



Shivam Gupta et al. // Public Health Panorama. Volume 1, ISSUE 2, September 2015. S. 198–204.
 18.Practical steps in enhancing road safety Lessons from the Road safety in 10 countries project (RS

10) 2010–2014 in the Russian Federation / E. Yursova, D. Sethi, M. Peden, V. Klyavin et al. // WHO Regional Office for Europe. 2015. 64 p.

УДК 625.122 + 519.816

Подвербный Вячеслав Анатольевич,
 д. т. н., профессор кафедры «Строительство железных дорог, мостов и тоннелей»,
 Иркутский государственный университет путей сообщения,
 тел. 8(3952) 638-356, e-mail: vpodverbnyi@irgups.ru
Гераськина Елена Олеговна,
 ассистент кафедры «Строительство железных дорог, мостов и тоннелей»,
 Иркутский государственный университет путей сообщения,
 тел. 8(3952) 638-356, e-mail: vpodverbnyi@irgups.ru

ВЫБОР ВАРИАНТА ПРОЕКТНОГО РЕШЕНИЯ ПО УКРЕПЛЕНИЮ ОТ РАЗМЫВА ПЕСЧАНОГО ОТКОСА В ПОЛОСЕ ОТВОДА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ НА ОСНОВЕ КРИТЕРИЯ МНОГОМЕРНОЙ НЕЧЕТКОЙ ПОЛЕЗНОСТИ

V. A. Podverbnyy, E. O. Geras'kina

CHOICE OF THE VARIANT OF THE DESIGN DECISION ON STRENGTHENING FROM WASHOUT SANDY SLOPE IN THE RAILS RIGHT OF WAY ON THE BASIS OF CRITERION OF MULTIDIMENSIONAL FUZZY UTILITY

Аннотация. В статье рассмотрена задача выбора варианта проектного решения по укреплению от размыва песчаного откоса в полосе отвода железнодорожной линии на основе критерия многомерной нечеткой полезности. Варианты предусматривали комплексы различных мероприятий по укреплению от размыва песчаного откоса с тем, чтобы ликвидировать последствия паводка и предотвратить возможность деформаций при последующей эксплуатации железной дороги. Сравнение вариантов и выбор защитного сооружения был выполнен с использованием методики на основе многомерной нечеткой полезности, предложенной Е. О. Гераськиной, научный руководитель профессор В. А. Подвербный. В качестве лица, принимающего решение, выступал главный инженер проекта Б. П. Мухаров. Были предложены три варианта проектного решения: первый вариант – укрепление первого (основного) оврага матрацами Рено в комплексе с каменно-бетонным водонаправляющим лотком, укрепление второго оврага скальным грунтом; второй вариант проектного решения – укрепление первого (основного) оврага матрацами Рено, укрепление второго оврага скальным грунтом; третий вариант проектного решения – укрепление оврагов и основания откоса скальным грунтом. Для сравнения использовались лингвистические критерии: K_1 – стоимость строительства, K_2 – сложность строительства, K_3 – надежность сооружения. По критерию многомерной нечеткой полезности варианты расположились в следующей последовательности (по убыванию предпочтительности): третий вариант; второй вариант; первый вариант. Выбор был сделан в пользу третьего варианта проектного решения с максимальным значением многомерной нечеткой полезности – укрепление оврагов и основания откоса скальным грунтом.

Ключевые слова: защита от размыва, принятие решений, многомерная нечеткая полезность.

Abstract. In article the problem of a choice of a variant of the design decision on strengthening from washout of a sandy slope in the rails right of way on the basis of criterion of multidimensional fuzzy utility is considered. Variants provided complexes of various actions for strengthening from washout of a sandy slope to liquidate consequences of a June high water and to prevent possibility of deformations at the subsequent operation of the railway. Comparison and a choice of a variant of a protective construction professor has been executed with use of a technique on the basis of the multidimensional indistinct utility offered by E. O. Geraskina, the supervisor of studies – V. A. Podverbnyj. The chief engineer of the project B. P. Muharov acted as the person, making the decision. Three variants of the design decision have been offered: the first variant of the design decision – strengthening of the first (basic) ravine by Renault mattresses in a complex with a kamenno-concrete water directing tray, strengthening of the second ravine by a rocky ground; the second variant of the design decision stone – strengthening of the first (basic) ravine by Renault mattresses, strengthening of the second ravine by a rocky ground; the third variant of the design decision – strengthening of ravines and the slope basis by a rocky ground. For comparison linguistic criteria were used: K_1 – building cost, K_2 – complexity of building, K_3 – reliability of a construction. By criterion of multidimensional indistinct utility variants have settled down in the following sequence (on preference decrease): the third variant; the second variant; the first variant, where – estimations of multidimensional utility of variants with the greatest confidence. The choice has been made in favour of the third variant of the design decision with the maximum value of multidimensional fuzzy utility – strengthening of ravines and the slope basis by a rocky ground.

