмотрим алгоритм расчета интегрального показателя оценки реализации ИТ-стратегии с помощью нечеткой системы.

Для расчета интегрального показателя выбран математический аппарат нечетких систем по следующим причинам:

– нечеткие системы позволяют обработать совокупность значений различных лингвистических

переменных, при этом значения могут быть как качественными, так и количественными;

– на выходе нечеткая система формирует интегральный показатель как результат оценки входных параметров;

– наличие экспертных знаний позволяет сформировать адекватные базы правил, которые позволят делать нечеткие выводы.

Разработка нечеткой системы включает в себя 5 этапов:

1. Определение и интерпретация входных переменных и их пределов.

2. Определение и интерпретация выходных переменных и их пределов.

3. Определение функции принадлежности для каждой входной и выходной переменной.

4. Составление базы правил, которая будет отвечать за управляющие операции.

5. Переход от нечеткости к конкретным числовым значениям и их интерпретация.

В качестве входных анализируемых показателей выступают ключевые показатели эффективности процессов, которые выделены на рисунке 1.

Результирующим показателем является интегральный показатель оценки эффективности реализации ИТ-стратегии.

Совокупность значений ключевых показателей эффективности определяется из отчетности внешних систем. На основе этих данных устанавливается шкала значений параметров. Задается количество терм-множеств для каждого параметра.

Составляется база правил, которая определяется следующим образом:

$$\Pi_i: \text{если } x_1 \text{ есть } A_{i1} \text{ и } x_2 \text{ есть } A_{i2} \dots \\ x_n \text{ есть } A_{in}, \text{ то } y \text{ есть } B_i,$$

где  $i=1,2,\dots,M$ ,  $M$  – количество правил,  $x_i$  – входные переменные,  $A_{ij}$ ,  $B_i$  – некоторые нечеткие множества (терм-множества), задаваемые функциями принадлежности соответственно  $\gamma_{ij}(x_j)$  и  $\eta_i(y)$ .

Для самоорганизации базы правил предлагается два метода: метод сокращений и метод дополнений. Метод сокращений обладает простотой и несложной интерпретацией правил, оставленных в базе. Метод дополнений наиболее прост для реализации, однако он не позволяет получать содержательные выводы о причинно-следственных связях между

