

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ БАНКОВСКИХ СИСТЕМ

Завгородний В.И., Золотарюк А.В.

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации
vzavgorodniy@fa.ru, AZolotaryuk@fa.ru

Аннотация: В работе обоснованы выбор показателей и критериев эффективности информационных банковских систем, а также использование иерархических методов оценки систем. Предлагается для оценки эффективности использовать модифицированную нечеткую модель, основанную на применении лингвистических переменных.

Ключевые слова: показатели и критерии эффективности, иерархическая нечеткая модель, лингвистические переменные, эффективность информационных банковских систем.

Введение

Современная информационная банковская система (ИБС) является одной из самых сложных человеко-машинных систем с высокой долей полностью автоматических процессов, не требующих участия в них сотрудников банка. Многофункциональность, распределенная сложная архитектура предполагают проведение анализа эффективности как всей системы в целом, так и отдельных подсистем. Причем подсистемы ИБС в свою очередь относятся к классу сложных систем.

Для анализа эффективности таких сложных систем требуется выбрать методы и средства оценки систем, основанные на использовании показателей и критериев эффективности.

1 Выбор параметров и критериев оценки информационных банковских систем

При оценке системы используют два понятия: качество и эффективность. Часто исследователи и специалисты-практики не разделяют их или трактуют по-разному, в соответствии со спецификой научной сферы и целей исследования. Например, под эффективностью понимается прибыль или другая выгода, а качество трактуется как набор потребительских свойств товаров, определяющий полезность товаров для потребителя [1]. Такое понимание терминов по отношению только к товарам приводит к противоречиям: за счет снижения качества, например упрощения или ограничения функциональных возможностей можно добиться повышения эффективности, пусть и временного.

Изначально термин «качество» означал совокупность присущих какому-либо объекту свойств и особенностей, которые определяют объект как таковой и отличают его от других объектов [2].

Такой подход к пониманию термина «качество» находит отражение в ряде толковых словарей русского языка. Так, например, в книге С.И. Ожегова «Толковый словарь русского языка» дано следующее определение: «Качество – совокупность существенных признаков, свойств, особенностей, отличающих предмет или явление от других и придающих ему определенность» [3].

Наряду с классическим пониманием термина «качество» в настоящее время сформировался иной подход к трактовке понятия. Он нашел отражение в целом ряде международных и национальных стандартов, регулирующих процессы производства товаров и оказания услуг.

Так, в стандарте ГОСТ Р ИСО 9000-2001 [4] дается следующее определение: «Качество – совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворять установленные и предполагаемые потребности». Эволюция подхода к пониманию термина «качество» продвигается все далее от классического. В стандарте ГОСТ Р ИСО 9000-2015 [5] определено: «Качество продукции и услуг организации определяется способностью удовлетворять потребителей и преднамеренным или непреднамеренным влиянием на соответствующие заинтересованные стороны. Качество продукции и услуг включает не только выполнение функций в соответствии с назначением и их характеристики, но также воспринимаемую ценность и выгоду для потребителя».

В этом стандарте на термин «качество» теперь распространяется не только функция отражения уровня удовлетворения установленным потребительским требованиям к продукции, то есть полезности продукта, но и степень ценности и выгоды использования продукции.

Приведенный подход к пониманию термина «качество» находится в противоречии с классической трактовкой термина. В одном из основных положений терминоведения об образовании и определении терминов содержится требование соблюдения иерархической связи между понятиями, в соответствии с которым определение термина в прикладном значении не должно противоречить фундаментальному определению качества как категории [6].

Понятие «качество» применяют и по отношению к процессам, например, процессам управления. Поскольку любой процесс предполагает конкретные цели, осуществляется в определенных условиях и при взаимодействии с другими объектами, то для оценки процессов целесообразно использовать другой подход.

Предлагается считать, что термин «качество» характеризует основные свойства и особенности предметов, объектов, устройств, систем. Это определение не противоречит современному пониманию «качества». Если из множества свойств и особенностей объекта выделить подмножество свойств и особенностей, определяющих потребительские свойства объекта, то при определении качества товара, изделия, услуги должны учитываться именно свойства и особенности, важные для потребителя.

