

УДК 001.895

Выбор современного инструментария для экспертной оценки качества инновационных программных проектов

Ларин Сергей Николаевич

Кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник,

Центральный экономико-математический институт Российской академии наук,
117418, Российская Федерация, Москва, просп. Нахимовский, 47;
e-mail: sergey77707@rambler.ru

Аннотация

В условиях действия санкционных ограничений важным фактором обеспечения устойчивого развития предприятий становится использование современных инновационных программных проектов для планирования и управления их производственной деятельностью. При этом возникает необходимость оценки качества таких программных информационных продуктов, используемых в производственной деятельности предприятий. На этом основании в качестве предмета исследования выступает обоснование математического аппарата для проведения экспертной оценки качества. Основной целью данного исследования является выбор математического аппарата для получения расчетных значений интегрального показателя экспертной оценки качества инновационных программных проектов. Для получения результатов были использованы методы анализа иерархий и нечетких множеств, а также комбинаторные коэффициенты, инструментарий биномиального и нормального распределения, математический аппарат испытаний Бернулли. В ходе проведения исследований была разработана методика формирования иерархической сети показателей, позволяющая определять на основе методов экспертных оценок расчетные значения интегрального показателя качества инновационных программных проектов. Установлено, что качество разработки современных инновационных программных проектов зависит от большого числа факторов разнонаправленного воздействия. Учет многообразия их влияния реализован в методике формирования иерархической сети свойств показателей оценки качества инновационных программных проектов.

Для цитирования в научных исследованиях

Ларин С.Н. Выбор современного инструментария для экспертной оценки качества инновационных программных проектов // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2018. Том 8. № 4А. С. 106-116.

Ключевые слова

Инновации, программный проект, оценка качества, экспертные методы, методы анализа иерархий, математический аппарат нечетких множеств, иерархическая сеть, характеристики качества.

Введение

Процесс оценки качества инновационных программных проектов (ИПП) и используемого в нем программного обеспечения (ПО) неразрывно связан с определением параметров, поддающихся измерению, в которых заинтересован пользователь. Современные методы оценки качества имеют в своем распоряжении широкий арсенал средств измерения, среди которых можно выделить прикладной статистический анализ данных, методы экспертных оценок, а также более сложные методы интеллектуального анализа данных, таких как нейронные сети, методы машинного обучения и т.д. [Ларин, Жилякова, 2015; Sharma, Kumar, Grover, 2008].

В целом, стандарт ISO/IEC 25010:2011 и его российский аналог ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010-2015 [2] с высоким уровнем детализации описывают модель оценки качества ИПП и используемого в нем ПО при помощи большего числа характеристик/подхарактеристик показателей качества. При этом каждая характеристика/подхарактеристика описывает степень качества какого-либо показателя настолько подробно, что делает возможным получение количественной оценки конкретной характеристики. Такой подход существенно облегчает оценку качества ИПП, а сами характеристики достаточно полно охватывают его качественное описание, делая возможным оценку качества ИПП и используемого в нем ПО любой сложности [Горбаченко, 2013, Исаев, 2006].

Наиболее характерными чертами используемого для данных целей математического аппарата являются следующие:

- 1) задачи измерений опираются на потребности предметной области, а не собственно математики;
- 2) выполнению измерений присущи различные допущения, которые могут расходиться со строгим аппаратом математической статистики;
- 3) значительное внимание уделяется сбору данных для анализа и их обработки с целью выявления нарушений форматов, аномальных значений, пропусков и т.д.

Необходимость производства объективных измерений и получения количественных оценок различных характеристик качества ИПП и используемого в нем ПО требует применения определенной системы измерений и методов оценки. Под системой измерений характеристик качества ИПП и используемого в нем ПО будем понимать некую совокупность характеристик, которые поддаются измерению при помощи разного рода измерительных шкал, характерных для них единиц измерения и определенных связей между ними. Используемые измерительные шкалы определяют диапазон значений измеряемых характеристик с заданной точностью и в установленных единицах.

