УДК 51-74

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДАЧИ РАНЖИРОВАНИЯ БЕРЕГОЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕПОЛНОТЫ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Эдгулова Е.К., Хаширова Т.Ю., Апанасова З.В.

ФГБОУ ВПО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова», Нальчик, Россия (360004, Нальчик, ул. Чернышевского, 173), e-mail: edgulova_imoas@mail.ru

Существующие на сегодняшний момент технические решения берегозащитных сооружений нуждаются в дальнейшем совершенствовании и оценке по оптимальному их применению адаптировано к морфологии рек. В силу отсутствия показателей, позволяющих качественно и количественно оценить правильность принятого проектного решения, необходимо интеллектуализировать процесс принятия решения в условиях нечеткой экспертной информации. Целью исследования является разработка модели ранжирования берегозащитных сооружений, с учетом неполноты исходной информации. В статье приводится постановка задачи ранжирования сложных технoприродных систем с помощью лексикографического метода, расписан алгоритм применения метода при нечеткой исходной информации для сравнения сложных экологических систем, которыми выступили берегозащитные сооружения. Для описания параметров оцениваемых объектов использованы лингвистические переменные, а в качестве их значений – экспертные оценки.

Ключевые слова: ранжирование, нечеткость информации, лингвистические переменные, берегоукрепительные сооружения.

MODELING OF A PROBLEM OF RANGING OF SHORE PROTECTION CONSTRUCTIONS IN THE CONDITIONS OF INCOMPLETENESS OF INITIAL INFORMATION

Edgulova E.K., Khashirova T.Y., Apanasova Z.V.

Kabardino-Balkarian State University, Nalchik, Russia (360004, Nalchik, Chernyshevsky street, 173), e-mail: edgulova_imoas@mail.ru

Now there are no indicators which can qualitatively estimate correctness of the made design decision of shore protection constructions of the rivers. The existing technical solutions need further improvement and an assessment on their optimum application to morphology of the rivers. It is necessary to intellectualize process of decision-making in the conditions of shortage of expert information. A research objective is development of model of ranging of shore protection constructions, taking into account incompleteness of initial information.The problem definition of ranging of difficult systems by lexicographic method is given in article. The algorithm of application of a method at indistinct initial information for comparison of difficult ecological systems which shore protection constructions are is painted. For the description of parameters of the estimated objects linguistic variables are used, and as values of these variables expert estimates were used.

Keywords: ranging, information illegibility, linguistic variable, shore protection constructions.

В настоящее время отсутствует научно-обоснованный подход, учитывающий морфологию рек при принятии проектных решений берегозащитных сооружений. Отсутствуют показатели, позволяющие качественно и количественно оценить правильность принятого проектного решения берегозащитных сооружений, применительно к морфологическим особенностям рек.

Существующие технические решения берегозащитных сооружений нуждаются в дальнейшем совершенствовании и оценке по оптимальному их применению адаптировано к морфологии рек [4,5]. Для создания базы знаний и механизма логического вывода системы поддержки принятия решений требуется алгоритм обработки, который представляет собой разветвленную последовательность логических заключений, выполненных на основании экспертной информации об объекте ранжирования и приводящих к выводу о состоянии этого объекта. Целью исследования является разработка модели ранжирования берегозащитных сооружений, с учетом неполноты исходной информации.

Для решения задачи ранжирования, исходя из имеющихся в наличии исходных данных, пользуются различными методами:

- последовательного рассмотрения альтернатив по отдельным критериям (лексикографический метод, метод перестановок, метод последовательного сокращения и др.);
- прямого оценивания альтернатив с использованием заранее заданных оценивающих функций;
- теории полезности, требующими продолжительного диалога с лицом, принимающим решение, и «подчинения» последнего известной аксиоматике;
- оценки достижимости целей.

Большинство из перечисленных выше методов приспособлены для решения задач выбора альтернатив при четкой информации. Но небольшая модификация делает их применимыми и в условиях нечеткости.