А полезность товара, изделия, услуги (объекта) определяет только пользователь в соответствии со своими возможностями, потребностями, целями и условиями использования. При выборе соответствующего объекта пользователь сравнивает характеристики объекта, отражающие его потребительские свойства и особенности, и выбирает наиболее подходящий объект из доступных.

Как правило выбор осуществляется на основании характеристик, предоставляемых производителями объектов или поставщиками услуг. При этом заявляемые характеристики объектов могут расходиться с реальными значениями характеристик конкретного образца. Заявленные потребительские свойства объектов определяются производителем при определенных условиях использования и являются усредненными или вероятностными.

Таким образом, потребительские характеристики качества объекта можно рассматривать как ожидаемые, потенциально достижимые характеристики при соблюдении требований производителя или поставщика к условиям их использования.

При выборе оптимального варианта блока, устройства или подсистемы должны учитываться условия их взаимодействия со смежными объектами и предполагаемые режимы использования. Большую роль в процессе выбора играют финансовые характеристики объекта или процесса. Учитываться должны как затраты на приобретение объекта выбора, так и затраты на использование объекта, а также величина прибыли или иного положительного эффекта от использования рассматриваемого объекта.

Для оценки объектов и процессов с учетом потребительских характеристик, затрат и положительного эффекта, получаемого при использовании объекта в конкретных условиях, используется понятие «эффективность».

Термин «эффективность» первоначально появился в экономической литературе. Классик политэкономии Давид Рикардо использовал термин «эффективность» как отношение результата к определенному виду затрат. С этого времени понятие «эффективность» приобретает статус экономической категории.

Современная трактовка понятия «эффективность» в экономике по смыслу близка дефиниции, введенной Рикардо. Приведем один из существующих вариантов определения эффективности.

«Эффективность - относительный эффект, результативность процесса, операции, проекта, определяемые как отношение эффекта, результата к затратам, расходам, обусловившим, обеспечившим его получение» [7].

Поскольку понятие «эффективность» связывается с оценкой результатов, то и применяется оно по отношению к процессам. Только применяя объект на практике в конкретных условиях и с определенными целями можно установить, насколько он эффективен. Предполагаемая эффективность процессов использования объектов может определяться априори с применением моделирования процессов и анализа полученных результатов.

В отличие от экономических процессов, результаты использования устройств, блоков и подсистем в технических системах кроме экономического эффекта характеризуются множеством показателей технического или технологического совершенства. Такие показатели часто не поддаются простому представлению в денежном выражении. Они используются для задания целевых показателей разработки или используются в качестве ограничений при постановке задачи на разработку систем.

С учетом проведенного анализа понятий «качество» и «эффективность» по отношению к техническим объектам и процессам, целесообразно представить основные особенности этих понятий (таблица 1).

Для оценки сложных систем необходимо использовать показатели эффективности и построенные на их основе правила принятия решения (критерии).

Таблица 1. Сравнение понятий «качество» и «эффективность»

Характерные особенности	Качество	Эффективность
Определение	Основные свойства и особенности блоков, устройств и систем, определяющие их потребительские возможности	Свойства процессов функционирования систем, характеризующие их приспособленность к достижению целей применения систем
Особенности	Характеризует потенциально достижимые возможности объектов при соблюдении требований и рекомендаций производителя	Характеризует приспособленность систем достигать поставленных конечных целей в условиях реализации конкретных процессов. Позволяет соотносить затраты с конечными целевыми результатами процессов
Область применения	Технические объекты, продукция, товар	Целенаправленные процессы, сложные системы
Показатели	Множество показателей качества, которые позволяют оценить и сравнить свойства объектов, определяющие его потребительские возможности	Множество показателей эффективности, позволяющих определить степень соответствия результатов функционирования системы поставленным целям
Способ оценивания	Критерии качества объектов, обеспечивающие обоснованный выбор объекта с наилучшими показателями, сравнение показателей качества разных объектов	Критерии эффективности систем используются для принятия решения о необходимости модификации или разработки новой системы, обеспечивающей достижение поставленных целей

При оценке эффективности системы выбираются обобщенные показатели, по которым можно принимать решение о степени соответствия фактических результатов работы системы целевым установкам. Обобщенные показатели вычисляются на основе показателей подсистем, которые в свою очередь могут формироваться на основе показателей более низкого уровня. Таким образом, очевидна иерархическая структура показателей эффективности системы. На самом низком уровне для оценки эффективности устройств, отдельных функциональных блоков используются характеристики. Под характеристиками понимаются исходные, первичные, наиболее простые величины (качественные или количественные) отображения свойств и качеств объектов и процессов.