Современный арсенал методов и инструментальных средств для измерения значений характеристик конкретных показателей и атрибутов их функциональных свойств с последующей оценкой качества как ИПП в целом, так и его отдельных составляющих (модулей) достаточно широк. Чаще всего для этого используются методы прикладного статистического анализа данных, экспертных оценок, а также более сложные методы интеллектуального анализа данных, такие как нейронные сети, метод анализа иерархий и ряд других [Ларин, Лазарева, Ларина, 2017; Larin, Lazareva, 2017]. Поскольку основной целью нашего исследования является определение расчетных значений интегрального показателя в рамках экспертных систем оценки качества современных ИПП, то представляется целесообразным перейти к более детальному обоснованию ее достижения.

Основная часть

1. Основные результаты

Большой интерес представляет определение возможности использования теоретических положений и практического инструментарий метода анализа иерархий применительно к разработке экспертных систем оценки качества ИПП через декомпозицию свойств и характеристик определенного набора показателей в интегральный показатель качества ИПП. Объединение разрозненного множества показателей в иерархическую структуру с вершиной, определяющей качество ИПП, с дальнейшей адаптацией ее к конкретной реализации и условиям предметной области предпринимательской деятельности осуществляется при помощи формирования иерархической сети показателей экспертной оценки качества. Синтез сети показателей производится путем получения обобщенного экспертного заключения по системе отношений свойств $\{c_i\}$ оценки качества ИПП, определением на этой основе иерархической структуры и ее адаптацией к конкретным условиям оценивания. При этом в роли начальных данных выступает матрица предпочтений $\|\alpha_{ij}^k\|$, $i, j, k \in N$, представляющая собой простую матрицу, с элементами:

$$\alpha_{ij} \in \{0,1\}, \quad i, j = \overline{1, \rho}, \quad (1)$$

где: ρ - полное число свойств или показателей качества ИПП, учитываемых при оценке, исходя из правила:

$$\alpha_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-ый показатель важнее, чем } j\text{-ый показатель;} \\ 0, & \text{если } j\text{-ый показатель важнее, чем } i\text{-ый показатель;} \\ 0,5, & \text{если оба показателя имеют одинаковую важность;} \end{cases}$$

Для матрицы $\|\alpha_{ij}\|$ характерно:

$$a_{ii} = a_{jj} = 0 \quad (2)$$

Множество матриц $\|\alpha_{ij}^k\|$ получаемое от k экспертов дает возможность рассчитать промежуточную матрицу $\|z_{ij}\|$ по формуле:

$$z_{ij} = \sum_{k=1}^K \alpha_{ij}^k, \quad (3)$$

которая представляет собой оценку показателей качества группой экспертов.

Преобразование промежуточной матрицы $\|z_{ij}\|$ в матрицу строгого порядка $\|d_{ij}\|$, в которой

$$d_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } C_i \succ C_j \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad (4)$$

а знак \succ обозначает отношение доминирования, на базе матрицы $\|z_{ij}\|$ есть процесс проверки вероятностного вывода. На языке строгого упорядочивания задача проверки вероятностного вывода состоит в выявлении матрицы $\|d_{ij}\|$ путем анализа $\|z_{ij}\|$, с целью частичного строгого упорядочивания свойств или показателей качества ИПП $\{C_\rho\}$. Определение такого порядка имеет целью получить структуру сети G свойств оценки качества ИПП.

С позиций аппарата теории вероятности в процессе формирования $\|z_{ij}\|$ можно использовать математический аппарат испытаний Бернулли [Климов, 2011], поскольку он хорошо описывает набор повторяемых независимых испытаний. Примем допущение равной вероятности для результатов каждого испытания, что отражается формулой:

$$q = q_{ij} = q_{ji}, \quad (5)$$

где: q_{ij} - вероятность того, что отношение порядка между i -ым и j -ым свойствами показателей имеются и $c_i \succ c_j$; q_{ji} - вероятность того, что отношение порядка между i -ым и j -ым свойствами показателей имеются и $c_i \prec c_j$; q - вероятность того, что отношения порядка между i -ым и j -ым свойствами показателями отсутствуют. Следовательно:

$$(q_{ij} + q_{ji} + q = 1) \Rightarrow q_{ij} = q_{ji} = q = 1/3. \quad (6)$$

В нашем случае число испытаний будет определяться количеством экспертов k , которые принимают участие в оценке качества ИПП. Каждый элемент промежуточной матрицы z_{ij} является, по сути, случайной величиной, распределение которой согласуется с биномиальным законом:

$$F(r, k, q_{ij}) = \binom{K}{r} q_{ij}^r (q_{ij} + q)^{k-r}, \quad (7)$$

где: $\binom{K}{r}$ - коэффициент комбинаторный, который соответствует числу сочетаний из k по r .