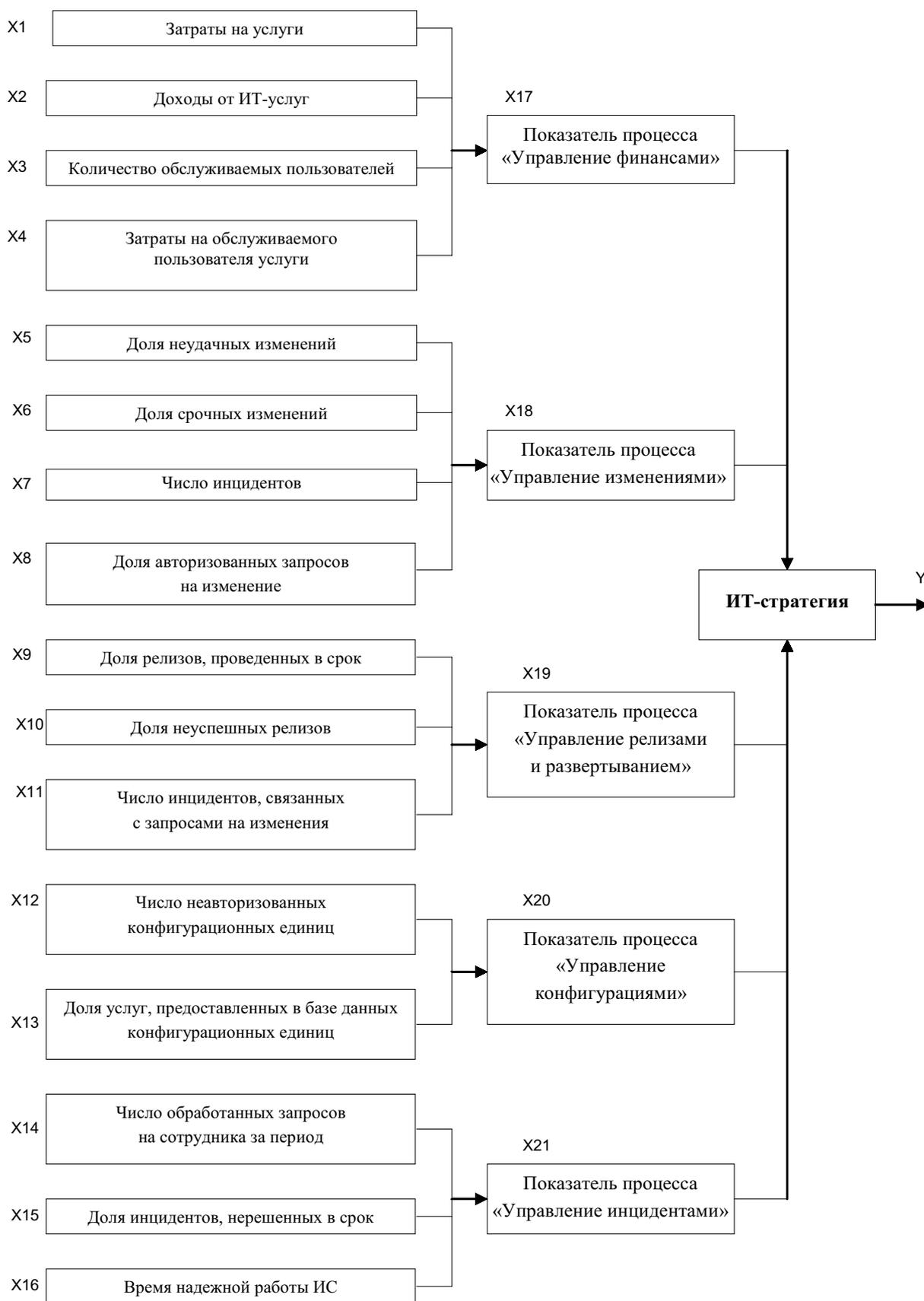


Рисунок 1. Структура взаимосвязи показателей и целевой переменной

факторами и переменной вывода. В связи с данными достоинствами и недостатками был выбран метод сокращений для организации базы правил.

Суть метода состоит в следующем: составляется база правил с их максимальным возможным числом, затем проводится параметрическая оптимизация правил с исключением «избыточных» правил. Данную идею можно реализовать следующим образом.

Минимальное число правил в системе:  $M_{\min} = 2^{n+1}$ .

Максимальное число правил в системе:  $M_{\max} = 9^{n+1}$ .

Пусть каждая функция принадлежности зависит от  $s$  параметров, и  $j$ -ой переменной соответствует  $m_j$  таких функций. Тогда общее число нечетких продукционных правил:

$$M = m_y \prod_{j=1}^n m_j, \quad (1)$$

а общее число настраиваемых параметров в системе равно:

$$M_s = m_y \prod_{j=1}^n m_j s. \quad (2)$$

Необходимо, чтобы  $N$  примеров экспериментальной выборки данных было бы равно или превышало общее число оцениваемых параметров, то есть должно выполняться неравенство:

$$M_s = m_y \prod_{j=1}^n m_j s \leq N, \quad (3)$$

откуда следует  $M \leq N / s$ .

Если же экспериментальные данные соответствуют модели (4)

$$y = f(x) + \varepsilon, \quad (4)$$

где  $\varepsilon$  – случайный шум наблюдений с нулевым математическим ожиданием, то для обеспечения системой НЛВ эффекта сглаживания данного шума предельное число правил необходимо выбирать несколько меньшим, чем следует из ранее полученных результатов, например, по соотношению:

$$M \leq N / s - \mu, \quad (5)$$

где  $\mu$  – некоторое целое число, равное или больше единицы, чем больше  $\mu$ , тем более «гладкой» будет зависимость  $\hat{f}(x)$ , восстанавливаемая системой нечеткого логического вывода.

Принимая во внимание максимальное и минимальное количество правил, окончательно будем иметь:

$$2^{n+1} \leq M = \min\{\text{int}(N / s - \mu), 9^{n+1}\}, \quad (6)$$

где  $\text{int}(\dots)$  – операция взятия целой части числа.