Предлагается следующий алгоритм оценки ИБС:

- формирование целей и задач использования ИБС;
- составление перечня показателей эффективности;
- выбор метода оценки системы с помощью выбранных показателей;
- определение перечня характеристик, подлежащих анализу;
- выбор и применение методов получения характеристик;
- обеспечение сравнимости показателей;
- использование методов формирования обобщенных показателей эффективности;
- формирование критерия оценки степени соответствия результатов использования ИБС поставленным целям;
- разработка алгоритма и программного средства автоматизации процесса оценки ИБС.

Информационные банковские системы оцениваются с помощью показателей эффективности, которые используются при анализе автоматизированных систем других отраслей экономики и государственного управления. Показатели могут быть разбиты на группы. Каждая группа позволяет оценивать потребительские свойства, экономическую эффективность, безопасность информации, надежность и катастрофоустойчивость, открытость архитектуры, возможности взаимодействия со смежными системами и др.

Достижение высоких показателей в каждой группе важно для банков. Только комплексное развитие ИБС может обеспечить конкурентоспособность банкам. Вместе с тем отдельные подсистемы ИБС имеют особое значение для обеспечения устойчивой работы банка. К ним можно отнести подсистемы, обеспечивающие безопасность, достоверность и сохранность информации, непрерывность работы всей системы.

Существует множество методов многокритериальной оценки сложных систем. К ним относятся методы ранжирования, среди которых можно выделить методы лексикографический, попарных сравнений, метод Парето и др.[8] При выборе метода определения эффективности ИБС учитывались следующие факторы. Для анализа таких сложных систем используются десятки характеристик. В то же время результаты исследований показывают, что количество характеристик или показателей эффективности для формирования критерия не должно быть более девяти. Поэтому необходимо использовать иерархические методы вычисления показателей эффективности. Они позволяют поэтапно формировать показатели эффективности более высокого уровня путем интеграции показателей нижних уровней. Модель также должна быть приспособлена к работе в условиях неопределенности. Особенно это относится к работе с показателями информационной безопасности [9,10].

2 Иерархическая нечеткая модель для оценки информационных банковских систем

Для оценки эффективности ИБС или ее отдельных подсистем может быть использована иерархическая нечеткая модель с лингвистическими переменными [3]. Выбор модели обусловлен наличием возможности совмещения иерархического алгоритма с использованием механизма нечеткого определения лингвистических переменных. Это позволяет создавать модели в условиях неопределенности и наличия как количественных, так и качественных характеристик и показателей.

Эффективность ИБС или ее подсистема может быть описана следующей нечеткой моделью $Q = \langle G, L, S, A \rangle$. В модели под G понимается связный ациклический граф (дерево). Пример графа приведен на рисунке 2. Каждому показателю эффективности системы ставится в соответствие вершина графа g_{nk}^d , где $d = (1; D)$ – уровень, на котором находится вершина g_{nk}^d ; $n = (1; N_d)$ – номер вершины g_{nk}^d на уровне d ; $k = (1; K_{d-1})$ – номер вершины уровня $d-1$, с которой связана вершина g_{nk}^d . Вершинам дерева соответствуют определенные значения лингвистических переменных $l_j \in L$, где $L = \{l_j\}$, $j = (1; J)$. Символом S обозначено правило задания и использования нечетких предпочтений между показателями при формировании обобщенного показателя. Алгоритм получения обобщенных (агрегированных) показателей на всех уровнях модели представлен в модели символом A .