$$F(r, k, q_{ij}) = P(z_{ij}=r). \quad (8)$$

Как известно, полученное нами биномиальное распределение $F(r, k, q_{ij})$ в предельном случае может быть аппроксимировано при помощи закона Пуассона [Кремер, 2004]. Используя пуассоновское приближение, полученное нами биномиальное распределение $F(r, k, q_{ij})$ примет следующий вид:

$$F(r, K, q_{ij}) \approx \frac{(\mu)^r}{r!} \exp(-\mu), \quad (9)$$

$$\mu = Kq_{ij}. \quad (10)$$

В то же время, для непрерывного случая пуассоновское распределение (9) можно обобщить, используя нормальный закон распределения [Попов, Сотников, 2011], по формуле:

$$F^*(r, K, q_{ij}) \approx \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \right) \int_{-\infty}^K \exp\left(\frac{-r^2}{2} \right) dr \quad (11)$$

с плотностью

$$F(r, K, q_{ij}) \approx \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \right) \exp\left(\frac{r^2}{2} \right). \quad (12)$$

После обобщения биномиального распределения $F(r, K, q_{ij})$ при помощи нормального закона становится возможным применить стандартный аппарат проверки вероятностного вывода для результатов испытаний, полученных при использовании математического аппарата Бернулли [Климов, 2011]. Сущность стандартного аппарата проверки заключается в определении пограничного значения числа экспертов S_k , высказавшихся в пользу установления порядка $c_i \succ c_j$ из общего количества экспертов k , которое позволит с риском α определить этот порядок как соответствующее отношение. Т.е. для m оценок экспертов:

$$S_k \geq m^{-1} \left[K + t_\alpha \sqrt{K(m-1)} \right] \text{ для } \left(q_{ij} = \frac{1}{m} \right), \quad (13)$$

где: t_α - квантиль нормального распределения, полученный по соотношению

$$\alpha = 1 - F^*(t_\alpha). \quad (14)$$

Как правило, значение $\alpha \in (0, 1; 0, 2)$. Обычно полагают, что $\alpha = 0, 1$.

Если предположить, что число оценок экспертов $m = 3$, то выражение (13) будет иметь следующий вид:

$$S_k \geq \frac{1}{3} \left(K + t_\alpha \sqrt{2K} \right). \quad (15)$$

Следовательно, соотношение для преобразования промежуточной матрицы $\|z_{ij}\|$ в матрицу строгого порядка $\|d_{ij}\|$ можно представить следующим образом:

$$d_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{при } S_k \leq Z_{ij} \\ 0, & \text{при } S_k > Z_{ij}. \end{cases} \quad (16)$$

Матрица строгого порядка $\|d_{ij}\|$ описывает структуру сети G оценки качества ИПП:

$$G = \langle C, U \rangle, \quad (17)$$

где: C - множество вершин, соответствующих свойствам показателей, используемых при оценке качества ИПП $\{C_\rho\}$; U – множество дуг, соответствующих отношениям порядка $\|d_{ij}\|$.

На множестве дуг необходимо провести удаление транзитивно замыкающих дуг. Дуга $(c_i c_k)$ является транзитивно замыкающей, если для нее выполняется следующее условие:

$$\forall c_i, c_j, c_k \in C \left((c_i \prec c_j) \& \& (c_j \prec c_k) \& \& (c_i \prec c_k) \right). \quad (18)$$

После выполнения описанных выше преобразований, мы получаем иерархическую сеть $G+$ свойств показателей для оценки качества ИПП, которую можно представить в следующем виде:

$$G+ = \langle C, U+ \rangle, \quad (19)$$

где: $U+$ ($U+ \in U$) - множество дуг, не соответствующих выражению (18).