Ниже представим общую постановку задачи ранжирования сложных технoприродных систем с помощью лексикографического метода.

Пусть заданы или вычислены нечеткие оценки

$$G_{il} = \left\{ < \mu_{1G_{il}} / x_1 >, < \mu_{2G_{il}} / x_2 >, \ldots, < \mu_{kG_{il}} / x_k > \right\}$$

множества альтернатив (технoприродных систем) $A = \{a_l\}, l = \overline{1, L}$ и множества критериев (параметров) $X = \{x_i\}, i = \overline{1, n}$. Необходимо расположить сравниваемые альтернативы в порядке убывания оценки качества по заданным критериям. Будем считать, что критерии упорядочены по важности, например, X_1 важнее X_2, X_2 важнее X_3 и т. д.

Суть метода заключается в выделении сначала множества альтернатив с наилучшей оценкой по наиболее важному критерию. Если такая альтернатива одна, то она считается лучшей. Если их несколько, то из подмножества альтернатив, выделенного на предыдущем шаге, выделяются те альтернативы, которые имеют лучшую оценку по следующему критерию в ряду упорядочения их по важности и т. д.

Применение метода при нечеткой исходной информации сводится к следующим действиям:

1. Критерии упорядочить по важности: $X_1, X_2, ..., X_n$.

2. С согласия лица, принимающего решения, назначить уровень $\alpha \in [0,1]$, для которого определяется множество лучших альтернатив в соответствии с шагами 3.1-3.3:

3.1. Определить нижнюю (l) и верхнюю (u) границы α-уровневых подмножеств для оценки альтернатив по рассматриваемому критерию [3]:

$$l(G_{il}) = \inf_{\mu_{G_{il}}(x) \geq \alpha} x, \quad u(G_{il}) = \sup_{\mu_{G_{il}}(x) \geq \alpha} x.$$

3.2. Для каждой пары альтернатив $a, b \in A$ вычислить показатели взаимного превышения критериальных оценок $\zeta_{ab}(a > b)$ и $\zeta_{ba}(b > a)$:

а) если оценки таковы, что $G^{\alpha}{}_{ib} \subseteq G^{\alpha}{}_{ia}$, то

$$\zeta_{ab} = \frac{u(G_{ia}) - u(G_{ib})}{u(G_{ia}) - l(G_{ia})}, \quad \zeta_{ba} = \frac{l(G_{ib}) - l(G_{ia})}{u(G_{ia}) - l(G_{ia})}, \qquad (1)$$

где $a, b \in A$;

б) если оценки пересекаются и $(\exists x_0 \in S_{G_{ia}})\,(\forall y \in S_{G_{ib}})\;\; x_0 > y$, то

$$\zeta_{ab} = 1 - \frac{u(G_{ib}) - l(G_{ia})}{\max\{r(a), r(b)\}}, \quad \zeta_{ba} = 0, \qquad (2)$$

где $r(a) = u(G_{ia}) - l(G_{ia}), \quad r(b) = u(G_{ib}) - l(G_{ib})$;

в) если оценки не пересекаются и $(\forall x \in S_{G_{ia}})\,(\forall y \in S_{G_{ib}}) \quad x > y$, то

$$\zeta_{ab} = 1, \quad \zeta_{ba} = 0. \qquad (3)$$

3.3.Вычислить показатели $\mu_{\pi il}$ принадлежности l-й альтернативы к множеству лучших (Л-множеству) по i-му критерию

$$\mu_{лil} = \sup\left\{0, \left(\max_{\substack{b \in A \\ b \neq l}} \zeta_{lb} - \max_{\substack{b \in A \\ b \neq l}} \zeta_{bl}\right)\right\},$$

где ζ_{lb}, ζ_{bl} вычислены по (1) – (3) для i-го критерия.