Пусть выбрано множество лингвистических переменных L , мощность которого $J = 5$. $L = \{\text{"Очень низкий"} (ОН), \text{"Низкий"} (Н), \text{"Средний"} (С), \text{"Высокий"} (В), \text{"Очень высокий"} (ОВ)\}$. Для представления лингвистических переменных используется симметричная трапецеидальная функция принадлежности. Тогда j – му значению переменной l_j может быть поставлена в соответствие функция принадлежности $\mu_j(x)$, которая определена на единичном интервале $(0,1)$ [11]. Функции имеют следующий вид:

$$\begin{aligned}
(1) \text{ OH } \mu_1(x) &= \begin{cases} 1, & \text{при } 0 \leq x \leq 0,15 \\ 10(0,25 - x), & \text{при } 0,15 \leq x \leq 0,25 \\ 0, & \text{при } 0,25 \leq x \leq 1 \end{cases} \\
(2) \text{ H } \mu_2(x) &= \begin{cases} 0, & \text{при } 0 \leq x \leq 0,15 \vee 0,45 \leq x \leq 1 \\ 10(x - 0,25), & \text{при } 0,15 \leq x \leq 0,25 \\ 1, & \text{при } 0,25 \leq x \leq 0,35 \\ 10(0,45 - x), & \text{при } 0,35 \leq x \leq 0,45 \end{cases} \\
(3) \text{ C } \mu_3(x) &= \begin{cases} 0, & \text{при } 0 \leq x \leq 0,35 \vee 0,65 \leq x \leq 1 \\ 10(x - 0,45), & \text{при } 0,35 \leq x \leq 0,45 \\ 1, & \text{при } 0,45 \leq x \leq 0,55 \\ 10(0,65 - x), & \text{при } 0,55 \leq x \leq 0,65 \end{cases} \\
(4) \text{ B } \mu_4(x) &= \begin{cases} 0, & \text{при } 0 \leq x \leq 0,55 \vee 0,85 \leq x \leq 1 \\ 10(x - 0,65), & \text{при } 0,55 \leq x \leq 0,65 \\ 1, & \text{при } 0,65 \leq x \leq 0,75 \\ 10(0,85 - x), & \text{при } 0,75 \leq x \leq 0,85 \end{cases} \\
(5) \text{ OB } \mu_5(x) &= \begin{cases} 0, & \text{при } 0 \leq x \leq 0,75 \\ 10(x - 0,85), & \text{при } 0,75 \leq x \leq 0,85 \\ 1, & \text{при } 0,85 \leq x \leq 1 \end{cases}
\end{aligned}$$

Графическое представление функций принадлежности $\mu_j(x)$ показано на рис.1.

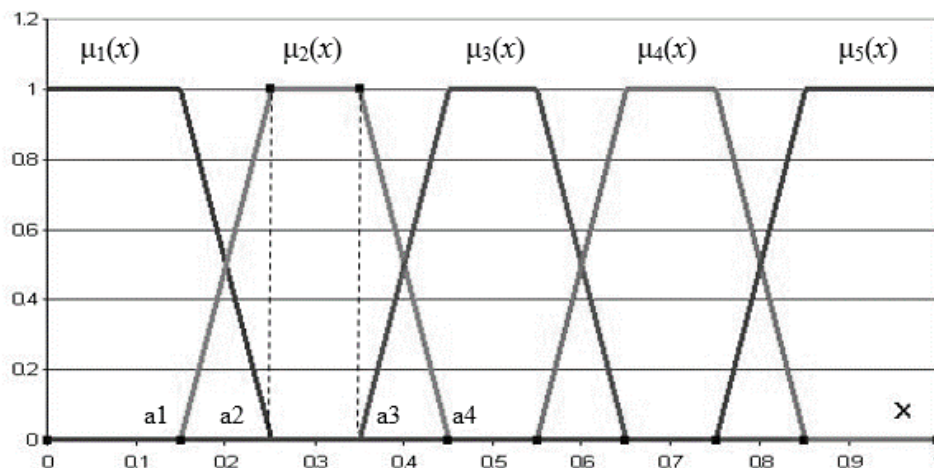


Рис. 1. Графическое представление функций принадлежности

Обобщенный (агрегированный) показатель каждого уровня получается из показателей уровнем ниже, значение которых оказывает влияние на формируемый обобщенный показатель. На графе это показатели, связанные с показателем следующего по иерархии уровня. На первом этапе определяются показатели нижнего уровня иерархии. Первичные лингвистические переменные получают либо непосредственно с помощью экспертных методов, либо относительные количественные оценки приводятся к виду лингвистических переменных.