Из-за возможного присутствия показателей качества C_i , которые декомпозируются на ξ и более дочерних (где $\xi = (5 \pm 2)$ – предельное число альтернатив, которое эксперт может анализировать одноактно) сеть показателей $G+$ оценки качества ИПП может оказаться не пригодной для определения весовых коэффициентов показателей качества. Для определения указанных весовых коэффициентов показателей качества C_i в таких случаях необходимо адаптировать сеть $G+$ к условиям работы каждого эксперта. Проведение такой адаптации реализуется через включение ряда мнимых вершин в декомпозицию сводного или интегрального показателя c_i ($c_i', c_i'' \dots$) с разделением показателя c_i на графе $G+$, для объединения в кластер нижестоящих вершин числом меньшим ξ .

В результате адаптации формируется кластерное объединение показателей качества ИПП, которое, как правило, осуществляется по различным признакам, но при этом все признаки основаны на категориях «близости» между занятыми в одной декомпозиции свойствами более сложного показателя $\{c_i\}$ в некотором метрическом пространстве. Следовательно, нам необходимо определить метрику $\bar{\rho}(c_i, c_j)$ для характеристики уровня близости между двумя свойствами c_i и c_j в пространстве анализируемой декомпозиции сложного показателя $\{c_i\}$, а затем определить значение расстояния, при котором два любых свойства одного показателя можно принять близкими.

При этом, если $\bar{\rho}(c_i, c_j)$ есть функция расстояния между показателями качества ИПП c_i и c_j в метрическом пространстве рационализации свойств этих показателей, то она должна отвечать следующей совокупности условий:

$$1) \bar{\rho}(c_i, c_j) \geq \bar{\rho}(c_i, c_i), \quad (20)$$

$$2) \bar{\rho}(c_i, c_j) = \bar{\rho}(c_j, c_i); \quad (21)$$

3) пространство всегда метрическое:

$$\bar{\rho}(c_i, c_j) \leq \bar{\rho}(c_i, c_l) + \bar{\rho}(c_l, c_j). \quad (22)$$

2. Обсуждение полученных результатов

Применительно к конкретному варианту рассматриваемого ИПП необходимо определить тип метрики как выражение меры близости в пространстве свойств показателей качества. Наиболее популярной метрикой в таком случае является евклидово расстояние, которое принято традиционно использовать в указанных выше целях. Для выражения евклидова расстояния применяется следующая формула:

$$\bar{\rho}_\alpha(c_i, c_j) = \sqrt{\sum_{k=1}^p (c_i^{(k)} - c_j^{(k)})^2}. \quad (23)$$

При необходимости оценки важности свойств показателей качества может быть использована формула для определения взвешенного значения евклидова расстояния:

$$\bar{\rho}_\beta(c_i, c_j) = \sqrt{\sum_{k=1}^p \omega_k (c_i^{(k)} - c_j^{(k)})^2}, \quad (24)$$

где ω_k – важность k -го признака.

Кроме использования евклидова расстояния можно применять и другие типы метрик, в качестве которых могут выступать, например, такие как расстояние Хэмминга или расстояние Махаланобиса [5]. Для их определения соответственно применяются следующие формулы:

$$\bar{\rho}_\chi(c_i, c_j) = \sum_{k=1}^p |c_i^{(k)} - c_j^{(k)}|, \quad (25)$$

$$\bar{\rho}_m(c_i, c_j) = \sqrt{(c_i - c_j) \sum_{k=1}^p (c_i^{(k)} - c_j^{(k)})^T}. \quad (26)$$

Таким образом, кластеризация свойств показателей качества ИПП представляет собой итеративный многоэтапный алгоритм объединения свойств показателей качества c_i в кластеры (группы) по уровню их близости согласно показателю группировки. На первом шаге процесса группировки каждый показателей качества c_{ij} представляет собой кластер определенных свойств. На каждом шаге практической реализации алгоритма два ближайших кластера объединяются в один кластер большего размера. Т.е., за $(\xi^\wedge - 1)$ шагов можно сформировать кластер объединяющий свойства всех показателей качества c_{ij} (где ξ^\wedge – количество дочерних вершин в декомпозиции). На следующем шаге из дендрограмм кластеров связей U_{ij}^+ (соответствующих связям свойств показателей качества c_{ij}) в соответствии с требованием рациональности, выбирается наиболее соответствующая этому требованию структура кластерного формирования. При этом наиболее рациональной считается структура, в которой для всех декомпозиций верно соотношение $\xi^\wedge < \xi$, при условии, что число введенных мнимых

