УДК 519.86

В.В. Полищук

ТЕХНОЛОГИЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ВЫБОРА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВАРИАНТОВ ПО ГРУППАМ ЦЕЛЕЙ

Ключевые слова: критерии, альтернативы, принятие решений, цели, безопасность выбора.

Введение

В настоящее время значительно возросла важность задач, когда приходится принимать компромиссные решения в процессе исследования сложных социальных объектов в условиях нечеткой или неполной информации. Это объясняется ростом динамизма окружающей среды и развитием науки и техники, что, в свою очередь, привело к появлению большого количества альтернативных вариантов выбора. Существуют задачи многокритериального выбора, которые невозможно адекватно решить над одним критериальным пространством. Возникает актуальная задача оценивания альтернативных вариантов, когда существует множество целей, каждая из которых имеет собственное множество групп критериев. Примерами таких задач являются: оценка банковских учреждений для получения кредита, внесения депозитных средств или обслуживания субъектами хозяйствования; оценивание краудинвестиционных платформ стартаперов для получения капитала или инвесторами для финансирования проектов и многие другие. В таких задачах получение адекватных оценок альтернатив позволит лицу, принимающему решения (ЛПР) принимать более обоснованные решения, что, в свою очередь, повысит безопасность выбора альтернативного варианта.

Таким образом, в статье предлагается технология повышения безопасности выбора альтернативных вариантов, когда существует множество целей, каждая из которых имеет собственное множество групп критериев. Введем понятие «вектор удовлетворения» (воображаемую альтернативу, в которой оценки координат по целям могли бы удовлетворять ЛПР), что позволит построить ранжированный ряд альтернатив, представленных векторами оценок.

Методиками задач многокритериального выбора занимаются многие ученые: М.А. Айзерман, И.В. Бейко, А.Ф. Волошин, Ю.П. Зайченко, О.И. Ларичев, А.В. Лотов, Н.Н. Маляр, С.В. Микон, И.В. Сергиенко, Т.Л. Саати и др. Различные подходы, методы и алгоритмы решения многокритериальных задач выбора описаны в [1–6].

Анализируя научные источники, отметим методы многокритериального выбора, основанные на характеристиках количественных переменных, многокритериальная теория полезности [1]; на качественных характеристиках, результаты которых переводятся в количественный вид (методы аналитической иерархии) [2]; на теории нечетких множеств [3]; на количественных переменных, но используют несколько индикаторов при сравнении альтернатив (группа методов Электра) [4]; на качественных переменных, без перехода к количественным [5]).

Используя современные методы исследований, проанализируем источники, касающиеся использования аппарата нечеткой математики, для создания систем поддержки принятия управленческих решений в различных отраслях народного хозяйства. Например, в [6–8] рассмотрены общие идеи и предпочтения, на которых базируются современные взгляды на использование нечеткой логики в системах поддержки принятия решений. В [9] приведены вычислительные алгоритмы и процедуры решения практических задач системного анализа в различных сферах деятельности человека. Применение методов парного сравнения и непротиворечивость экспертных оценок приведены в [10, 11], а в [12] разработаны методы парных сравнений типа «линия», которые уменьшают нагрузку на эксперта и выполняют парные сравнения альтернатив с одной выбранной альтернативой.

Последние научные исследования свидетельствуют о необходимости оценки альтернативных вариантов при неполных или нечетких условиях и когда существует множество целей, каждая из которых имеет собственное множество групп критериев. Адекватное решение такой задачи с введением критерия безопасности выбора и «вектор удовлетворения» позволят использовать технологию повышения безопасности выбора альтернативных вариантов по группам целей.

Сформулируем задачу оценки объекта исследования следующим образом. Пусть задано множество альтернатив $X=\{x_1, x_2, ..., x_n\}$, которые нужно оценить по некоторым группам целей $G=\{G_1, G_2, ..., G_g\}$ и сортировать по определенному правилу. Каждая из целей G имеет множество критериев оценки K, сгруппированные определенным образом. Тогда каждая цель G может иметь одну или больше матриц решений оценок альтернатив. Решив такие матрицы и введя критерий безопасности, отсеем альтернативы, не удовлетворяющие некоторым условиям ЛПР. Учитывая рекомендации ЛПР относительно значения альтернатив по целям, вычислим общую агрегированную оценку альтернативных вариантов и построим их ранжированный ряд. В результате повысим безопасность выбора альтернативных вариантов по группам целей. Например, для альтернатив $X=\{x_1, x_2, ..., x_n\}$ по целям G_1, G_2 необходимо оценить и построить ранжированный ряд для выбора наилучшей альтернативы. Модель получения агрегированной оценки может быть представлена в виде

$$M_1(G_1(K_1, K_2, ..., K_{n_k});\ G_2(D_1, D_2, ..., D_{n_d})) \to X^*. \tag{1}$$