Keywords: protection against washout, decision-making, multidimensional fuzzy utility.

Введение

В 2011 году Восточно-Сибирскому институту проектирования транспортных систем (ВСИПТС ИрГУПС) службой пути ВСЖД было выдано задание на проектирование модернизации

нечеткого пути на перегоне Улан-Удэ – Заудинский Восточно-Сибирской железной дороги.

В технических условиях на проектирование было выдвинуто требование о разработке проектного решения по защите от заноса песком отвер-

стия однопролетного малого железобетонного моста на участке ПК 56449+00 – ПК 56451+00.

Специалистами ВСИПТС ИрГУПС были разработаны 3 варианта проектного решения и на основе многокритериального сравнения был выбран оптимальный вариант, представленный заказчику [1, 2].

В работе [2] задача выбора проектного решения рассматривалась в многокритериальной детерминированной постановке и была решена на основе метода идеальной точки.

Сравнивались три варианта проектного решения: устройство быстротока (альтернатива x_1), устройство барражной стенки (альтернатива x_2), укрепление зоны разлива потока бетонированием (альтернатива x_3). Была рекомендована альтернатива x_2 . Заказчиком был принят и утвержден вариант строительства барражной стенки (фильтрующей каменной стенки). Строительные работы были развернуты весной 2012 года.

В июне 2012 года до полного окончания строительных работ возникла ситуация, когда вместо расчетного количества осадков выпала их двадцатилетняя норма. Потоки воды размыли откос с образованием двух глубоких оврагов (рис. 1). Водным потоком было перенесено большое количество песка.



Рис. 1. Вид оврагов на склоне (откосе, песчаного карьера в полосе отвода железной дороги

Песчаная масса на 80 % забила недостроенную барражную (фильтрующую) каменную стенку, предусмотренную проектом выше входного сечения железобетонного водонаправляющего лотка (подводящего русла моста), заполнила подводящее, подмостовое и отводящее русла железобетонного однопролетного моста (рис. 2–4).



Рис. 2. Вид на фильтрующую каменную стенку (недостроенную), предусмотренную проектом выше входного сечения железобетонного водонаправляющего лотка с верховой стороны от моста



Рис. 3. Общий вид моста на ПК 56450+34,80 ВСЖД



Рис. 4. Подводящее и отводящее русло железнодорожного моста: а) подводящее русло, б) отводящее русло

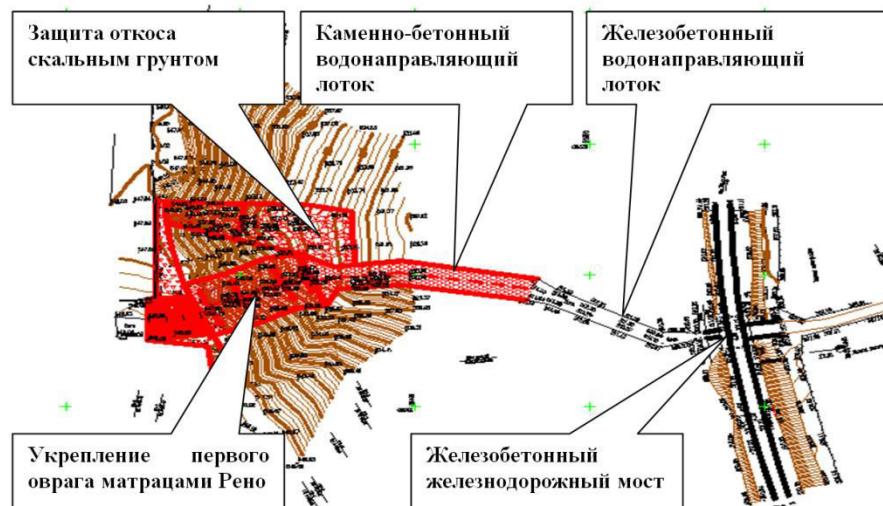


Рис. 5. Первый вариант проектного решения – укрепление первого (основного) оврага матрацами Рено в комплексе с каменно-бетонным водонаправляющим лотком, укрепление второго оврага скальным грунтом

Служба пути Восточно-Сибирской дирекции инфраструктуры поставила задачу перед ВСИПТС ИрГУПС – предложить несколько вариантов защитных мероприятий и произвести выбор наилучшего варианта без подробной разработки.

Сравнение и выбор варианта защитного сооружения был выполнен с использованием методики на основе многомерной нечеткой полезности, предложенной Е. О. Гераськиной (научный руководитель профессор В. А. Подвербный).

Лицом, принимающим решение (ЛПР), выступал главный инженер проекта Б. П. Мухаров.

