Научная статья

Original article

УДК 681.3.07

К ВОПРОСУ ВЫБОРА ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

ON THE ISSUE OF CHOOSING A TOOL FOR SOFTWARE DEVELOPMENT

Голенищев Эдуард Павлович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры

Клименко Игорь Валерьевич, кандидат технических наук заведующий кафедрой «ГЕОД» ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения»

Golenishchev Eduard Pavlovich, goledu@yandex.ru

Klimenko Igor Valerievich, klimenko.t6@gmail.com

Аннотация. Рассмотрена актуальная задача обоснованного выбора инструментальных средств при создании программного обеспечения. Проведен анализ применимости обобщенных показателей эффективности при решении указанной задачи. Предложенный подход к выбору инструментальных средств на основе экспертных оценок позволит принимать обоснованные проектные решения при разработке автоматизированных информационных систем.

Annotation. The actual problem of a reasonable choice of tools when creating software is considered. The analysis of the applicability of generalized performance indicators in solving this problem is carried out. The proposed approach to the selection

of tools based on expert assessments will make it possible to make informed design decisions when developing automated information systems.

Ключевые слова: разработка ПО, программное обеспечение, информационные системы.

Keywords: software development, software, information systems.

Важным этапом жизненного цикла информационной системы и, в частности, проектирования программного обеспечения, является выбор инструментального средства (ИС) [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Основная цель при подборе ИС – выбор системы, удовлетворяющей текущим и прогнозируемым требованиям организации при оптимальном уровне затрат.

Сложность и комплексность проблем, возникающих при проектировании сложных систем, в том числе и информационных систем, привели к тому, что вопросы формирования критериев для анализа и синтеза систем перестали быть только искусством, основанным на инженерной интуиции, а превратились в серьезное научное направление, важность которого возрастает с каждым днем [3, 6].

Если раньше выбор инструментальных средств производился исходя из предпочтений разработчика вне зависимости от специфики предметной области и перспектив использования информационной системы, то на современном этапе развития программного обеспечения, когда на рынке предлагается необозримое количество ИС, выбор средства реализации проекта становится сложной задачей. Принятие строго оптимального решения в таких условиях желательно, но затруднено.

В общем виде процесс выбора ИС включает следующие этапы:

1) определение списка показателей, по которым будут оцениваться ИС;
2) определение списка сравниваемых ИС;

3) оценка продуктов по выбранным показателям;

4) принятие обоснованного решения, подготовка отчета.

Современные ИС имеют множество основных и дополнительных функций, предоставляющих разработчику мощный инструментарий для реализации, поддержки программного обеспечения. Какое из них выбрать в каждом конкретном случае?

Известны математические методы для решения задач оптимизации. В частности, при выборе ИС по множеству показателей очевидно применение методов линейного или целочисленного программирования. К числу сходных задач относится, например, задача о наименьшем покрытии, а универсальный метод для решения таких задач – метод ветвей и границ. Но эти задачи относятся к классу NP-полных, а значит, сложность их решения может сравниться (или превзойти) сложную многоэтапную задачу проектирования программного обеспечения.

В таких условиях при выборе ИС целесообразно использовать методы построения обобщенных критериев.

Общая постановка задачи принятия решений выглядит следующим образом [3].

А. Имеется некоторое множество альтернатив (в рассматриваемом случае – ИС) A, причем каждая альтернатива **a** характеризуется определенной совокупностью свойств $a_1, a_2, \ldots, a_n$.

Б. Имеется совокупность показателей $\mathbf{q}=(q_1, q_2, ..., q_i, ..., q_n)$, отражающих количественно множество свойств системы, т.е. каждая альтернатива характеризуется вектором $\mathbf{q(a)}=[q_1(\mathbf{a}), q_2(\mathbf{a}), ..., q_i(\mathbf{a}), ..., q_n(\mathbf{a})]$.

В. Необходимо принять решение о выборе одной из альтернатив (ИС), причем решение называется простым, если выбор производится по одному показателю, и сложным, если выбранная альтернатива не является наилучшей по какому-то одному показателю, но может оказаться наиболее приемлемой для всей их совокупности.