В результате для каждой альтернативы $X=\{x_1, x_2, ..., x_n\}$ отыскивается нормированная оценка, на основе которой определяется лучшая альтернатива X^*; $K_1, K_2, ..., K_{n_k}$ — матрицы оценок альтернатив $X=\{x_1, x_2, ..., x_n\}$ по количеству групп критериев n_k для цели G_1; D_d, $d=\overline{1, n_d}$, — соответственно матрицы оценок альтернатив для G_2.

Цель данной публикации — разработать модели технологии повышения безопасности выбора альтернативных вариантов по группам целей. Данная технология базируется на методах многокритериального выбора альтернатив, используя «вектор удовлетворения».

 ISSN 0572-2691

Для достижения цели научного исследования необходимо решить следующие задачи:

— привести математическую модель решения задачи оценки альтернатив в отношении групп целей и групп критериев в целях, используя метод умножения матриц для больших размерностей;

— впервые предложить модель решения задачи многокритериального выбора альтернатив с помощью «вектора удовлетворения», что позволит строить ранжированный ряд альтернатив, представленных векторами оценок;

— апробировать модель для задачи выбора банковского учреждения субъектов хозяйствования при получении кредитных средств или внесение депозитных ресурсов, и предложить «вектор удовлетворения» для этой прикладной задачи.

Модель задачи повышения безопасности оценки и выбора альтернативных вариантов по группам целей

Не уменьшая общности, сначала рассмотрим решение многокритериальной задачи выбора для цели G_1. Построим векторы оценок альтернатив $(k_{k1}, k_{k2}, ..., k_{kn})$, $k = \overline{1, n_k}$, по группам критериев для повышения безопасности выбора из множества X, когда известны на этом множестве оценки критериев. Все критерии определяются и оцениваются экспертами, поэтому им свойственен определенный субъективизм, неопределенность данных и информации и необходимость объединения количественной и качественной информации. В результате этого возможно использование аппарата нечетких множеств для раскрытия неопределенности и формализации качественной информации. Формализовать критерии оценки предлагаем с помощью функций принадлежности. Пусть имеем нормированные матрицы K_k, $k = \overline{1, n_k}$, оценок альтернатив по количеству групп критериев n_k:

$$K_k = \begin{pmatrix} \mu_{11}^k(x_1) & \mu_{12}^k(x_2) & \ldots & \mu_{1n}^k(x_n) \\ \mu_{21}^k(x_1) & \mu_{22}^k(x_2) & \ldots & \mu_{2n}^k(x_n) \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ \mu_{m1}^k(x_1) & \mu_{m2}^k(x_2) & \ldots & \mu_{mn}^k(x_n) \end{pmatrix}, \tag{2}$$

где $\mu_{ij}^k(x_j)$ — оценка функции принадлежности i-го критерия по j-й альтернативе матрицы решений K_k, $i = \overline{1, m_k}$; $j = \overline{1, n}$; $k = \overline{1, n_k}$. Каждый столбец матрицы — это вектор оценок, характеризующий альтернативу, а каждая строка матрицы — критерий. Функции принадлежности для соответствующих критериев будем выбирать, учитывая конкретную прикладную задачу.

По каждой матрице решений $K_1, K_2, ..., K_{n_k}$ оценим альтернативы, используя модели и методы задач многокритериального выбора альтернатив, для получения векторов оценок альтернатив $(k_{k1}, k_{k2}, ..., k_{kn})$, $k = \overline{1, n_k}$. Для этого можем использовать один из подходов, например метод анализа иерархий, метод TOPSIS, метод VIKOR, метод умножения матриц и т.д. Не уменьшая общности на данном этапе, например, возьмем метод умножения матриц, который не требует ввода весовых коэффициентов по критериям и парных сравнений альтернатив, что позволит работать с большим количеством альтернатив [13].