Варианты проектных решений

Варианты проектных решений были разработаны эскизно без детальной проработки. Принималась во внимание срочность решения задачи. Варианты предусматривали комплексы различных мероприятий по укреплению от размыва песчаного склона с тем, чтобы ликвидировать последствия июньского паводка и предотвратить возможность подобных деформаций при последующей эксплуатации железной дороги.

Хорошо известны примеры применения матрацев Рено для защиты от размыва откосов земляного полотна, пойменных насыпей и берегов водотоков [3–9].

Матрацы Рено обладают гибкостью и в большей степени, чем жесткие железобетонные конструкции и покрытия, устойчивы к деформациям осадок, что имело значение в условиях решаемой проектной задачи из-за наличия песчаного откоса, подвергающегося размыву. Это обстоятельство и определило их выбор в двух вариантах, наряду с укреплением от размыва в виде скальной наброски (забивки).

Были предложены три варианта проектного решения.

В качестве первого варианта было предложено устроить матрацы Рено в комплексе с каменно-бетонным водонаправляющим лотком (рис. 5).

Первый вариант включал следующие мероприятия.

1. С верховой стороны склона вдоль верховой улицы, начиная от заборов и до защищаемого от размыва откоса, корытообразно бетонируется поверхность шириной 15 м с уклоном в середину покрытия. Перед бетонированием производится разработка грунта на глубину 0,2 м и отсыпается щебеночная подготовка 0,1 м. Поверхность вдоль забора с обеих сторон от оврага укрепляется щебнем.

2. Основной (первый) овраг частично, до проектных отметок низа щебеночной подготовки, засыпается скальным грунтом. Откосы оврага разрабатываются и планируются для придания более пологого уклона при укладке матрацев Рено. Поверх скального грунта на спланированные откосы отсыпается щебеночная подготовка толщиной 0,1 м. На щебеночную подготовку укладываются геотекстиль, а затем укладываются матрацы Рено.

3. Для предотвращения сползания матрацев Рено у основания откоса сооружается бетонный упор длиной 21 м с глубиной заложения 3 м.

4. Важное защитное противоразмывное мероприятие: от упора и до существующего железобетонного водонаправляющего лотка планируется траншея, в которой укладываются матрацы Рено. На поверхность из матрацев производится наливное бетонирование (бетонный набрызг), в результате чего формируется надежный каменно-бетонный водонаправляющий лоток, по которому

водный поток поступает к барражной (каменной фильтрующей) стенке, удерживающей песчаную взвесь и пропускающей отфильтрованный поток в железобетонный направляющий лоток и, затем, в подмостовое русло. Данное мероприятие повышает стоимость и сложность строительства, но обеспечивает высокую надежность работы всего комплекса противоразмывных мероприятий.

5. Второй овраг полностью засыпается скальным грунтом. Поверхность у основания откоса также отсыпается скальным грунтом.

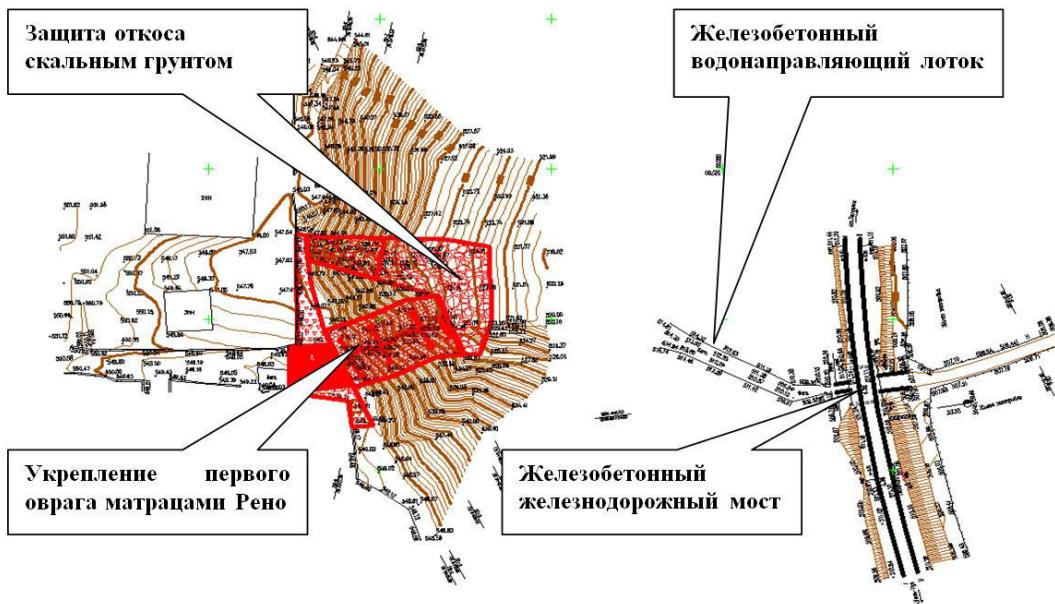


Рис. 6. Второй вариант проектного решения – укрепление первого (основного) оврага матрацами Рено, укрепление второго оврага скальным грунтом