вершин будет иметь наименьшее значение. При этом, признаком группировки для показателей качества ИПП может считаться значение обоснованности отношения порядка E , определяемое по следующей формуле:

$$E_{U_{ij}^+} = \frac{z_{ij}}{z_{ji} \left(K - (z_{ij} + z_{ji}) \right)}, \quad (27)$$

где: z_{ij} - число экспертов, высказавшихся за наличие связи U_{ij}^+ ;

z_{ji} - число экспертов, высказавшихся за отсутствие связи U_{ij}^+ ;

$(K - (z_{ij} + z_{ji}))$ - число экспертов, не высказавшихся об отсутствии/наличии связи U_{ij}^+ .

Как правило, расстояния между кластерами по показателю E определяются на одномерном линейном пространстве по формуле:

$$\bar{\rho}(E_{U_i}, E_{U_e}) = |E_{U_i} - E_{U_e}|. \quad (28)$$

При проведении расчетов обычно применяется широко известная формула пошаговой группировки:

$$\bar{\rho}(E_{(U_e U_i)}, E_{U_m}) = \alpha \bar{\rho}(E_{U_m}, E_{U_e}) + \beta \bar{\rho}(E_{U_m}, E_{U_i}) - \gamma \bar{\rho}(E_{U_e}, E_{U_i}) + \delta \left| \bar{\rho}(E_{U_m}, E_{U_e}) - \bar{\rho}(E_{U_m}, E_{U_i}) \right|$$

при этом

$$\bar{\rho}(E_{(U_e U_i)}, E_{U_m}) = \min m, \quad (29)$$

где $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ – коэффициенты, значения которых определяют алгоритм пошагового присоединения свойств показателей качества к кластерам.

Для стандартных алгоритмов значения коэффициентов $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ являются табулированными величинами. Конкретные значения этих коэффициентов позволяют задавать разного рода приоритеты в последовательности слияния меньших по размеру кластеров в больший кластер. В случае отсутствия конкретно выраженной приоритетности, обычно принимают:

$$\alpha = \beta = 0,5. \quad (30)$$

К (30) относится приведенный выше алгоритм кластеризации свойств показателей качества C_{ij} по $E_{U_{ij}^+}$, в случае отсутствия выраженного приоритета присоединения к кластеру новых подкластеров на числовой прямой $E_{U_{ij}^+}$ с линейной метрикой (28).

Коэффициент γ определяет степень однородности свойств показателей качества в кластере. Практика показывает, что добиться устойчивой однородности возможно, если принять:

$$\gamma = -0,5. \quad (31)$$

Значение δ задает образ, которым на одномерном линейном пространстве (28) учитывается исходный кластер. Представляется целесообразным учитывать объединяемый кластер в целом. В таком случае следует принять значение $\delta = 0,5$.

Таким образом, ранее приведенная формула пошаговой кластеризации дочерних вершин декомпозиций сложных показателей оценки качества ИПП (29) примет вид:

$$\bar{\rho}(E_{(U_e, U_i)}, E_{U_m}) = 0,5\bar{\rho}(E_{U_m}, E_{U_e}) + 0,5\bar{\rho}(E_{U_m}, E_{U_i}) - 0,5\bar{\rho}(E_{U_e}, E_{U_i}) + 0,5|\bar{\rho}(E_{U_m}, E_{U_e}) - \bar{\rho}(E_{U_m}, E_{U_i})| \quad (32).$$

Заключение

В данной статье представлены результаты исследования, позволяющие выявить объективную необходимость использования для оценки качества ИПП различных совокупностей характеристик/подхарактеристик свойств ПО, используемого для функционирования конкретных ИПП. При этом для получения комплексной оценки качества конкретного ИПП должна формироваться индивидуальная экспертная система показателей, характеристик/подхарактеристик его качественных свойств, а также метрик для их измерения.