Г. Задача принятия решения по выбору альтернативы на множестве показателей формально сводится к отысканию отображения φ, которое каждому вектору **q** ставит в соответствие действительное число

$$E = \varphi(\mathbf{q}) = \varphi(q_1, q_2, \dots, q_n), \quad (1)$$

определяющее степень предпочтительности данного решения.

Оператор φ называют интегральным (обобщенным) показателем. Интегральный показатель присваивает каждому решению по выбору альтернативы соответствующее значение эффективности E. Это позволяет упорядочить множество решений по степени предпочтительности.

На начальном этапе целесообразно использовать аддитивное преобразование при построении обобщенного показателя эффективности, известное из теории полезности [3]:

$$E = \varphi(q_1, q_2, \dots, q_n) = \sum_{i=1}^{n} b_i\, q_i \quad (2)$$

В этом случае значения коэффициентов b_i, отражают полезность (ценность) показателя q_i при принятии сложного решения о выборе альтернативы. Определение их значений производится в результате предварительного опроса группы из т экспертов (специалистов в данной области). Один из возможных путей получения этих значений заключается в следующем. Каждый j-й эксперт вначале определяет набор чисел C_{ij}, отражающих его мнение об относительной ценности i-го показателя, причем числа C_{ij} записаны в произвольном масштабе. Затем они масштабируются, в результате получают

$$b_{ij} = C_{ij} / \sum_{i=1}^{n} C_{ij}\,; \quad \sum_{i=1}^{n} b_{ij} = 1; \quad (3)$$

Окончательные значения коэффициентов b_i, вычисляются в результате осреднения значений b_{ij} (j =1, 2, ..., т), получаемых от всех экспертов. Если компетентность экспертов в группе считается одинаковой, то

$$b_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^{m} b_{ij}. \quad (4)$$

Если же компетентность j-го эксперта оценивается числом g_j, а

$\sum_{j=1}^{m} g_j = 1$, то

$$b_i = \sum_{j=1}^{m} g_j b_{ij}. \quad (5)$$

Ниже рассматриваются основные методы формирования коэффициентов C_{ij}, отражающих мнение j-го эксперта о ценности i-го показателя. В дальнейшем предполагается, что вначале каждый эксперт провел ранжировку всех показателей, т.е. упорядочил их в соответствии с относительной ценностью так, что на первом месте находится самый главный показатель.

Метод ранжировки. В соответствии с данным методом производится нумерация всех показателей полученного ряда, причем все неразличимые показатели, которые оказались на одном месте, нумеруются в произвольном порядке [3]. В результате данной процедуры каждый показатель получает свой номер. Ранг показателя определяется его номером, если на его месте в ряду отсутствуют какие-либо другие. Если на одном месте находится несколько неразличимых показателей, то ранг каждого из них равен среднему арифметическому их новых номеров.

Пример 1. Пусть имеется следующий ряд упорядоченных показателей q_1, q_2, ..., q_8 для j-го эксперта [3]:

$$q_3; \begin{vmatrix} q_5 \\ q_6 \end{vmatrix}; \begin{vmatrix} q_2 \\ q_4 \end{vmatrix}; q_8; q_7; q_1.$$

Ранги показателей, вычисленные в соответствии с вышеуказанной процедурой, сведены в табл.1.

Таблица 1

i	1	2	3	4	5	6	7	8
r_{ij}	8,0	4,5	1,0	4,5	2,5	2,5	7,0	6,0

Переход от рангов к коэффициентам C_{ij} производится на основе гипотезы о линейной зависимости между рангом и относительной ценностью показателя. Чем ниже ранг, тем более важным является соответствующий показатель.

Определение коэффициентов C_{ij} для произвольного r_{ij} ($1 \le r_{ij} \le n$) производится в соответствии со следующей формулой:

$$C_{ij} = 1 - \frac{r_{ij}-1}{n}. \quad (6)$$

Для рассмотренного примера коэффициенты C_{ij} сведены в табл.2.

Таблица 2

I	q_1	q_2	q_3	q_4	q_5	q_6	q_7	q_8
C_{ij}	0,125	0,433	1,000	0,433	0,812	0,812	0,250	0,375

Следует отметить, что гипотеза о линейной зависимости между рангом и относительной ценностью показателя делает оценки C_{ij} весьма грубыми, но определяет их сравнительно высокую достоверность.