С учетом изложенного, процедура самоорганизации на основе метода сокращения может быть представлена следующим образом:

1. Задается вид функции принадлежности в форме функции Гаусса

$$\gamma(x) = e^{-\frac{(x-c)^2}{2\sigma^2}}, \quad (7)$$

где  $c$  и  $\sigma$  – два параметра данной функции, задающие соответственно положение ее центра и размах (параметр  $\sigma$  в данном случае часто называют отклонением).

2. По данным экспериментальной выборки для каждой переменной находят ее минимальное  $x_{\min j}$  и максимальное  $x_{\max j}$  значение (это относится и к переменной вывода –  $y$ ).

3. Находится число  $m$  функций принадлежности для каждой переменной.

4. Рассчитываются начальные значения параметров функций принадлежности, исходя из их начального эквидистантного расположения и взаимного пересечения на уровне 0,5. Значения центров и отклонений при этом определяются по соотношениям

$$c_j^{(q)} = x_{\min j} + (q-1)d_j \quad (8)$$

где  $q=1,2,\dots,m$ ,  $d_j = (x_{\max j} - x_{\min j}) / (m-1)$ ,

$$\sigma_j = \frac{d}{\sqrt{8 \ln 2}} = 0,425d_j.$$

Такое задание указанных функций дает, во-первых, тонкую лингвистическую интерпретацию связанных с ними термов («чрезвычайно малый», «очень малый», «чрезвычайно большой» и т. п.) и, во-вторых, возможность проведения их параметрической оптимизации по имеющимся экспериментальным данным с возможным последующим уменьшением числа этих функций и продукционных правил.

5. Составляется начальная база правил системы нечеткого логического вывода. В каждое правило входит один из термов каждой входной переменной и один из термов переменной выхода, так что общее число правил  $M = m^{n+1}$ .

6. С использованием механизма нечеткого логического вывода, например типа Мамдани, конструируются оценки  $\hat{y}^k(x^k, a)$ . Проводится параметрическая оптимизация базы правил по критерию (удобно проводить с применением аппарата генетических алгоритмов или алгоритмов комбинированного типа).

7. Проверяется возможность сокращения числа термов (и, возможно, продукционных правил). Здесь целесообразно использовать операции слияния функций принадлежности.

Слияние двух рядом расположенных функций принадлежности можно проводить, если они расположены так близко друг к другу, что пересекаются на уровне, превышающем некоторый заданный порог  $g$ .

В случае применения гауссовых функций результатом слияния двух функций  $\gamma_1(x)$  и  $\gamma_2(x)$  будет некоторая новая функция  $\gamma_3(x)$  с параметрами:

$$c^{(3)} = \frac{c^{(1)}\sigma^{(1)} + c^{(2)}\sigma^{(2)}}{\sigma^{(1)} + \sigma^{(2)}};$$

$$c^{(3)} = \frac{(\sigma^{(1)})^2 + (\sigma^{(2)})^2}{\sigma^{(1)} + \sigma^{(2)}}. \quad (9)$$

В результате проведения операции слияния ряд правил станут идентичными; дублирующие правила из базы правил исключаются.

Отметим, что если удаляется один из термов переменной вывода, то автоматически удаляется и содержащее его правило.

При необходимости этапы 6 и 7 повторяются.

Как видно из приведенного описания, рассмотренная процедура самоорганизации является отнюдь не простой, например, трудно формализуемым является ее седьмой этап. Но наибольшую сложность, ввиду большой размерности, вызывает этап параметрической оптимизации (шестой этап). Действительно, пусть  $n=3$ ,  $m=3$  и  $s=2$ . Тогда (если это позволяет объем экспериментальных данных) необходимо настраивать  $sm^{n+1} = 2 * 3^3 = 54$  параметра, что является не тривиальной задачей.

Упрощение вычислений можно достичь двумя способами.

При первом способе используется начальная база правил с эквидистантным расположением функций принадлежности. В этом случае каждый набор данных ( $k$ -й при-

мер обучающей выборки)  $\langle x_1^k, x_2^k, \dots, x_n^k, y^k \rangle$ ,  $k=1, 2, \dots, N$ , «предъявляется» приведенным правилам и для каждого  $i$ -го правила подсчитывается его «рейтинг»  $R_i$ , определяемый следующим образом:

$$R_i = \sum_{k=1}^N \beta_i^k \prod_{j=1}^n \alpha_{ij}^k \quad (10)$$

где  $\alpha_{ij}^k, \beta_i^k$  – значения функций принадлежности, то есть  $\alpha_{ij}^k = \mu_{ij}(x_j^k), \beta_i^k = \eta_i(y^k)$ .