Алгоритм пошагового формирования агрегированных значений вершин графа можно представить следующим образом:

- 1) Определяются все первичные показатели эффективности (листья дерева) $g_{nk}^D = l_j, l_j \in L$
- 2) Из графа G выделяются подмножества вершин G_k^d на уровне d , имеющие связь с вершиной k следующего по иерархии уровня $d-1$.
- 3) Обобщенный показатель g_{kv}^{d-1} , где v – номер вершины на уровне $d-2$, с которой связаны вершины подмножества G_k^d определяется по формуле:

$$(6) \text{ OB } \mu_5(x) = \begin{cases} 0, & \text{при} \\ 10(x - 0,85), & \\ 1, & \text{при} \end{cases}$$

где $\mu_k(x)$ – функция принадлежности, соответствующая обобщенному показателю g_{kv}^{d-1} ; $\mu_{jk}(x)$ – j – я функция принадлежности подмножества вершин G_k^d ; $\rho_j = (0;1)$ – весовой коэффициент j – го показателя среди показателей (вершин) G_k^d ; N_k – мощность множества G_k^d .

- 4) По вычисленной функции принадлежности $\mu_k(x)$ вершине g^{d-1}_{kv} присваивается соответствующее значение лингвистической переменной $l_i \in L$.
- 5) После обработки всех подмножеств G^d_k уровня d проверяется условие $d > 1$. Если условие выполняется, то $d=d-1$ и осуществляется переход к шагу 2, иначе – завершение алгоритма.

Пример применения нечеткой модели для определения эффективности ИБС по обеспечению безопасности информации рассматривается для графа, представленного на рис.2 и данных таблицы 2.

Весовые коэффициенты ρ_j могут определяться различными способами. Например, веса назначаются с использованием экспертных методов. Практический интерес представляет метод, основанный на использовании нечетких предпочтений одних показателей перед другими, на основании которых определяются весовые коэффициенты, получившие название коэффициентов Фишберна [12].

Пусть показатели g^d_{nk} уровня d используются для формирования значения $\mu_k(x)$ k –го показателя старшего уровня $d-1$. Они могут находиться между собой в отношении нестрогого предпочтения (\succ) или безразличия (\approx). Формальная запись отношения показателей может быть представлена следующим образом:

$$(7) \quad P = \{ g^d_{nk} (\varphi) g^{d+1}_{nk}, | \varphi \in (\geq, \approx) \}.$$

Если $g^d_{1k} \geq g^d_{2k} \geq \dots \geq g^d_{N_k k}$ для $\forall g^d_{nk}$, то выражение вычисления коэффициентов Фишберна имеет вид:

$$(8) \quad \rho_j = \frac{2(N_k - j + 1)}{(N_k + 1)N_k}, j = (1; N_k)$$

При $g^d_{1k} \approx g^d_{2k} \approx \dots \approx g^d_{N_k k}$ для $\forall g^d_{nk}$, коэффициенты равны и определяются следующим образом:

$$(9) \quad \rho_j = \frac{1}{N_k}, j = (1; N_k)$$

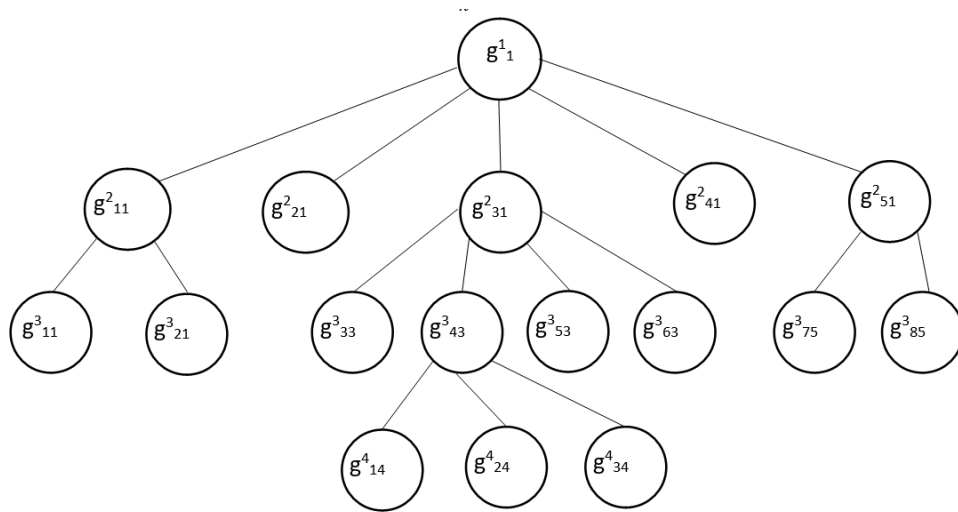


Рис. 2. Пример графа показателей безопасности информации

Если показатели эффективности одного подмножества связаны как отношениями предпочтения, так и отношениями безразличия, то необходимо использовать выражение:

$$(10) \quad r_{j-1} = \begin{cases} r_j, & \text{если } g^{d-1}_{n-1k} \approx g^d_{nk} \\ r_j + 1, & \text{если } g^{d-1}_{n-1k} \succ g^d_{nk}, \\ r_{N_k} = 1, j = (N_k; 2); \\ \rho_j = r_j / \sum_{j=1}^{N_k} r_j \end{cases}$$

Для вычислений по формуле (6) необходимо воспользоваться правилами выполнения операций с функциями принадлежности $\mu_k(x)$, в соответствии с которыми необходимо осуществить переход к действиям с абсциссами соответствующих вершин трапеций (a_1, a_2, a_3, a_4) (рис. 1)[11]:

$$(11) \quad \sum_{j=1}^{N_k} \rho_j(a_{j1}, a_{j2}, a_{j3}, a_{j4}) = \left(\sum_{j=1}^{N_k} \rho_j a_{j1}, \sum_{j=1}^{N_k} \rho_j a_{j2}, \sum_{j=1}^{N_k} \rho_j a_{j3}, \sum_{j=1}^{N_k} \rho_j a_{j4} \right)$$

В общем случае полученное значение функции $\mu_k(x)$, характеризующее обобщенный показатель на любом уровне иерархии, будет отличаться от выбранных функций принадлежности $\mu_j(x)$. Поэтому необходимо произвести сравнение полученной функции $\mu_k(x)$ с функциями $\mu_j(x)$ и выбрать в качестве обобщенной оценки одну из исходных функций $\mu_j(x)$, наиболее близкой функции $\mu_k(x)$.

Задача может быть решена одним из методов:

- квадратичного расстояния Евклида;
- абсолютного (относительного) расстояния Хемминга.

При выборе метода абсолютного расстояния Хемминга и с учетом трапецидальной формы функций $\mu_j(x)$ и $\mu_k(x)$ близость этих функций δ_{jk} оценивается с помощью выражения:

$$(12) \quad \delta_{jk} = \max \left\{ |a_1^k - b_1^j|, |a_2^k - b_2^j|, |a_3^k - b_3^j|, |a_4^k - b_4^j| \right\}, \quad j = \overline{1,5},$$

где δ_{jk} – абсолютное расстояние Хемминга; b_i^j – абсцисса исходных функций принадлежности, a_i^k – абсцисса вычисленной функции $\mu_k(x)$. Критерием выбора $\mu_j(x)$ является $\min \delta_{jk}$. Из множества L_j выбирается переменная x_j , с соответствующей функцией $\mu_j(x)$, для которой получено минимальное $\min \delta_{jk}$.

Алгоритм вычисления обобщенных показателей может предусматривать проверку ограничений для частных показателей эффективности ИБС, которые используются для формирования показателей следующего уровня иерархии. Если значение частного показателя g_{nk}^d ниже заданного порогового значения для этого показателя, то это событие фиксируется. Это позволяет выявить слабые места системы на различных уровнях иерархии и может быть использовано для модернизации или замены подсистем.

Таблица 2. Исходные данные для определения обобщенного лингвистического показателя эффективности

Обозначение показателя	Название показателя	Предпочтение	Значение лингвистической переменной	Допустимое значение показателя
g^1_1	Обобщенный показатель эффективности		Требуется определить	Высокий
g^2_{31}	Целостность	$\geq g^2_{11}$	Требуется определить	Высокий
g^2_{11}	Конфиденциальность	$\approx g^2_{51}$	Требуется определить	Высокий
g^2_{51}	Доступность	$\succcurlyeq g^2_{21}$	Требуется определить	Высокий
g^2_{21}	Полнота	$\approx g^2_{41}$	Средний	Средний
g^2_{41}	Достоверность		Высокий	Средний
g^3_{43}	Дублирование информации	$\approx g^3_{33}$	Требуется определить	Высокий
g^3_{33}	Распределенная структура	$\approx g^3_{53}$	Высокий	Высокий
g^3_{53}	Помехоустойчивое кодирование	$\approx g^3_{63}$	Высокий	Высокий
g^3_{63}	Восстановление информации		Средний	
g^3_{11}	Управление доступом	$\approx g^3_{21}$	Высокий	
g^3_{21}	Шифрование		Очень высокий	
g^3_{75}	Адаптивность к нагрузкам	$\approx g^3_{85}$	Высокий	