На основании полученных результатов проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1) основная проблема оценки качества ИПП заключается в выборе и обосновании методов и математического инструментария, используемых экспертами для определения и декомпозиции свойств и характеристик качественных показателей;

2) качество ИПП в большой мере зависит от их назначения, функциональных свойств и характеристик, которые положены в основу экспертной оценки;

3) для определения интегрального показателя качества ИПП разработана методика формирования иерархической систематизированной и упорядоченной сети, в которой реализуется процедура декомпозиции свойств показателей оценки качества;

4) на основе построения иерархической систематизированной и упорядоченной сети представляется возможным определить расчетное значение интегрального показателя качества ИПП;

5) информационное наполнение свойств показателей оценки качества ИПП в иерархической сети будет зависеть от конкретных потребностей пользователей.

Обоснован подход к формированию многокритериальной экспертной системы, включающей в себя набор частных показателей, их характеристик, весовых коэффициентов и метрик для производства вычислений, при помощи которого можно получить достаточно близкую к реальности оценку эффективности и качества ИПП и используемого в нем ПО на всех этапах их функционирования. Безусловно, предложенная система не является каким-то раз и навсегда принятым инструментарием оценки качества ИПП и используемого в нем ПО. Очевидно, что при появлении более совершенных версий как ИПП, так и используемого в нем ПО, состав частных показателей, их характеристик, весовых коэффициентов и метрик для производства вычислений будет меняться в соответствии с требованиями, предъявляемыми пользователями к функциональным возможностям новых версий ИПП. Кроме того, для получения обоснованных оценок качества конкретного ИПП и используемого в нем ПО представляется более целесообразным формировать многокритериальную экспертную систему в составе ряда частных показателей, их характеристик, весовых коэффициентов и метрик для

производства вычислений применительно к данному ИПП и основным требованиям, предъявляемым к его функционированию.

Библиография

1. Горбаченко И.М. Оценка качества программного обеспечения для создания систем тестирования // *Фундаментальные исследования*. 2013. № 6-4. С. 823-827.
2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010-2015. Информационные технологии. Системная и программная инженерия. Требования и оценка качества систем и программного обеспечения (SQuaRE). Модели качества систем и программных продуктов.
3. Исаев Г.Н. Моделирование оценки качества информационных систем. М.: ИМСГС. 2006. 230 с.
4. Климов Г.П. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: МГУ, 2011. 368 с.
5. Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика. Учебник. М.: Юнити-Дана, 2004. 573 с.
6. Ларин С.Н., Жилиякова Е.В. Методы, состав показателей и алгоритм проведения экспертной оценки качества инновационных программных продуктов // *Инновационная наука*. 2015. № 4. Часть 1. С. 73-76.
7. Ларин С.Н., Лазарева Л.Ю., Ларина Т.С., Модели, методы, показатели, характеристики и метрики, применяемые в экспертных системах оценки качества разработки и создания инновационных программных проектов // *Региональная экономика: теория и практика*, 2017. Том 5, Выпуск 6. С. 1187-1198.
8. Попов А.М., Сотников В.Н. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: ЮРАЙТ. 2011. 440 с.
9. Larin S.N., Lazareva L.Yu. Substantiation toolkit of expert quality assessment innovative program projects // *International Conference on Management, Entrepreneurship and Sustainability: Conference Proceedings, May 31 th, 2017, Ottawa, Canada: Scientific public organization «Professional science»*, 2017. 215 p. Pp. 73-82.
10. Sharma A., Kumar R., Grover P.S. Estimation of Quality for software components: an empirical approach // *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*. 2008. Vol. 33, № 6. Pp. 1-10.