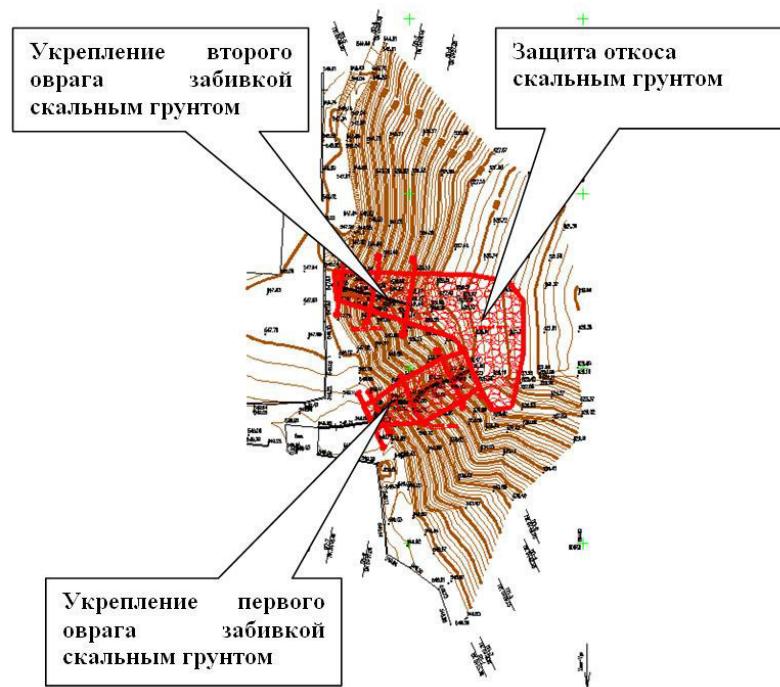


Рис. 7. Третий вариант проектного решения – укрепление оврагов и основания откоса скальным грунтом

Второй вариант предусматривал выполнение мероприятий 1, 2, 3, 5 без мероприятия 4 – сооружения каменно-бетонного водонаправляющего лотка (рис. 6).

В качестве третьего варианта проектного решения, наиболее экономичного по стоимости и несложного в строительстве, было предложено провести комплекс защитных мероприятий без устройства матрацев Рено в первом овраге и без сооружения каменно-бетонного водонаправляющего лотка, а лишь за счет укрепления обоих оврагов и основания откоса скальным грунтом (рис. 7).



Таблица 1

Лингвистические критерии и их значения

Лингвистические критерии	Значения лингвистических критериев		
	наихудшие по полезности	промежуточные	наилучшие по полезности
K^1 – стоимость строительства	\tilde{X}_0 – ОЧЕНЬ ВЫСОКАЯ	\tilde{X}_2 – ВЫСОКАЯ	\tilde{X}_1 – НЕВЫСОКАЯ
K^2 – сложность строительства	\tilde{Y}_0 – БОЛЬШАЯ	\tilde{Y}_2 – СРЕДНЯЯ	\tilde{Y}_1 – НЕБОЛЬШАЯ
K^3 – надежность сооружения	\tilde{Z}_0 – НИЗКАЯ	\tilde{Z}_2 – СРЕДНЯЯ	\tilde{Z}_1 – БОЛЬШАЯ

Третий вариант включал следующие мероприятия (без применения матрацев Рено):

1. Оба оврага (первый и второй) забиваются скальным грунтом.
2. Кроме того, скальный грунт отсыпается у основания откоса.

Выбор варианта проектного решения на основе критерия многомерной нечеткой полезности

Условия решения проектной задачи в целом можно охарактеризовать как принятие многокритериального решения в условиях неопределенности. Не предполагалось выполнять проектирование на стадии «Проектная документация». Решение по выбору наилучшего варианта необходимо было принять по результатам эскизного проектирования (аванпроектирования), а оценку вариантов – с использованием лингвистических критериев.

И лишь после утверждения варианта проектного решения заказчиком следовало в кратчайшие сроки разработать рабочую документацию на согласованный вариант противоразмывных защитных мероприятий на объекте.

Учитывая условия задачи принятия решения, ЛПР (Б. П. Мухаров) предложил 3 лингвистических критерия, значения которых приведены в табл. 1.

Экспертно была получена следующая оценка вариантов укрепления откоса по лингвистическим критериям:

- *первый вариант* {ОЧЕНЬ ВЫСОКАЯ стоимость строительства, БОЛЬШАЯ сложность строительства, БОЛЬШАЯ надежность сооружения} = $\{\tilde{X}_0, \tilde{Y}_0, \tilde{Z}_1\}$;
- *второй вариант* $\{\tilde{X}_2, \tilde{Y}_2, \tilde{Z}_2\}$;
- *третий вариант* $\{\tilde{X}_1, \tilde{Y}_1, \tilde{Z}_0\}$.