Поскольку у нас n_k матриц, рассмотрим двухуровневую модель решения задачи оценки альтернатив в отношении групп целей и групп критериев для повышения безопасности оценки и выбора альтернативных вариантов. На первом уровне от матриц решений групп критериев по целям переходим к одной матрице решений отдельно для каждой цели $G = \{G_1, G_2, ..., G_g\}$. На втором уровне по каждой матрице решений по целям строим агрегированные оценки альтернатив для следующей модели решения задачи многокритериального выбора альтернатив, используя «вектор удовлетворения».

Рассмотрим первый уровень. Переход к матрице решений осуществим, например, по методу умножения матриц. Для этого используем следующий алгоритм.

Шаг 1. Построение матриц A_k. Матрицы A_k, $k = \overline{1, n_k}$, построим следующим образом:

$$A_k = K_k \times K_k^{\mathrm{T}},\ k = \overline{1, n_k}, \tag{3}$$

где K_k^{T} — матрица, транспонированная к матрице K_k. Образованные матрицы размерности $m \times m$ характеризуют важность критериев относительно альтернатив. Элементы матриц A_k обозначим a_{ed}^k; $k = \overline{1, n_k}$; $e = \overline{1, m}$; $d = \overline{1, m}$. Кроме того, матрицы A_k симметричны.

Шаг 2. Нормирование матриц A_k. Элементы матриц K_k нормированные, т.е. их значения $[0; 1]$. Произведение любых двух элементов будет меньше единицы, но при матричном умножении элементы матриц A_k имеют интервал $[0; m]$, поскольку появляется сумма m элементов. Тогда возникает задача нормирования элементов созданной матрицы. Предлагаем согласовать элементы матриц A_k следующим образом:

$$Q_k = \left(1/m\right) A_k. \tag{4}$$

Элементы матрицы Q_k обозначим q_{ed}^k; $k = \overline{1, n_k}$; $e = \overline{1, m}$; $d = \overline{1, m}$.

Шаг 3. Поиск важности критериев. С помощью матриц Q_k находим важность критериев. Для элементов матриц Q_k определим среднее порядка t, или t-норму значений элементов матриц Q_k следующим образом:

$$M_t(v_e^k) = \sqrt[m]{\sum_{d=1}^{m} (q_{ed}^k)^m},\ k = \overline{1, n_k}. \tag{5}$$

В этом случае элементы матриц Q_k не превышают единицы, поэтому величины $M_t(v_e^k)$ также взяты из интервала $[0; 1]$.

Шаг 4. Нормализация вектора важности критериев. Поскольку каждая величина $M_t(v_e^k) \geq 0$, положим

$$w_e^k = M_t(v_e^k) / \sum_{e=1}^{m} M_t(v_e^k), \tag{6}$$

так что $\sum_{e=1}^{m} w_e^k = 1$.

 ISSN 0572-2691

В результате получены векторы нормализованных оценок важности критериев $W^k = (w_1^k, w_2^k, ..., w_m^k)$, $k = \overline{1, n_k}$, по группам критериев или весовые векторы.

Шаг 5. Образование матриц B_k. Умножим каждый столбец матрицы K_k, характеризующий оценки альтернатив по критериям, на вектор оценок их важности $W^k = (w_1^k, w_2^k, ..., w_m^k)$:

$$B_k = \begin{pmatrix} \mu_{11}^k(x_1)\cdot w_1^k & \mu_{12}^k(x_2)\cdot w_1^k & \dots & \mu_{1n}^k(x_n)\cdot w_1^k \\ \mu_{21}^k(x_1)\cdot w_2^k & \mu_{22}^k(x_2)\cdot w_2^k & \dots & \mu_{2n}^k(x_n)\cdot w_2^k \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mu_{m1}^k(x_1)\cdot w_m^k & \mu_{m2}^k(x_2)\cdot w_m^k & \dots & \mu_{mn}^k(x_n)\cdot w_m^k \end{pmatrix}, \ k = \overline{1, n_k}. \tag{7}$$

Матрицы B_k включают в себя полученные оценки альтернатив по критериям с учетом их важности.