Метод непосредственных оценок. В основу этого метода положена менее жесткая гипотеза об убывающей (но необязательно линейной) зависимости между рангом и относительной ценностью показателя. Вначале каждый j-й эксперт производит упорядочение всех показателей в соответствии с вышерассмотренной процедурой. После этого он эвристическим путем дает численную оценку относительной полезности каждого показателя по сравнению с самым главным, которому присваивается значение, равное единице. Всем неразличимым показателям присваиваются одинаковые значения C_{ij}. В результате каждому показателю в упорядоченном ряду вместо рангов сразу присваиваются числа C_{ij}, совокупность которых должна образовать невозрастающую последовательность. При использовании метода непосредственных оценок возникает возможность более дифференцированно подходить к оценке важности отдельных показателей, но при этом понижается достоверность полученной информации.

Метод последовательных предпочтений. Алгоритм последовательных предпочтений предназначен для повышения достоверности информации, полученной от экспертов методом непосредственных оценок. Он позволяет

каждому эксперту провести самоконтроль суждений на основе сопоставления трех подходов: ранжирования показателей, числовой оценки их ценности и сравнения п—2 пар специально подобранных абстрактных объектов.

Последняя процедура, отражающая сущность метода, основана на следующей гипотезе. Если ценность i-го показателя объекта некоторого класса для j-го эксперта есть C_{ij}, то ценность объекта по всем показателям определяется $\sum_{i=1}^{n} C_{ij}$. В процессе коррекции оценок эксперт должен ответить на ряд вопросов: для i=1, 2, ..., (п-2) какой из двух объектов лучше — обладающий только i-м показателем или совокупностью из (i+1, i±2, ..., п) показателей? В зависимости от ответа на i-й вопрос составляется одно из трех соотношений:

$$C_{ij}\,\theta \sum_{k=i+1}^{n} C_{kj}, \quad \text{где} \quad \theta \in \{<, >, =\}. \qquad (7)$$

В результате будут получены (п—2) условия:

$$C_{1j}\,\theta \sum_{k=2}^{n} C_{kj}\,; \quad C_{2j}\,\theta \sum_{k=3}^{n} C_{kj}\,; \ldots; \quad C_{(n-2)j}\,\theta\left(C_{(n-1)j} + C_{nj}\right). \qquad (8)$$

Далее производится последовательная проверка каждого из этих условий, начиная с последнего, на соответствие ранее выбранным оценкам C_{ij} и их ранжировке. При выявлении противоречий в i-м условии эксперт должен либо изменить знак отношения θ, либо откорректировать значение величины C_{ij}. В последнем случае он обязан убедиться в том, что не оказалась нарушенной первоначальная ранжировка показателей. При нарушении ее необходимо либо изменить порядок показателей, либо откорректировать значение C_{ij}. После исправления последней оценки C_{ij} ее значение может отличаться от единицы. Следует отметить, что в этом случае психологические ограничения не дают использовать метод последовательных предпочтений, когда число рассматриваемых показателей превышает семь [3].

Пример 2. Пусть некоторый эксперт выставил следующий ряд коэффициентов C_i, отражающих его мнение об относительной ценности шести частных показателей некоторого объекта (табл.3) [3].

Таблица 3

i	1	2	3	4	5	6
C_{ij}	1,0	0,9	0,7	0,6	0,3	0,1

Для уточнения оценок коэффициентов C_i, эксперту предлагается сравнивать четыре пары абстрактных объектов. Каждому объекту соответствует вектор $\mathbf{x}=(x_1, x_2, \ldots, x_i, \ldots, x_6)$, где $x_i=(0; 1)$: 1 — учитывается полезность i-го показателя, 0 — не учитывается; тогда:

1) (100000) хуже (011111);

2) (010000) лучше (001111);

3) (001000) хуже (000111);

4) (000100) лучше (000011).

Эксперт вынес систему решений. Соотношение $x^{(1)}$ лучше $x^{(2)}$ соответствует большей предпочтительности для эксперта объекта $x^{(1)}$ по сравнению с объектом $x^{(2)}$.