The choice of modern tools for expert evaluation of the quality of innovative software projects

Sergei N. Larin

PhD in Technical Science, Leading Researcher,
Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences,
117418, 47, Nakhimovskii av., Moscow, Russian Federation;
e-mail: sergey77707@rambler.ru

Abstract

Under the conditions of sanction restrictions, the use of modern innovative software projects for planning and managing their production activities becomes an important factor in ensuring sustainable development of enterprises. At the same time, it becomes necessary to assess the quality of such software information products used in the production activities of enterprises. On this basis, the substantiation of the mathematical apparatus for carrying out expert assessment of quality is the subject of research. The main purpose of this study is to select a mathematical tool for obtaining the calculated values of the integral indicator of the expert evaluation of the quality of innovative software projects. To obtain the results, we used methods of analyzing hierarchies and fuzzy sets, as well as combinatorial coefficients, binomial and normal distribution tools, and the mathematical apparatus of Bernoulli's tests. In the course of the research, a methodology was developed for the formation of a hierarchical network of indicators, which makes it possible to determine, based on the methods of expert estimates, the calculated values of the integrated indicator of the quality of innovative software projects. It is established that the quality of development of modern innovative

The choice of modern tools for expert evaluation of the quality...

software projects depends on a large number of factors of multidirectional impact. The consideration of the diversity of their influence is realized in the methodology of forming a hierarchical network of properties of indicators for assessing the quality of innovative program projects.

For citation

Larin S.N. (2018) Vybor sovremennogo instrumentariya dlya ekspertnoi otsenki kachestva innovatsionnykh programmnykh proektov [The choice of modern tools for expert evaluation of the quality of innovative software projects]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 8 (4A), pp. 106-116.

Keywords

Innovation, software project, quality assessment, expert methods, hierarchy analysis methods, mathematical apparatus of fuzzy sets, hierarchical network, quality characteristics.

References

1. Gorbachenko, I.M. (2013), Evaluation of software quality for testing systems creation [Ocenka kachestva programmnoho obespechenija dlja sozdaniya sistem testirovaniya] // Basic research, No. 6-4, pp. 823-827.
2. GOST R ISO/MEK 25010-2015. Information Technology. System and software engineering. Requirements and quality assessment of systems and software (SQuaRE). Quality models of systems and software products [GOST R ISO/MJeK 25010-2015. Informacionnye tehnologii. Sistemnaja i programmaja inzhenerija. Trebovanija i ocenka kachestva sistem i programmnoho obespechenija (SQuaRE). Modeli kachestva sistem i programmnyh produktov].
3. Isaev, G.N. (2006), Modeling of quality assessment of information systems [Modelirovanie ocenki kachestva informacionnyh sistem]. Moscow: IMSGS. 230 p.
4. Klimov, G.P. (2011), Theory of probability and mathematical statistics [Teorija verojatnostej i matematicheskaja statistika]. Moscow: MSU. 368 p.
5. Kremer, N.Sh. (2004), Theory of Probability and Mathematical Statistics. Tutorial [Teorija verojatnostej i matematicheskaja statistika. Uchebnik]. Moscow: Unity-Dana. 573 p.
6. Larin, S.N., and Zhilyakova, E.V. (2015), Methods, composition of indicators and algorithm for expert quality assessment of innovative software products [Metody, sostav pokazatelej i algoritm provedeniya jekspertnoj ocenki kachestva innovacionnyh programmnyh produktov] // Innovative Science, No. 4., Part 1. Pp. 73-76.
7. Larin, S.N., Lazareva, L.Yu. and Larina, T.S. (2017), Models, methods, indicators, characteristics and metrics used in expert systems for assessing the quality of development and creating innovative software projects [Modeli, metody, pokazateli, harakteristiki i metriki, primenjaemye v jekspertnyh sistemah ocenki kachestva razrabotki i sozdaniya innovacionnyh programmnyh proektov] // Regional economy: theory and practice, Book 5, Issue 6. Pp. 1187-1198.
8. Popov, A.M., and Sotnikov, V.N. (2011), Theory of probability and mathematical statistics [Teorija verojatnej i matematicheskaja statistika]. Moscow: URITE. 440 p.
9. Larin, S.N. and Lazareva, L.Yu. (2017), Substantiation toolkit of expert quality assessment innovative software projects. International Conference on Management, Entrepreneurship and Sustainability: Conference Proceedings, May 31th, 2017, Ottawa, Canada: Scientific public organization «Professional science». P. 215. Pp. 73-82.
10. Sharma, A., Kumar, R. and Grover, P.S. (2008), Estimation of Quality for software components: an empirical approach. ACM SIGSOFT Software Engineering Notes, Vol. 33, No. 6. Pp. 1-10.