Шаг 6. Построение матриц C_k. Построим матрицы C_k, характеризующие альтернативы относительно критериев и их оценок важности. Матрицы C_k получим, перемножая транспонированную матрицу K_k^{T} на матрицы B_k соответственно:

$$C_k = K_k^{\mathrm{T}} \times B_k. \tag{8}$$

Данная матрица имеет размерность $n \times n$, $C_k = (c_{fj}^k)$, $f = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, n}$, $k = \overline{1, n_k}$.

Матрицы B_k включают полученные оценки альтернатив относительно нормированных критериев по их важности. Для получения оценки альтернатив по группам критериев нужны матрицы размерности альтернатив. Поэтому умножением слева матриц B_k на K_k^{T} получим матрицу C_k. Матрицы C_k включают характеристику для принятия решений.

Шаг 7. Получение векторов оценок альтернатив. Для каждой альтернативы по группам критериев просуммируем элементы матриц C_k по строке и образованные оценки нормализуем:

$$s_j^k = \sum_{f=1}^{n} c_{fj}^k, \ j = \overline{1, n}, \ k = \overline{1, n_k}. \tag{9}$$

$$k_{kj} = s_j^k \Big/ \sum_{j=1}^{n} s_j^k. \tag{10}$$

Таким образом, имеем векторы оценок альтернатив $(k_{k1}, k_{k2}, ..., k_{kn})$, $k = \overline{1, n_k}$, по группам критериев.

Векторы оценок альтернатив $(k_{k1}, k_{k2}, ..., k_{kn})$, $k = \overline{1, n_k}$, представим в виде следующей матрицы:

$$\overline{K} = \begin{pmatrix} k_{11} & k_{12} & \dots & k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} & \dots & k_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ k_{n_k 1} & k_{n_k 2} & \dots & k_{n_k n} \end{pmatrix}, \tag{11}$$

где k_{kj} — агрегированная оценка j-й альтернативы по матрице решений K_k, $j = \overline{1, n}$; $k = \overline{1, n_k}$.

Переходим ко второму уровню модели для повышения безопасности оценки и выбора альтернативных вариантов.

Для построения агрегированного вектора оценок альтернатив $X = \{x_1, x_2, ...$ $..., x_n\}$ по группе цели G_1 матрицы (11) используем аналогичный подход, как для матриц (2). В результате получим вектор оценок альтернатив: $K = \{k_1, k_2, ..., k_n\}$ по цели G_1.

Аналогично, пусть имеем нормированные матрицы D_d, $d = \overline{1, n_d}$, оценок альтернатив по количеству групп критериев n_d, представленных в виде функций принадлежности для цели G_2:

$$D_d = \begin{pmatrix} \mu_{11}^d(x_1) & \mu_{12}^d(x_2) & ... & \mu_{1n}^d(x_n) \\ \mu_{21}^d(x_1) & \mu_{22}^d(x_2) & ... & \mu_{2n}^d(x_n) \\ ... & ... & ... & ... \\ \mu_{m1}^d(x_1) & \mu_{m2}^d(x_2) & ... & \mu_{mn}^d(x_n) \end{pmatrix}, \tag{12}$$

где $\mu_{ij}^d(x_j)$ — функция принадлежности i-го критерия по j-й альтернативе матрицы решений D_d, $i = \overline{1, m_d}$; $j = \overline{1, n}$; $d = \overline{1, n_d}$.

Далее аналогично используем двухуровневую модель, описанную выше. На первом уровне от различных групп критериев матриц решений D_d перейдем к одной матрице:

$$\overline{D} = \begin{pmatrix} d_{11} & d_{12} & ... & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & ... & d_{2n} \\ ... & ... & ... & ... \\ d_{n_d 1} & d_{n_d 2} & ... & d_{n_d n} \end{pmatrix}, \tag{13}$$

где d_{dj} — агрегированная оценка j-й альтернативы по матрице решений D_d, $j = \overline{1, n}$; $d = \overline{1, n_d}$.

На втором уровне для получения агрегированного вектора оценок альтернатив $X = \{x_1, x_2, ..., x_n\}$ по группе цели G_2 матрицы (13) используем многокритериальный метод умножения матриц. В результате получим вектор оценок альтернатив: $D = \{d_1, d_2, ..., d_n\}$ по цели G_2.

Если в задаче есть цели $G_3, G_4, ...$, то по ним аналогично от матриц оценок альтернатив по критериям или различных групп критериев переходим к агрегированию вектора оценок альтернатив. Не уменьшая общности, ограничимся двумя целями (G_1, G_2) задачи.