Обозначение показателя	Название показателя	Предпочтение	Значение лингвистической переменной	Допустимое значение показателя
g^{3}_{85}	Адаптивность к отказам и сбоям		Высокий	
g^{4}_{14}	Зеркальное дублирование	$\geq g^{4}_{24}$	Очень высокий	
g^{4}_{24}	Инкрементное дублирование	$\approx g^{4}_{34}$	Высокий	
g^{4}_{34}	Полное дублирование		Средний	

Возможности метода показаны на примере. Необходимо решить следующую задачу. Используя граф G (рис. 2), исходные данные о значениях показателей нижних вершин графа (листьев дерева) и относительных нечетких предпочтениях показателей (таблица 2), требуется определить обобщенный лингвистический показатель эффективности процессов обеспечения информационной безопасности при использовании ИБС.

Решение задачи начинается с вычисления показателя g^{3}_{43} . Для этого выполняется обобщение показателей g^{4}_{14} , g^{4}_{24} , и g^{4}_{34} (рис. 2). Данные показатели находятся в состоянии смешанного нечеткого предпочтения относительно друг друга. Их веса определяются по формуле (10):

$$r_3=1; r_2=1; r_1=2.$$

$$\rho_1=2/4=0.5; \rho_2=\rho_3=1/4=0.25.$$

В соответствии со значениями лингвистических переменных, соответствующих показателям g^{4}_{14} , g^{4}_{24} и g^{4}_{34} из таблицы 2, выбираются функции $\mu_5(x)$, $\mu_4(x)$, и $\mu_3(x)$. Для этих функций определяются координаты трапеций и подставляются в (11). Получаются координаты агрегированной функции $\mu_k(x)$:

$$(a_{k1}, a_{k2}, a_{k3}, a_{k4}) = ((0.5 \cdot 0.75 + 0.25 \cdot 0.55 + 0.25 \cdot 0.35), (0.5 \cdot 0.85 + 0.25 \cdot 0.65 + 0.25 \cdot 0.45), (0.5 \cdot 1 + 0.25 \cdot 0.75 + 0.25 \cdot 0.55), (0.5 \cdot 1 + 0.25 \cdot 0.85 + 0.25 \cdot 0.65)) = (0.6, 0.7, 0.83, 0.88).$$

Вычисляется абсолютное расстояние Хемминга для агрегированной функции $\mu_k(x)$ и каждой из функций $\mu_3(x)$, $\mu_4(x)$, $\mu_5(x)$ (12):

$$\delta_{3k} = \max\{|0.6 - 0.35|, |0.7 - 0.45|, |0.83 - 0.55|, |0.88 - 0.65|\} = \max\{0.25, 0.25, 0.28, 0.23\},$$

$$\delta_{4k} = \max\{|0.6 - 0.55|, |0.7 - 0.65|, |0.83 - 0.75|, |0.88 - 0.85|\} = \max\{0.05, 0.05, 0.08, 0.03\},$$

$$\delta_{5k} = \max\{|0.6 - 0.75|, |0.7 - 0.85|, |0.83 - 1|, |0.88 - 1|\} = \max\{0.15, 0.15, 0.17, 0.12\}.$$

Вычисленные результаты расстояний: $\delta_{3k} = 0.28$, $\delta_{4k} = 0.08$, $\delta_{5k} = 0.17$. Минимальное расстояние Хемминга получено для функции $\mu_4(x)$, которая и выбирается в качестве агрегированной функции принадлежности. Отсюда следует, что обобщенный показатель g^{3}_{43} характеризуется лингвистической переменной "Высокий". Проверку для функций $\mu_1(x)$ и $\mu_2(x)$ не проводим, так как даже для функции $\mu_3(x)$ получено значение $\delta_{3k} = 0.28$ большее, чем для $\mu_4(x)$.