После подсчета рейтингов из базы правил исключаются правила с наименьшими значениями  $R_i$ ; в первую очередь, естественно, сокращения проводятся по группам правил, имеющим одинаковые предпосылки и разные следствия, т. е. разные функции принадлежности переменной вывода. Такие правила являются противоречащими друг другу, и из группы подобных правил необходимо оставить только одно – с наибольшим рейтингом. Оставленные правила формируют итоговую (конечную) базу правил [4].

Таким образом, используя вышеуказанный алгоритм в нечеткой системе, получается адекватно сформированная база правил.

Реализация логического вывода по базе нечетких правил осуществляется в следующей последовательности:

1. Фагификация фактических данных, то есть интерпретация точного значения  $x_0$  как нечеткой точки. При этом определяется степень принадлежности вводимого значения показателя для каждого его терма и задается вид функций принадлежности в форме функции Гаусса:

$$\gamma(x) = e^{-\frac{(x-c)^2}{2\sigma^2}}, \quad (11)$$

где  $C_j^{(q)} = x_{\min j} + (q-1) * d_j$ ,  $q=1, 2, \dots, m$  – номер терма,  $d_j = (x_{\max j} - x_{\min j}) / (m-1)$ ,  $y_j = 0.425 * d_j$ ,  $\sigma$  и  $c$  – параметры функции, задающие, соответственно, положение ее центра и размах (параметр  $\sigma$  в данном случае называется отклонением).

2. Выявление степени принадлежности.

Производится определение показателей, участвующих в нечетком правиле, задействованного терма и значения функции принадлежности каждого показателя для соответствующего терма в нечетком правиле.

П: если  $\gamma_{i1}(x_1)$  и (или)  $\gamma_{i2}(x_2)$  и (или) ...  $\gamma_{in}(x_n)$ , то  $u$  есть  $V_i$ .

3. Вычисление нечеткой импликации.

Выполняется комбинация значений функции принадлежности с использованием логического «И».

П: если  $\gamma_{i1}(x_1)$  и  $\gamma_{i2}(x_2)$  и ...  $\gamma_{in}(x_n)$ , то  $\eta_i(y) = \min(\gamma_{i1}(x_1), \gamma_{i2}(x_2), \dots, \gamma_{in}(x_n))$ .

Выполняется комбинация значений функции принадлежности с использованием логического «ИЛИ».

П: если  $\gamma_{i1}(x_1)$  или  $\gamma_{i2}(x_2)$  или ...  $\gamma_{in}(x_n)$ , то  $\eta_i(y) = \max(\gamma_{i1}(x_1), \gamma_{i2}(x_2), \dots, \gamma_{in}(x_n))$ .

На каждом правиле для определения значения результирующего показателя по найденной функции принадлежности используем формулу:

$$y_i = \sigma * \sqrt{-2 * \ln \eta_i(y) + c}, \quad (12)$$

$$c = x_{\max y} + (q-1)*d, \quad (13)$$

где q – номер термина для y на рассматриваемом правиле,  $d = (x_{\max y} - x_{\min y}) / (m-1)$ ,  $\sigma = 0.425*d$ , m – количество термов для y.

4. Дефазификация по методу центра тяжести осуществляется по формуле

$$Y = \frac{\sum y_i * \eta_i(y_i)}{\sum \eta_i(y_i)}. \quad (14)$$

В соответствии с полученным значением Y, нечеткая система позволяет сформировать оценку эффективности реализации ИТ-стратегии и содержательно ее интерпретировать, например, по трехуровневой шкале: 0–0,25 («низкий уровень»), 0,26–0,75 («средний»), 0,76–1 («высокий»). В таблице 2 указаны характеристики степени эффективности реализации ИТ-стратегии в соответствии с выбранной шкалой значений выходного показателя.

Таким образом, для оценки эффективности ИТ-стратегии была предложена система ключевых показателей для процессов управления ИТ-услугами, а также методика построения нечеткой системы для получения общего интегрального показателя. Разработанная нечеткая система в качестве входных параметров использует разработанную систему ключевых показателей. Для организации базы правил были рассмотрены два метода: метод сокращений и метод дополнений, в силу достоинств метода сокращений он был выбран в разрабатываемой методике.