Поскольку имеем задачу оценивания альтернатив, состоящую из двух целей, полученные векторы $K = \{k_1, k_2, ..., k_n\}$ и $D = \{d_1, d_2, ..., d_n\}$ рассмотрим на декартовой системе координат, где K — значение, соответствующее оси x, а D — y. Если количество целей g, дальнейшие вычисления необходимо расширить на g-мерную систему координат. Тогда по каждой альтернативе получим координаты по целям G_1, G_2: (k_1, d_1), (k_2, d_2), …, (k_n, d_n).

 ISSN 0572-2691

Для повышения безопасности выбора альтернативных вариантов [15–17] отсеем альтернативы, которые не удовлетворяют некоторым пожеланиям ЛПР, $B^* = \{B_1, B_2, ..., B_5\}$, т.е. относительно некоторого введенного критерия безопасности отсеем альтернативы, которые не удовлетворяют системам условий. Пусть имеем пять уровней безопасности рассматриваемых объектов:

$(k_i, d_i) \in [0; 0]$ до $[0{,}2; 0{,}2]$ — очень низкий уровень безопасности B_1;

$(k_i, d_i) \in [0{,}2; 0{,}2]$ до $[0{,}4; 0{,}4]$ — низкий уровень безопасности B_2;

$(k_i, d_i) \in [0{,}4; 0{,}4]$ до $[0{,}6; 0{,}6]$ — средний уровень безопасности B_3;

$(k_i, d_i) \in [0{,}6; 0{,}6]$ до $[0{,}8; 0{,}8]$ — уровень безопасности, выше среднего B_4;

$(k_i, d_i) \in [0{,}8; 0{,}8]$ до $[1; 1]$ — стабильно высокий уровень безопасности B_5.

Таким образом, используя критерий безопасности, получаем множество альтернатив $\{x_1, x_2, ..., x_s\}$, $s \le n$.

Далее введем в рассмотрение двумерный «вектор удовлетворения» $T^* = (A_1, A_2)$, учитывая пожелания ЛПР относительно значения альтернатив по целям G_1, G_2.

«Вектор удовлетворения» называется мнимой альтернативой, в которой оценки координат по целям могли бы удовлетворять ЛПР.

«Вектор удовлетворения» опишем следующим образом. Пусть анализируется объект с двумя входами и одним выходом:

$$U = (A_1, A_2), \tag{14}$$

где U — вектор исходной оценки (u_1, u_2), компоненты которого принимают одно из значений $\{0;\ 0{,}2;\ 0{,}4;\ 0{,}6;\ 0{,}8;\ 1\}$, A_1, A_2 — входные лингвистические переменные.

Для оценки лингвистических переменных A_1, A_2 используем качественные термы из таких терм-множеств:

$$\begin{aligned} A_1 &= (a_{11}, a_{12}, ..., a_{1t}), \\ A_2 &= (a_{21}, a_{22}, ..., a_{2t}). \end{aligned} \tag{15}$$

Знание «вектора удовлетворения» $T = (t_1, t_2)$ определяет систему логических высказываний: «Если — То, Иначе», которые связывают значения входных переменных A_1, A_2 с одним из возможных значений U:

$$\text{если } A_1 = a_{1t} \text{ и } A_2 = a_{2t}\text{, то } U = (u_1, u_2)\text{, иначе } \ldots. \tag{16}$$

Таким образом, ЛПР задает лингвистическое пожелание «вектора удовлетворения», которое переводим в вектор исходной количественной и нормированной оценки (u_1, u_2), обозначим ее $(u_1, u_2) = (t_1, t_2)$.

На данном этапе решения задачи имеем альтернативы $\{x_1, x_2, ..., x_s\}$, выбраны относительно некоторого критерия безопасности $B^* = \{B_1, B_2, ..., B_5\}$ и «вектора удовлетворения» $(u_1, u_2) = (t_1, t_2)$ относительно значения альтернатив по целям G_1, G_2. Среди множества полученных альтернатив $\{x_1, x_2, ..., x_s\}$ построим ранжированный ряд, используя следующий подход.

Найдем величины $Z_i = (z_{1i}, z_{2i})$, $i = \overline{1, s}$.