Сравнение вариантов проектного решения было предложено выполнять на основе теории многомерной нечеткой полезности по следующей методике [10–15]:

- 1) установить справедливость аксиом теории полезности в нечеткой среде,
- 2) установить справедливость условия взаимонезависимости критериев по полезности,

3) установить границы носителей по полезности для значений лингвистических критериев,

4) построить график функции принадлежности одномерной нечеткой полезности по «опорному» критерию – $\mu_{\tilde{V}(\tilde{X})}$,

5) выполнить декомпозицию функции многомерной нечеткой полезности $\tilde{V}(\tilde{X}, \tilde{Y}, \tilde{Z})$,

6) построить графики функций принадлежности многомерных нечетких полезностей вариантов,

7) сравнить варианты по критерию многомерной нечеткой полезности и сделать выбор в пользу варианта, у которого полезность максимальна.

Было установлено, что для ЛПР справедливы аксиомы теории полезности в нечеткой среде, а также что условие взаимонезависимости критериев K^1 , K^2 и K^3 по полезности выполняется.

Нечеткая многомерная функция полезности была представлена в виде (1)

$$\begin{aligned} \tilde{V}(\tilde{X}, \tilde{Y}, \tilde{Z}) = & k_y \cdot v_y^-(\tilde{Y}) + \\ & + k_z \cdot \beta_y(\tilde{Y}) \cdot v_z^-(\tilde{Z}) + k_x \cdot \beta_y(\tilde{Y}) \cdot \beta_z(\tilde{Z}) \times \\ & \times v_x^-(\tilde{X}) + k_x \cdot \beta_y(\tilde{Y}) \cdot \beta_z(\tilde{Z}) \cdot \beta_x(\tilde{X}) \cdot \tilde{V}_x(\tilde{X}_0). \end{aligned} \quad (1)$$

где k_x, k_y, k_z – положительные ненулевые шкалирующие константы, являющиеся корнями систем линейных уравнений

$$\left\{ \begin{array}{l} k_x = k_y \cdot \frac{v_y^+(\tilde{Y}_0)}{v_x^+(\tilde{X}_0)} \\ k_z = k_y \cdot \frac{v_y^+(\tilde{Y}_0)}{v_z^+(\tilde{Z}_0)} \\ k_y \cdot v_y^-(\tilde{Y}_1) + k_z \cdot v_z^-(\tilde{Z}_1) \cdot \frac{1 - v_y^-(\tilde{Y}_1)}{v_y^+(\tilde{Y}_0)} + \\ + k_x \cdot v_x^-(\tilde{X}_1) \cdot \frac{1 - v_y^-(\tilde{Y}_1)}{v_y^+(\tilde{Y}_0)} \cdot \frac{1 - v_z^-(\tilde{Z}_1)}{v_z^+(\tilde{Z}_0)} = 1, \end{array} \right. \quad (2)$$

где $v_x^-(\tilde{X}), v_y^-(\tilde{Y}), v_z^-(\tilde{Z})$ – левые границы носителей лингвистических критериев K^1 , K^2 и K^3 ,

нормированные так, что для наихудших по полезности значений равны

$$v_x^-(\tilde{X}_0) = 0, v_y^-(\tilde{Y}_0) = 0, v_z^-(\tilde{Z}_0) = 0;$$

$v_x^+(\tilde{X}), v_y^+(\tilde{Y}), v_z^+(\tilde{Z})$ – правые границы носителей лингвистических критериев K^1, K^2 и K^3 , нормированные так, что для наилучших по полезности значений равны

$$v_x^+(\tilde{X}_1) = 1, v_y^+(\tilde{Y}_1) = 1, v_z^+(\tilde{Z}_1) = 1,$$

$\beta_x(\tilde{X}), \beta_y(\tilde{Y}), \beta_z(\tilde{Z})$ – положительные ненулевые коэффициенты, определяемые по формулам

$$\beta_x(\tilde{X}) = \frac{v_x^+(\tilde{X}) - v_x^-(\tilde{X})}{v_x^+(\tilde{X}_0)}, \quad (3)$$

$$\beta_y(\tilde{Y}) = \frac{v_y^+(\tilde{Y}) - v_y^-(\tilde{Y})}{v_y^+(\tilde{Y}_0)}, \quad (4)$$

$$\beta_z(\tilde{Z}) = \frac{v_z^+(\tilde{Z}) - v_z^-(\tilde{Z})}{v_z^+(\tilde{Z}_0)}. \quad (5)$$

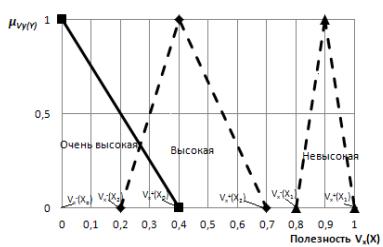
На рис. 8 приведены графики функций принадлежности одномерных (условных) нечетких полезностей значений (термов) лингвистических критериев K^1, K^2 и K^3 , определенные в данной задаче ЛПР (Б.П. Мухаровым) с помощью аналитика (Е.О. Гераськиной).