Нечеткий вывод построен используя функцию принадлежности в форме функции Гаусса. Логический вывод реализован с помощью схемы Мадмани, в силу интуитивной понятности и несложности. Дефазификация проводилась с помощью метода «Центра тяжести».

Получение оценки эффективности ИТ-стратегии проходила по следующим этапам:

- выделение для каждого процесса системы ключевых показателей;
- организовано получение значений данных показателей из различных корпоративных систем организации с заданной периодичностью;
- построена нечеткая система, которая будет обрабатывать значения ключевых показателей и рассчитывать значение интегрального показателя по оценке эффективности реализации ИТ-стратегии;
- рассчитан интегральный показатель для каждого процесса;
- рассчитан интегральный показатель для ИТ-стратегии.

Таблица 2. Уровни эффективности реализации ИТ-стратегии

Уровень показателя	Характеристика	Рекомендации
Н	Слабая позиция ИТ-стратегии. Процессы по оказанию ИТ-услуг не согласованы и разрознены, то есть слабо организованы и не контролируются	Частые организации совещаний по вопросам регулирования и ответственности по каждому процессу оказания ИТ-услуг
С	Средняя эффективность реализации ИТ-стратегии. Все процессы по управлению ИТ-услугами организованы и выполняются в соответствии с соглашением об уровне оказания услуг. Однако в процессах есть простои временные, которые могут быть объяснены отсутствием компетенций персонала и наличием низко производительного программного обеспечения	Повышение компетенций персонала по оказанию ИТ-услуг. Обновление технического и программного обеспечения
В	Успешная реализация ИТ-стратегии	Возможность внедрения новых процессов по управлению ИТ-услугами

После получения значения оценки эффективности ИТ-стратегии система представляет интерпретацию значения в соответствии с таблицей 2. Данная система предназначена для предоставления руководству, которое отвечает за ИТ-стратегию, релевантной информации об эффективности реализации

ИТ-стратегии. Получив данный отчет, руководство может контролировать качество и эффективность оказания ИТ-услуг, а также принимать решения по дальнейшим корректировкам ИТ-стратегии и процессов в ИТ-подразделении.

14.06.2012

**Список литературы:**

1. Макдональд, Ян Отчетность об ИТ- услугах: простой, малобюджетный и инновационный подходы // Альманах ITSMF – Россия, 2011. – С. 56–67.
2. Ярушкина, Н.Г. Основы теории нечетких и гибридных систем. – М.: Финансы и статистика, 2004.
3. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. – М.: Горячая линия -Телеком, 2006.
4. Круглов В.В., Усков А.А. Два подхода к самоорганизации базы правил системы логического вывода // Информационные технологии. – 2006. – №2. – С. 14–18.

Сведения об авторе:

**Бегутова Елена Владимировна**, аспирант кафедры управления знаниями и прикладной информатики в менеджменте Московского государственного университета экономики статистики и информатики 119501, г. Москва, ул. Нежинская, 7, e-mail: begutovaelena@mail.ru

**UDC 33.7:519.86**

**Begutova E.V.**

Moscow state university of economics, statistics and informatics

E-mail: begutovaelena@mail.ru

**ASSESSMENT OF EFFICIENCY OF THE IT STRATEGY USING THE THEORY OF FUZZY SETS**

IT strategy is an important component of the business strategy in the organization. For the successful operation and management of situations in IT-infrastructure necessary to introduce metrics of IT services. The fuzzy system can be used to measure these metrics, and calculate the total integral parameter.

Key words: IT strategy, fuzzy systems, process approach, IT services, evaluation of the IT strategy.

**Bibliography:**

1. Macdonald, Ian Reporting of IT services: a simple, low-budget, and innovative approaches // Almanac ITSMF Russia in 2011. – P. 56–67.
2. Yarushkina, N.G. Basic theory of fuzzy and hybrid systems – M.: Finance and Statistics, 2004.
3. Rutkovskaya D., Piliński M., Rutkowski L. Neural networks, genetic algorithms and fuzzy systems. – M.: Telecom, 2006.
4. Kruglov V.V., Uskov A.A. Two approaches to self-rule base inference systems // Information Technology. – 2006. – №2. – P. 14–18.