4. Если Л-множество по рассматриваемому критерию содержит ровно одну альтернативу с $\mu_{лil} \geq \alpha$, то она считается лучшей. Если Л-множество содержит более чем одну альтернативу с $\mu_{лil} \geq \alpha$, то выбирается следующий по важности критерий и повторяются шаги 3.1–3.3. Если все критерии просмотрены и Л-множество содержит более

одной альтернативы и α<1, то можно увеличить α и перейти к шагу 3. Если $\alpha=1$, то окончательный выбор лучшей альтернативы предоставляется лицу, принимающему решение.

Применение метода при нечеткой исходной информации было использовано для сравнения сложных экологических систем, которыми выступили берегозащитные сооружения. Они сформировали множество альтернатив (техноприродных систем) $A=\{a_l\}, l=\overline{1,L}$.

Каждую альтернативу сравнивали по следующим критериям: X_1 – надежность; X_2 – эффективность; X_3 – сложность проектирования; X_4 – простота эксплуатации.

Для описания параметров оцениваемых техноприродных систем будем использовать лингвистические переменные, а в качестве их значений – экспертные оценки.

1. В соответствии с алгоритмом на первом шаге упорядочим критерии по важности:

$$X_2, X_3, X_1, X_4.$$

2. Назначим уровень α = 0.5, для которого определяется множество лучших альтернатив (Л-множество), на этом этапе оно пустое, т.е. $Л = \emptyset$.

Формализация описания критерия техноприродной системы проведем с помощью лингвистической переменной, т.е. кортежа

$$(\beta, T, U, G, M),$$

где β – название лингвистической переменной;

T –{«низкая», «средняя», «высокая»};

U= [0, 100] – универсальное множество;

G – процедура, формирующая расширенное терм-множество с помощью элементов множества{«не», «очень», «слегка»};

M – процедура, позволяющая превратить каждое новое значение лингвистической переменной, образуемое процедурой G, в нечеткую переменную.

Пусть β_1, β_2, β_3, β_4 – лингвистические переменные с множеством базовых значений (термов) – {низкая, средняя, высокая}. X=[0,100] – базовое множество [6].

3. Для каждой альтернативы проверим критерий«эффективность», т.е. β_1 = «эффективность».

Альтернатива	Экспертная оценка критерия «эффективность»
a_1	Высокая
a_2	Средняя
a_3	Низкая
a_4	Очень низкая

a_1 = «высокая» = $\{< 0.5/80 >, < 0.6/85 >, < 0.9/90 >, < 1/95 >, </100 >\}$;

a_2 =«средняя» = $\{<0.5/35>,<0.7/40>, <0.9/45>,<1/50>,<0.9/55><0.7/60>, <0.5/65>\}$;

a_3 = «низкая» = $\{<1/5>, <0.9/10>, <0.7/15 > , <0.5/20>\}$;

a_4 = «очень низкая» = $\{< 1/5 >, < 0.81/10 >\}$.

3. 1. Определяем степени включения a_2в a_1, a_3в a_1, a_4 в a_1 по формуле Лукасевича [3]:

$$\nu(a_1,a_2)=\&(\mu_{a_2}(x) \to \mu_{a_1}(x))$$

где $\mu_{a_2}(x) \to \mu_{a_1}(x)$ = 1& (1- $\mu_{a_2}(x)$ + $\mu_{a_1}(x)$).

а)$\nu(a_2,a_1)$ = (0.5 → 0) & (0.7 → 0) & (0.9 → 0) & (1 → 0) &(0.9 → 0) &(0.7 → 0) & (0.5 → 0) &(0 → 0.5) &(0 → 0.6) & (0 → 0.9) &(0 → 1) & (0 → 1) = (1 & (1-0.5+0)) & (1 & (1-0.7+0)) & (1 & (1-0.9+0)) & (1 & (1-1+0)) & (1 & (1-0.9+0)) & (1 & (1-0.7+0)) & (1 & (1-0.5+0)) & (1 & (1-0+0.5)) & (1 & (1-0+0.6)) & (1 & (1-0+0.9)) & (1 & (1-0+1)) &(1 & (1-0+1))= 0.5 & 0.3 & 0.1 & 0 & 0.1 & 0.3 & 0.5 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 = 0.