В качестве «опорного» критерия принят критерий K^1 (стоимость строительства).

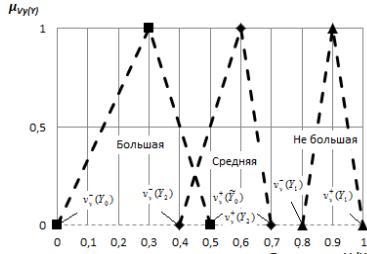
Для выполнения декомпозиции и последующей формализации многомерной полезности был построен график $\mu_{V_x(\tilde{X}_0)}$.

Для остальных значений критериев достаточно было определить левые и правые границы носителей.

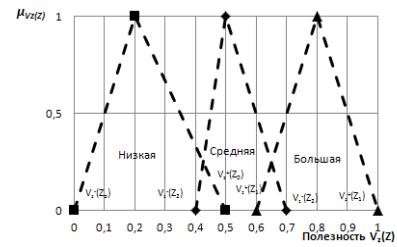
Поэтому на рис. 8 а график функции принадлежности для наихудшего значения «опорного» критерия K^1 показан сплошной линией.



a



b



c

Рис. 8. Графики функций принадлежности одномерных (условных) нечетких

полезностей значений лингвистических критериев:

а – критерия K^1 (стоимость строительства);

б – критерия K^2 (сложность строительства);

в – критерия K^3 (надежность сооружения)

Для других значений лингвистического критерия K^1 и для всех значений критериев K^2 и K^3 графики показаны пунктиром (см. рис. 8).

Предложенная процедура позволяет формализовать многомерную нечеткую полезность сравниваемых вариантов.

Значения шкалирующих констант ($k_x = 0,54; k_y = 0,43; k_z = 0,43$) были определены путем решения системы линейных уравнений (2) на основе данных, представленных на рис. 8.

Расчет для первого варианта $\{\tilde{X}_0, \tilde{Y}_0, \tilde{Z}_1\}$ выполнен следующим образом:

– по формулам (3)–(5) определены коэффициенты (см. рис. 8)

$$\beta_x(\tilde{X}_0) = \frac{v_x^+(\tilde{X}_0) - v_x^-(\tilde{X}_0)}{v_x^+(\tilde{X}_0)} = \frac{0,4 - 0,0}{0,4} = 1,00$$

$$\beta_y(\tilde{Y}_0) = \frac{v_y^+(\tilde{Y}_0) - v_y^-(\tilde{Y}_0)}{v_y^+(\tilde{Y}_0)} = \frac{0,5 - 0,0}{0,5} = 1,00;$$

$$\beta_z(\tilde{Z}_1) = \frac{v_z^+(\tilde{Z}_1) - v_z^-(\tilde{Z}_1)}{v_z^+(\tilde{Z}_1)} = \frac{1,0 - 0,6}{0,5} = 0,8;$$

– по формуле (1) formalизована многомерная нечеткая полезность (6).

Многомерная нечеткая полезность первого варианта проектного решения

$$\begin{aligned} \tilde{V}(\tilde{X}_0, \tilde{Y}_0, \tilde{Z}_1) &= k_y \cdot v_y^-(\tilde{Y}_0) + k_z \cdot \beta_y(\tilde{Y}_0) \cdot v_z^-(\tilde{Z}_1) + \\ &+ k_x \cdot \beta_y(\tilde{Y}_0) \cdot \beta_z(\tilde{Z}_1) \cdot v_x^-(\tilde{X}_0) + \\ &+ k_x \cdot \beta_y(\tilde{Y}_0) \cdot \beta_z(\tilde{Z}_1) \cdot \beta_x(\tilde{X}_0) \cdot \tilde{V}_x(\tilde{X}_0) = \\ &= 0,43 \cdot 0 + 0,43 \cdot 1,00 \cdot 0,60 + \\ &+ 0,54 \cdot 0,8 \cdot 1,00 \cdot 0,00 + \\ &+ 0,54 \cdot 0,80 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot \tilde{V}_x(\tilde{X}_0) = \\ &= 0,26 + 0,43 \cdot \tilde{V}_x(\tilde{X}_0). \end{aligned} \quad (6)$$



Расчет для двух других вариантов по предлагаемой процедуре привел к следующим результатам:

второй вариант

$$\tilde{V}(\tilde{X}_2, \tilde{Y}_2, \tilde{Z}_2) = 0,31 + 0,35 \cdot \tilde{V}_x(\tilde{X}_0); \quad (7)$$

третий вариант

$$\tilde{V}(\tilde{X}_1, \tilde{Y}_1, \tilde{Z}_0) = 0,51 + 0,11 \cdot \tilde{V}_x(\tilde{X}_0). \quad (8)$$

На рис. 9 приведены графики функций принадлежности многомерных нечетких полезностей сравниваемых вариантов укрепления откоса, построенные по формулам (6)–(8).