Проведенные расчеты для каждого иерархического уровня графа G представлены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты вычисления обобщенного показателя эффективности ИБС по обеспечению информационной безопасности

Обозначение показателя	Название показателя	Значение лингвистической переменной	Координаты полученной функции
g^1_1	Обобщенный показатель эффективности	Высокий	(0.53, 0.63, 0.73, 0.83)
g^2_{31}	Целостность	Высокий	(0.5, 0.6, 0.7, 0.8)
g^2_{11}	Конфиденциальность	Высокий	(0.65, 0.75, 0.86, 0.93)
g^2_{51}	Доступность	Высокий	(0.55, 0.65, 0.75, 0.85)
g^3_{43}	Дублирование информации	Высокий	(0.6, 0.7, 0.83, 0.88)

По сравнению с известными методами нечеткого моделирования процесса определения агрегированных показателей эффективности (качества) предложен ряд изменений, направленных на повышение точности метода.

- 1) При расчете обобщенного показателя эффективности на уровнях ниже первого уровня иерархии предлагается исключить этап замены полученных координат агрегированной функции $\mu_k(x)$ на координаты самой близкой функции $\mu_j(x)$, а использовать $\mu_k(x)$ для получения агрегированных показателей следующего уровня. Тогда операция сравнения координат и выбор одной из функций принадлежности $\mu_j(x)$ выполняется только для обобщенного показателя эффективности.
- 2) В процессе выполнения алгоритма определения обобщенного показателя эффективности следует учитывать ограничения на отдельные показатели эффективности, в том числе и на показатели, получаемые в процессе агрегирования функций принадлежности.
- 3) Оценивать степень совпадения полученных функций принадлежности $\mu_k(x)$ с функциями $\mu_j(x)$ не только с помощью абсолютного расстояния Хемминга, но и направлением смещения функции $\mu_k(x)$ относительно ближайшей из функций $\mu_j(x)$.

Заключение

В работе представлен метод оценки эффективности ИБС, основанный на использовании иерархической нечеткой модели с применением лингвистических переменных. Предложены изменения в алгоритм метода, позволяющие повысить точность определения обобщенного показателя эффективности.

Литература

1. *J. Spacey*. Efficiency vs Quality. URL:<https://simplicable.com/new/efficiency-vs-quality> (доступен:25.05.2019)
2. *Гегель Г.В.Ф.* Энциклопедия философских наук. Т. 1. Наука логики. – М.: Мысль, 1974. – 452 с.
3. *Ожегов С.И.* Толковый словарь русского языка / Под ред. проф. Л. И. Скворцова. 28-е изд., перераб. – М.: Мир и Образование, 2015. – 1376 с.
4. ГОСТ Р ИСО 9000-2001. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. – М.: Издательство стандартов, 2001.
5. ГОСТ Р ИСО 9000-2015. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. – М.: Стандартинформ, 2018.
6. *Мельников Г. П.* Основы терминоведения. – М.: Изд. Ун-та дружбы народов, 1991. – 116 с.
7. Эффективность [Современный экономический словарь / Б.А. Райзберг - 6 изд. - М.: ИНФРА-М, 2014. - 512 с
8. *Подиновская О.В., Подиновский В.В.* Анализ иерархических многокритериальных задач принятия решений методами теории важности критериев // Проблемы управления. 2014. № 6. С. 2-8.
9. *Zavgorodniy V., Lukyanov P., Nazarov S.* [The Selection Algorithm of Mechanisms for Management of Information Risks]. 2nd International Conference on Information Technology and Quantitative Management, ITQM 2014. Procedia Computer Science. Imprint: ELSEVIER. pp. 440-448. ISSN: 1877-0509.
10. *Завгородний В.И.* Системное управление информационными рисками. Выбор механизмов защиты от информационных рисков // Проблемы управления. – 2009. – №1. – С. 53-58.
11. *Недосекин А.О.* Нечетко-множественный анализ риска фондовых инвестиций. URL: <https://www.twirpx.com/file/132466/> (accessed: 10.01.2019).
12. *Фишберн П.* Теория полезности для принятия решений. – М.: Наука, 1978. – 352 с.