Непротиворечивость принятых решений должна подтверждаться выполнением системы неравенств:

$$1)\ C_1 < \sum_{k=2}^{6} C_k;\ 2)\ C_2 > \sum_{k=3}^{6} C_k,\ 3)\ C_4 < \sum_{k=4}^{6} C_k,\ 4)\ C_4 > C_5 + C_6.$$

Проверка неравенств начинается с последнего (четвертого). Третье и четвертое неравенства выполняются, второе — нет; значит, необходимо скорректировать значения коэффициента C_2. Примем значение $C_2=2$. Однако одновременно необходимо изменить значение C_1 таким образом, чтобы, во-первых, сохранился первоначальный порядок показателей, определенный экспертом, т. е. $C_1>C_2$, и, во-вторых, выполнялось первое неравенство. Принимаем, например, значение $C_1=2{,}5$. В результате применения метода последовательных предпочтений получили непротиворечивый ряд оценок (табл.4), которые в дальнейшем необходимо масштабировать.

Таблица 4

i	1	2	3	4	5	6
C_i	2,5	2,0	0,7	0,6	0,3	0,1

Оценка результатов экспертного анализа. При использовании всех рассмотренных выше методов возникает естественный вопрос: насколько можно доверять результатам оценки коэффициентов C_{ij}, полученным из субъективных мнений экспертов? Достоверность результатов экспертного анализа чаще всего характеризуется степенью согласованности данных ими оценок. Для количественной оценки степени согласованности часто используется коэффициент конкордации [3, 7, 8]:

$$W = \frac{12s}{m^2(n^3-n)},$$

где

$$s = \sum_{i=1}^{n}\left[\sum_{j=1}^{m} r_{ij} - 0{,}5m(n+1)\right]^2;$$

r_{ij} — место, которое заняло i-е свойство в ранжировке j-м экспертом.

Коэффициент W позволяет оценить, насколько согласованы между собой ряды предпочтительности, построенные каждым экспертом. Его значение находится в пределах $0 \le W \le 1$, причем W=0 означает полную противоположность, а W=1 – полное совпадение ранжировок. Практически достоверность считается хорошей, если $W=0{,}7 \div 0{,}8$.

На основе рассмотренных методов могут быть определены значения коэффициентов C_{ij} (j=1, 2, ..., т; i=1, 2, ..., n), по которым будут вычислены коэффициенты b_i линейной формы интегрального критерия. При использовании такого подхода к формированию интегрального критерия в дальнейшем считается, что единица измерения каждого свойства системы, отраженного в соответствующем частном показателе, выбрана по принципу «чем больше, тем лучше». Отсюда следует, что качество решения по выбору альтернативы тем лучше, чем больше значение показателя эффективности.

Так как показатели q_i могут иметь различную размерность, то при использовании их в качестве аргументов функции E необходимо провести нормирование, т.е. привести их к общей размерности, и в частности к безразмерному виду.

Для придания равномерности влияния каждого из критериев на значение интегрального критерия необходимо выровнять диапазоны изменения значений показателей путем масштабирования и сведения их к диапазону [0; 1].

Проведение преобразований типов нормирования и масштабирования требует, чтобы для каждого из показателей были определены понятия «негодного» и «идеального» объектов, а это означает, что должны быть заданы допустимые области изменений значений показателей q_i, $q_{iн}<q_i\leq q_{iв}$. В этом случае самым простым масштабирующим и нормирующим преобразованием является линейное преобразование следующего вида:

$$q_i^{отн} = \begin{cases} 0, & при\ q_i \leq q_{iн}; \\ \dfrac{q_i - q_{iн}}{q_{iв} - q_{iн}}, & при\ q_{iн} < q_i \leq q_{iв}; \\ 1, & при\ q_i > q_{iв}, \end{cases}$$

где $q_i^{отн}$, $q_{iн}$, $q_{iв}$ – относительное, нижнее и верхнее значения показателя q_i соответственно.

В случае такого преобразования чувствительность шкалы изменения q_i во всем диапазоне изменений q_i постоянна. Если же разработчика особенно интересуют альтернативы в окрестности некоторой точки q_i^*, то можно повысить разрешающую способность частного показателя в окрестности этой точки за счет использования соответствующих нелинейных преобразований [3].