Так как $\nu(a_2,a_1)$ = 0, следовательно a_2 и a_1 не пересекаются.

$\xi_{a_1a_2} = 1, \xi_{a_2a_1} = 0$.

б)$\nu(a_3,a_1)$ = (1 → 0) & (0.9 → 0) & (0.7 → 0) & (0.5 → 0) & (0 → 0.5) & (0 → 0.6) & (0 → 0.9) &(0 → 1) & (0 → 1) = (1 & (1-1+0)) & (1 & (1-0.9+0)) & (1 & (1-0.7+0)) & (1 & (1-0.5+0)) & (1 & (1-0+0.5)) & (1 & (1-0+0.6)) & (1 & (1-0+0.9)) & (1 & (1-0+1)) &(1 & (1-0+1))= 0 & 0.1 & 0.3 & 0.5 & 1 & 1 & 1 & 1 &1 &1 = 0.

Так как $\nu(a_3,a_1)$ = 0, следовательно a_3 и a_1 не пересекаются.

$\xi_{a_1a_3} = 1, \xi_{a_3a_1} = 0$.

в)$\nu(a_4,a_1)$ = (1 → 0) & (0.81 → 0) & (0 → 0.5) & (0 → 0.6) & (0 → 0.9) &
(0 → 1) &(0 → 1) = (1 & (1-1+0)) & (1 & (1-0.81+0)) & (1-0+0.5)) & (1 & (1-0+0.6)) & (1 & (1-0+0.9)) & (1 & (1-0+1)) &(1 & (1-0+1))= 0 & 0.19 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1=0.

Так как $\nu(a_4,a_1)$ = 0, следовательно, a_4 и a_1 не пересекаются.

$\xi_{a_1a_4} = 1, \xi_{a_4a_1} = 0$.

Вычислим показатель $\mu_{\pi il}$ принадлежности l–й альтернативы к множеству лучших (Л –множеству) по первому критерию:

$$\mu_{Лil} = \sup\left\{0, \left(\max_{a\neq l} \xi_{al} - \max_{a\neq l} \xi_{la}\right)\right\}$$

$$\mu_{Л11} = \sup\{0, (1 - 0)\} = \sup\{0, 1\} = 1.$$

3.2. Определяем степени включения a_3 в a_2, a_4 в a_2.

а)$\nu(a_3,a_2)$ = (1 → 0) & (0.9 → 0) & (0.7 → 0) & (0.5 → 0) & (0 → 0.5) &
(0 → 0.7) & (0 → 0.9) &(0 → 1) & (0 → 0.9) & (0 → 0.7) &(0 → 0.5) =
(1 & (1-1+0)) &(1 & (1-0.9+0)) & (1 & (1-0.7+0)) & (1 & (1-0.5+0)) & (1 & (1-0+0.5)) & (1 & (1-0+0.7)) & (1 & (1-0+0.9)) & (1 & (1-0+1)) & (1 & (1-0+0.9)) & (1 & (1-0+0.7)) & (1 & (1-0+0.5)) = 0 & 0.1 & 0.3 & 0.5 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 = 0.

Так как $\nu(a_3,a_2)$ = 0, следовательно a_3 и a_2 не пересекаются.

$\xi_{a_3a_2} = 1, \xi_{a_2a_3} = 0.$

б) $\nu(a_4,a_2) = (1 \to 0)$ & $(0.81 \to 0)$ & $(0 \to 0.5)$ & $(0 \to 0.7)$ & $(0 \to 0.9)$ & $(0 \to 1)$ & $(0 \to 0.9)$ & $(0 \to 0.7)$ & $(0 \to 0.5)$ = (1 & (1-1+0)) & (1 & (1-0.81+0)) & (1 & (1-0+0.5)) & (1 & (1-0+0.7)) & (1 & (1-0+0.9)) & (1 & (1-0+1)) & (1 & (1-0+0.9)) & (1 & (1-0+0.7)) & (1 & (1-0+0.5))=0 & 0.19 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 = 0.