Шаг 1. Найдем вектор значений:

$$(m_1, m_2) = \max\{(t_1, t_2) - \min(k_i, d_i);\ \max(k_i, d_i) - (t_1, t_2)\},\ i = \overline{1, s}\,, \tag{17}$$

где минимальное $\min(k_i, d_i)$ и максимальное $\max(k_i, d_i)$ значения определяются из сравнения их длины: $S_i = \sqrt{k_i^2 + d_i^2}\,,\ i = \overline{1, s}.$

Шаг 2. Находим вектор абсолютного расстояния «вектор удовлетворения» и альтернатив:

$$(n_{1i}, n_{2i}) = (|t_1 - k_i|;\ |t_2 - d_i|)\,. \tag{18}$$

Это позволит определить наиболее близкие альтернативы «вектора удовлетворения».

Шаг 3. Выбираем вектор оценок согласно полученным величинам (17) и (18) с помощью функции

$$\mu(f_{1i};\ f_{2i}) = \begin{cases} (m_1; m_2), & \text{если} \quad m_1 \le n_{1i}; \quad m_2 \le n_{2i}, \\ (m_1; n_{2i}), & \text{если} \quad m_1 \le n_{1i}; \quad n_{2i} \le m_2, \\ (n_{1i}; m_2), & \text{если} \quad n_{1i} \le m_1; \quad m_2 \le n_{2i}, \\ (n_{1i}; n_{2i}), & \text{если} \quad n_{1i} \le m_1; \quad n_{2i} \le m_2. \end{cases} \tag{19}$$

Шаг 4. Для получения величин $Z_i = (z_{1i}, z_{2i}),\ i = \overline{1, s}$, используем следующую формулу:

$$Z_i = (1; 1) - \mu(f_{1i};\ f_{2i}),\ i = \overline{1, s}. \tag{20}$$

Величины (z_{11}, z_{21}), (z_{12}, z_{22}), …, (z_{1s}, z_{2s}) характеризуют относительные оценки близости альтернатив «вектора удовлетворения» по каждой отдельно цели G_1, G_2 и снимают вопрос различных шкал оценивания.

Шаг 5. По полученным оценкам находим величины, например, с помощью формулы

$$Z_i^* = z_{1i} \cdot t_1 + z_{2i} \cdot t_2,\ i = \overline{1, s}. \tag{21}$$

Шаг 6. Выбираем лучшую альтернативу и строим ранжированный ряд альтернативных вариантов $X = \{x_1, x_2, ..., x_s\}$:

$$X^* = \max_i Z_i^*,\ i = \overline{1, s}. \tag{22}$$

Итак, лучшее альтернативное решение близко к «вектору удовлетворения» по целям G_1, G_2 на двумерной системе координат.

Результаты и обсуждения

Рассмотрим пример формирования «вектора удовлетворения» для задачи выбора банковского учреждения субъектов хозяйствования при получении кредитных средств или внесении депозитных ресурсов [17]. Пусть имеем две цели: G_1 — получение от банка кредитных средств; G_2 — внесение в банк депозитных средств. Тогда логическое высказывание можем сформулировать следующим образом.

Если есть потребность в кредитных средствах A_1 и в депозитных средствах A_2, то $U = (u_1, u_2)$.

- $a_{11}(a_{21})$, не нуждается в получении (внесении) кредитных (депозитных) средств, тогда $u_1 = 0\ \ (u_2 = 0)$;

 ISSN 0572-2691

- $a_{12}(a_{22})$, возможно, есть необходимость получения (внесения) кредитных (депозитных) средств, тогда $u_1 = 0{,}2 \ \ (u_2 = 0{,}2)$;
- $a_{13}(a_{23})$, есть, но незначительная необходимость получения (внесения) кредитных (депозитных) средств, тогда $u_1 = 0{,}4 \ \ (u_2 = 0{,}4)$;
- $a_{14}(a_{24})$, есть потребность получения (внесения) кредитных (депозитных) средств, тогда $u_1 = 0{,}6 \ \ (u_2 = 0{,}6)$;
- $a_{15}(a_{25})$, есть острая потребность получения (внесения) кредитных (депозитных) средств, тогда $u_1 = 0{,}8 \ \ (u_2 = 0{,}8)$;
- $a_{16}(a_{26})$, приоритетная потребность получения (внесения) кредитных (депозитных) средств, тогда $u_1 = 1 \ \ (u_2 = 1)$.