После проведения операций нормирования и масштабирования область годных альтернатив окажется заданной в виде n-мерного единичного куба, причем

$$0<q_i^{отн}\leq 1, \quad i=1, 2, ..., n.$$

В результате проведенных преобразований для каждой рассматриваемой альтернативы будет определен вектор $\mathbf{q}^{\text{отн}}(\mathbf{a})$, причем $\mathbf{a} \in A$, где A — множество возможных альтернатив ИС. Оценка интегрального показателя решения по выбору альтернативы производится в соответствии со следующим соотношением:

$$E = \varphi[\mathbf{q}^{\text{отн}}(\mathbf{a})] = \sum_{i=1}^{n} b_i q_i^{\text{отн}}(\mathbf{a}).$$

Заканчивая рассмотрение вопросов, связанных с построением обобщенного критерия для выбора ИС на основе метода экспертных оценок, следует еще раз обратить внимание на то, что на многих этапах его построения приходится опираться на субъективные мнения специалистов при выборе:

- наиболее существенных частных показателей;
- процедуры и единицы измерения для показателей;
- «идеального» значения показателя;
- значения, дающего наибольшую разрешающую способность показателя;
- нормирующего и масштабирующего преобразований;
- структуры функции обобщенного критерия;
- значений весовых коэффициентов.

Поэтому решения на каждом из перечисленных этапов должны приниматься на основе усредненного мнения многих специалистов, что повышает объективное содержание критерия. Однако это не исключает таких ситуаций, когда оценки некоторых реальных объектов, полученные с помощью обобщенного критерия, противоречат мнению специалистов. В подобных случаях следует не отказываться от дальнейшего использования дан ного подхода, а тщательно проанализировать и выявить конкретные причины расхождения, после чего внести соответствующие изменения в критерий.

Вывод. Обоснованное принятие решения о выборе инструментальных средств для разработки программного обеспечения возможно и целесообразно на основе

применения обобщенных показателей эффективности при наличии экспертных оценок.

Список использованных источников

1. Зубкова, Т. М. Технология разработки программного обеспечения: учебное пособие для СПО / Т. М. Зубкова. — Саратов: Профобразование, 2019. — 468 с.
2. Дейт К. Введение в системы баз данных. – М.: Наука, 1980. – 463с.
3. Денисов А.А., Колесников Д.Н. Теория больших систем управления: Учеб. пособие для вузов. – Л.: Энергоиздат, Ленингр. отд-ние, 1982. – 288с.
4. Джексон Г. Проектирование реляционных баз данных для использования с микроЭВМ. – М.: Мир, 1991. – 252с.
5. Коннолли Т., Бегг К., Страчан А. Базы данных: проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика, 2-е изд.: Пер. с англ.: Уч. Пос. – М.: Вильямс, 2000. – 1120с.
6. Мартин Дж. Планирование развития автоматизированных систем. – М.: Финансы и статистика, 1984. – 196с.
7. Словарь по кибернетике: Св. 2000ст. /Под ред. В.С.Михалевича. – 2-е изд. – К.: Гл.ред. УСЭ им.М.П.Бажана, 1989. – 751с.
8. Хаббард Дж. Автоматизированное проектирование баз данных. – М.: Мир, 1984. – 294с.

List of sources used

1. Zubkova, T. M. Software development technology: a textbook for SPO / T. M. Zubkova. - Saratov: Vocational Education, 2019. - 468 p.
2. Date K. Introduction to database systems. – M.: Nauka, 1980. – 463c.
3. Denisov A. A., Kolesnikov D. N. The theory of large systems of management: Textbook. manual for schools. – Leningrad: Energoizdat, Leningrad. otd-nie, 1982. – 288c.
4. Jackson G. Design of relational databases for use with microcomputers. – M.: Mir, 1991. – 252c.

5. Connolly T., Begg K., Strachan A. Databases: design, implementation and maintenance. Theory and Practice, 2nd ed.: Translated from English: Uch. Pos. - M.: Williams, 2000. - 1120s.
6. Martin J. Planning the development of automated systems. - M.: Finance and Statistics, 1984. - 196c.
7. Dictionary of Cybernetics: St. 2000 art. / Edited by V.S.Mikhalevich. - 2nd ed. - K.: Gl.ed. M.P.Bazhan USE, 1989. - 751s.
8. Hubbard J. Computer-aided database design. - M.: Mir, 1984– - 294s.

© Голенищев Э.П., Клименко И.В., 2022 Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №2/2022.

Для цитирования: Голенищев Э.П., Клименко И.В. К ВОПРОСУ ВЫБОРА ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ// Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №2/2022.