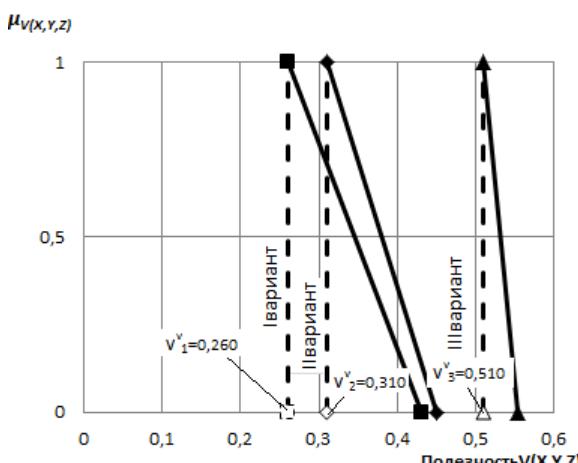


Рис. 9. Графики функций принадлежности многомерных нечетких полезностей сравниваемых вариантов укрепления откоса

Расчет для первого варианта левой и правой границ носителя по полезности:

левая граница носителя

$$\begin{aligned} v^-(\tilde{X}_0, \tilde{Y}_0, \tilde{Z}_1) &= 0,26 + 0,43 \cdot v_x^-(\tilde{X}_0) = \\ &= 0,26 + 0,43 \cdot 0,00 = 0,26; \end{aligned}$$

правая граница носителя

$$\begin{aligned} v^+(\tilde{X}_0, \tilde{Y}_0, \tilde{Z}_1) &= 0,26 + 0,43 \cdot v_x^+(\tilde{X}_0) = \\ &= 0,26 + 0,43 \cdot 0,40 = 0,432. \end{aligned}$$

В данной задаче левые границы носителей равны оценкам многомерной полезности с наибольшей уверенностью ($\mu_{\tilde{V}(\tilde{X}, \tilde{Y}, \tilde{Z})} = 1,00$), которые принято обозначать $v^v(\tilde{X}, \tilde{Y}, \tilde{Z})$. Причиной этого является вид графика функции принадлежности «опорного» лингвистического критерия K^1 (см. рис. 8 а).

Из анализа графиков, представленных на рис. 9, был сделан вывод о том, что по критерию многомерной нечеткой полезности варианты располагаются в следующей последовательности (по убыванию предпочтительности):

– третий вариант $v^v_3 = 0,51$;

– второй вариант $v^v_2 = 0,31$;

– первый вариант $v^v_1 = 0,26$.

Выбор был сделан в пользу третьего варианта проектного решения с максимальным значением многомерной нечеткой полезности – укрепление оврагов и основания откоса скальным грунтом.

Решение было согласовано с заказчиком. Рабочая документация по третьему варианту была разработана в сжатые сроки и выдана заказчику.

Строительные работы проведены, за истекший период размывов не наблюдалось.

Заключение

Таким образом, при принятии проектных решений на предпроектной стадии в условиях неопределенности с использованием лингвистических критериев применение глобального критерия многомерной нечеткой полезности позволяет сделать обоснованный выбор.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Модернизация железнодорожного нечеткого пути на перегоне Улан-Удэ – Заудинский Восточно-Сибирской железной дороги – филиал ОАО «РЖД». Республика Бурятия : общая пояснительная записка. 11-03-ПЗ. Иркутск : ИрГУПС, 2011. 52 с.
- Ченцова Е.О., Подвербный В.А. Выбор оптимального варианта комплекса защитных сооружений от размыва откоса и заиливания железнодорожного моста на основе метода идеальной точки // Транспортная инфраструктура Сибирского региона : материалы третьей всесоюз. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Т.1. Иркутск : Изд-во ИрГУПС, 2012. С. 465–472.
- Железнодорожный путь : учебник / под ред. Е.С. Ашпиза. М. : УМЦ по образованию на ж.-д. трансп. 2013. 544 с.
- Расчеты и проектирование железнодорожного пути : учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта / под общ. ред. В.В. Виноградова и А.М. Никонова. М. : Маршрут, 2003. 486 с.
- Железнодорожный путь / под общ. ред. Т.Г. Яковлевой. М. : Транспорт, 2001. 407 с.
- Инструкция по содержанию земляного полотна железнодорожного пути / МПС России. М. : Транспорт, 2000. 189 с.
- Грицык В.И. Расчеты земляного полотна железных дорог. М. : УМК МПС, 1998. 520 с.
- Свод правил. Проектирование земляного полотна железных дорог колеи 1520 мм. СП 32-