Результатом исследования является технология повышения безопасности выбора альтернативных вариантов по группам целей. Исходный результат — общая агрегированная оценка альтернативных вариантов и их ранжированный ряд.

Построенные модели и технология повышения безопасности выбора альтернативных вариантов по группам целей имеют ряд преимуществ. А именно: повышают объективность оценки альтернативных вариантов; позволяют решать задачу оценки альтернатив относительно целей; дают возможность использовать много критериев, причем модель самостоятельно устанавливает оценки важности критериев относительно альтернатив, снижая субъективизм экспертов, не требуя попарных сравнений альтернатив и много вычислений. К недостаткам данного подхода можно отнести использование различных моделей сверток для получения агрегированной оценки, что может приводить к неоднозначности конечных результатов.

Заключение

Проведено исследование актуальной задачи разработки моделей для повышения безопасности выбора альтернативных вариантов по группам целей. При этом получены следующие результаты:

— модель задачи повышения безопасности оценки и выбора альтернативных вариантов по группам целей, с помощью метода умножения матриц, который позволяет работать с матрицами больших размерностей, самостоятельно устанавливает оценки важности критериев относительно альтернатив, снижая субъективизм экспертов;

— модель решения задачи многокритериального выбора альтернатив, используя «вектор удовлетворения», что позволяет строить ранжированный ряд альтернатив представленных векторами оценок, и повышает безопасность выбора альтернативных вариантов;

— пример построения «вектора удовлетворения» для задачи выбора банковского учреждения субъектом хозяйствования при получении кредитных средств или внесении депозитных ресурсов.

Разработанная технология будет полезным инструментом для обоснования и повышения безопасности выбора альтернативного варианта ЛПР. Дальнейшее исследование проблематики видим в апробации разработанных моделей для различных прикладных задач.

В.В. Поліщук

ТЕХНОЛОГІЯ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ВИБОРУ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВАРІАНТІВ ЗА ГРУПАМИ ЦІЛЕЙ

Останні наукові дослідження свідчать про необхідність оцінювання альтернативних варіантів за неповних або нечітких умов, коли існує множина цілей, кожна з яких має власну множину груп критеріїв. Прикладами таких задач є: оцінювання банківських установ для отримання кредиту, внесення депозитних коштів або обслуговування; оцінювання краудінвестиційних платформ стартаперами для отримання капіталу, або інвесторами для фінансування їхніх проектів та багато інших. Досліджено актуальну задачу розроблення моделей для технології підвищення безпеки вибору альтернативних варіантів за групами цілей. Дана технологія будує ранжувальний ряд альтернатив відносно груп цілей та груп критеріїв у цілях, підвищує безпеку вибору альтернативних варіантів та об'єктивність оцінювання. У дослідженні використовується метод множення матриць у вигляді семикрокового алгоритму, який самостійно встановлює оцінки важливості критеріїв щодо альтернатив, знижуючи суб'єктивізм експертів, не потребує попарних порівнянь альтернатив і великої кількості обчислень. Введено поняття «вектора задоволення» (уявна альтернатива, в якій оцінки координат за цілями могли б задовольняти особу, що приймає рішення). Запропоновано модель розв'язання задачі багатокритеріального вибору альтернатив, використовуючи «вектор задоволення», що дозволяє будувати ранжувальний ряд альтернатив, представлений векторами оцінок. Вихідним результатом є загальна агрегована оцінка альтернативних варіантів і їх ранжирувальний ряд. Описано приклад побудови «вектора задоволення» для задачі вибору банківської установи суб'єктом господарювання при отриманні кредитних коштів або внесенні депозитних ресурсів. Розроблена технологія буде корисним інструментом для обґрунтування і підвищення безпеки вибору альтернативного варіанта особою, що приймає рішення.

Ключові слова: критерії, альтернативи, прийняття рішень, цілі, безпека вибору.

V.V. Polishchuk

TECHNOLOGY TO IMPROVE THE SAFETY OF CHOOSING ALTERNATIVES FOR GROUP GOALS

Recent scientific studies indicate the need to evaluate alternative options for incomplete or fuzzy conditions, when there are many goals, each of which has its own set of criteria groups. Examples of such tasks are: assessing banking institutions to obtain a loan, making deposit funds or servicing; assessment of crowdfunding platforms by pairwise to obtain capital, or investors to finance their projects, and many others. The research of the actual task of developing models for the technology of increasing the safety of choice of alternative variants according to the groups of goals was conducted. This technology builds a range of alternatives relative to groups of goals and groups of criteria for purposes, increases the safety of choosing alternatives and the objectivity of evaluating. The study uses the matrix multiplication method, in the form of 7 step algorithm, which independently assesses the importance of the criteria for alternatives, reducing the subjectivity of experts, does not require pairwise comparisons of alternatives and many calculations. The concept of a «satisfaction vector» is introduced (an imaginary alternative in which estimates of coordinates by goals could satisfy a decision maker). A model for solving the problem of multicriteria choice of alternatives is proposed, using the «satisfaction vector», which allows building a ranking series of alternatives represented by the estimation vectors. The initial result is a general aggregate assessment of alternative options and their ranked series. An example of constructing a «satisfaction vector» for the task of choosing a banking institution by a business entity, when obtaining credit funds, or making deposit resources is described. The technology developed will be a useful tool to justify and increase the security of the choice of the decision maker.

Keywords: criteria, alternatives, decision making, purposes, security of choice.

1. Кини Р., Райфа Х. Принятие решения при многих критериях: предпочтения и замещения М. : Радио и связь, 1981. 560 с.
2. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М. : Радио и связь, 1993. 278 с.
3. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М. : Мир, 1976. 167 с.
4. Roy B. Multicriteria methodology for decision aiding. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 1996. 320 p.
5. Ларичев О. И. Вербальный анализ решений. РАН, Ин-т системного анализа. М. : Наука, 2006. 181 с.
6. Маляр М.М. Моделі і методи багатокритеріального обмежено-раціонального вибору: Ужгород: РА «АУТДОР-ШАРК», 2016. 222 с.
7. Кофман А., Хил Алуха Х. Введение теории нечетких множеств в управлении предприятиями. Выш. шк., 1992. 224 с.
8. Зайченко Ю.П. Нечеткие модели и методы в интеллектуальных системах. К.: Слово, 2008. 341 с.
9. Згуровський М.З., Панкратова Н.Д. Основи системного аналізу. Київ : Видавнича група BHV, 2007. 546 с.
10. Панкратова Н.Д., Недашківська Н.І. Моделі і методи аналізу ієрархій: Теорія. Застосування. Київ : Політехніка, 2010. 371 с.
11. Pankratova N., Nedashkovskaya N. The Method of estimating the consistency of paired Comparisons. *International Journal «Information Technologies and Knowledge».* 2013. **7**, N 4. P. 347–361.
12. Тоценко В.Г. Методы и системы поддержки принятия решений. Алгоритмический аспект Київ : Наук. думка, 2002. 381 с.
13. Поліщук В.В. Алгоритм ранжування альтернатив за багатьма критеріями. *Збірник наукових праць — Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України*. 2013. № 68. С. 100–105.
14. Полищук В.В. Нечеткая методика оценки коммерческих проектов различного происхождения *Международный научно-технический журнал «Проблемы управления и информатики»*. 2018. № 3. С. 59–71.
15. Kelemen M., Polishchuk V. Information model of evaluation and output rating of start-up projects development teams. *Proceedings of the Second International Workshop on CMIS*. Zaporizhzhia, Ukraine, 2019. CEUR Workshop Proceedings, **2353.** P. 674–688. http://ceur-ws.org/Vol-2353/paper54.pdf
16. Маляр М.М., Поліщук В.В., Шаркаді М.М. Модель інформаційної технології оцінювання ризику фінансування проектів. *Радіоелектроніка, інформатика, управління.* Запоріжжя : ЗНТУ 2017. 2017/2. С. 44–52. ISSN 1607-3274. DOI: https://doi.org/10.15588/1607-3274-2017-2-5
17. Маляр М.М. Поліщук В.В., Поліщук А.В. Інформаційна модель оцінювання банківських установ. *Науковий вісник Ужгородського Університету*. Серія «Економіка», 2019. Вип. 1 (53). С. 168–172. DOI: https://doi.org/10.24144/2409-6857.2019.1(53). С. 168–172

Получено 15.05.2018
После доработки 30.07.2019