- 104-98 / ОАО ЦНИИС. М. : Госстрой России ; ГУП ЦПП, 1999. 91 с.
9. Пособие по проектированию земляного полотна и водоотвода железных и автомобильных дорог промышленных предприятий (к СНиП 2.05.07-85). М. : Стройиздат, 1988. 136 с.
10. Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И.П. Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования. Рига : Зинатне, 1990. 184 с.
11. Борисов А.Н., Вилюмс Э.Р., Сукур Л.Я. Диалоговые системы принятия решений на базе мими-ЭВМ: Информационное, математическое и программное обеспечение. Рига : Зинатне, 1986. 195 с.
12. Подвербный В.А. Выбор варианта железной дороги на основе критерия нечеткой полезности // Транспортное строительство. 2000. № 7. С. 10–13.
13. Подвербный В.А. Выбор варианта направления железной дороги по критерию нечеткой полезности // Вестник МИИТа. 2000. Вып. 3. С. 3–9.
14. Подвербный В.А. Выбор проектного решения в нечеткой среде на основе индексов ранжирования // Железнодорожный транспорт. 2000. Вып. 2-3. С. 34–47.
15. Подвербный, В.А. Нечеткая полезность – как дополнительный комплексный показатель сравнительной эффективности вариантов проектных решений // Фундаментальные и прикладные исследования транспорту – 2000 : тр. Всерос. науч.-техн. конф. Екатеринбург : УрГУПС, 2000. С. 332–333.

УДК 656.078.14 (571.6):338.47

Нагорная Нина Валерьевна,

преподаватель Хабаровского техникума железнодорожного транспорта,
факультет среднего профессионального образования,
Дальневосточный государственный университет путей сообщения,
тел. 8(914)312-02-17, e-mail: nina2920@mail.ru

КОНЦЕПЦИЯ КОМПЛЕКСНОГО РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНОГО ОБЛИКА И МОЩНОСТИ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ КОРИДОРОВ ДЛЯ СВЯЗИ ОЧАГОВ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ С ОПОРНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТЬЮ ДФО

N. V. Nagornaya

CONCEPTION OF INTEGRATED SOLUTION OF THE PROBLEM OF FORMING ECONOMICALLY EFFECTIVE APPEARANCE AND MULTIMODAL TRANSPORT CORRIDOR (MTC) CAPACITY FOR CONNRCNING NATURAL RESOURCES CENTERS WITH THE SUPPORTING TRANSPORT NET IN THE FAR EASTERN FEDERAL DISTRICT (FEFD)

Аннотация. Настоящая статья посвящена разработке концепции комплексного решения проблемы формирования экономически эффективных вариантов облика и мощности мультиmodalных транспортных коридоров для связи очагов природных ресурсов с опорной транспортной сетью Дальневосточного федерального округа. При этом разработанная концепция предусматривает реализацию четырех этапов решения поставленной задачи. На первом этапе производится выбор экономически эффективного варианта регионального мультиmodalного транспортного коридора (РМТК) по статическому сечению на расчетный срок для связи очага природных ресурсов с опорной транспортной сетью и мультиmodalными транспортными узлами для выхода сырья на экспорт. На втором этапе для выбранного РМТК формируются оптимальная и субоптимальная стратегии этапного наращивания мощности на основе применения метода кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог» МИИТА (МГУПС), разработанного профессорами А. П. Кондратченко и И. В. Турбинным. Метод позволяет реализовать оптимальное распределение инвестиций в пределах принятого горизонта расчета. Для учета недостаточного объема информации при формировании РМТК для связи очагов природных ресурсов с опорной транспортной сетью ДФО и использованием элементов РМТК для реализации «северного» завоза предусмотрен третий этап в концепции, в котором формируется область эффективных стратегий, имеющая интегральный эффект >0 и представляющая базовую основу для работы лица, принимающего решение. В концепции предусмотрен четвертый этап, направленный на дальнейшее увеличение интегрального эффекта за счет совершенствования технологии управления перевозочным процессом для уменьшения эксплуатационных расходов. Реализация всех позиций концепции позволяет существенно сократить объем работы и повысить качество при формировании инновационных проектов развития МТС исследуемого региона.

Ключевые слова: концепция, мультиmodalный транспортный коридор, малоосвоенный район, природные ресурсы, очаги, опорная транспортная сеть, методика, технология.

Abstract. This article with development of conception of integrated solution of the problem of forming economically effective variants of appearance and multimodal transport corridors capacity for connection of natural resources centers with the supporting transport net in the Far Eastern Federal District. The developed conception provides implementation of four stages to solve the task. The first stage includes choice of economically effective variant of the regional multimodal transport corridor (RMTC) in a static section to the target date for connection of natural resources centers with the supporting transport net and multimodal transport junctions for raw