Так как $\nu(a_4,a_2) = 0$, следовательно, a_4 и a_2 не пересекаются.

$\xi_{a_4a_2} = 1, \xi_{a_2a_4} = 0.$

$\mu_{л12} = \sup\{0, (1 - 0)\} = \sup\{0, 1\} = 1.$

3.3. Определяем степень включения a_4 в a_3.

$\nu(a_4,a_3) = (1 \to 1)$ & $(0.81 \to 0.9)$ & $(0 \to 0.7)$ & $(0 \to 0.5)$ =(1 & (1-1+1)) & (1 & (1-0.81+0.9)) & (1 & (1-0+0.7)) & (1 & (1-0+0.5)) = 1 & 1 & 1 & 1 = 1.

Так как $\nu(a_4,a_3) = 1$, следовательно, a_4 включено в a_3.

Определяем нижнюю *(l)* и верхнюю *(u)* границы α – уровневых подмножеств для оценки альтернатив по рассматриваемому критерию, т.е. эффективности: $l(G_{il}) = \inf\limits_{\mu_{G_{il}(x)\geq\alpha}} x, u(G_{il}) = \sup\limits_{\mu_{G_{il}(x)\geq\alpha}} x.$

$l(G_{a_31}) = 20; u(G_{a_31}) = 5;$

$l(G_{a_41}) = 10; \quad u(G_{a_41}) = 5.$

$\xi_{a_3a_4} = \frac{u(G_{a_31})-u(G_{a_41})}{u(G_{a_31})-l(G_{a_31})} = \frac{5-5}{5-20} = 0; \xi_{a_4a_3} = \frac{l(G_{a_41})-l(G_{a_31})}{u(G_{a_31})-l(G_{a_31})} = \frac{10-20}{5-20} = 0.7$

$\mu_{л13} = \sup\{0, (0 - 0.7)\} = \sup\{0, -0.7\} = 0.$

4. Так как Л-множество содержит две альтернативы с $\mu_{\pi il} \geq \alpha$ *(т.е.* ≥ 0.5*)*, то выбираем следующий по важности критерий и повторяем шаг 3.

Для оставшихся альтернатив проверяем критерий «сложность проектирования».

β_2 = «сложность проектирования».

Альтернатива	Оценка критерия «сложность проектирования»
a_1	Высокая
a_2	Слегка высокая

a_1 = «высокая»={<0.5/80>, <0.6/85>,<0.9/90>,<1/95>,<1/100>};

a_2 =«слегка высокая»={<0.55/75>, <0.71/80>, <0.77/85>,<0.95/90><1/95>,<1/100>}.

Определим степень включения a_2 в a_1.

$\nu(a_2,a_1) = (0.55 \to 0)$ & $(0.71 \to 0.5)$ & $(0.77 \to 0.6)$ & $(0.95 \to 0.9)$ & $(1 \to 1)$ & $(1 \to 1)$ = (1 & (1-0.55+0))& (1 & (1-0.71+0.5)) & (1 & (1-0.77+0.6)) & (1 & (1-0.95+0.9)) & (1 & (1-1+1)) & (1 & (1-1+1)) = 0.45 & 0.79 & 0.83 & 0.95 & 1 & 1 = 0.45.

Так как $\nu(a_2,a_1) = 0.45$, следовательно a_2 и a_1 пересекаются.

$l(G_{a_12}) = 80; u(G_{a_12}) = 100;$

$l(G_{a_2}2)$ = 75; $u(G_{a_2}2)$ = 95.

$\xi_{a_1a_2}$ = 1 -$\frac{u(G_{a_2}2)-l(G_{a_1}2)}{\max\{r(a_1),r(a_2)\}}$= 1 -$\frac{95-80}{20}$ = 1 - $\frac{5}{20}$ = 1 – 0.25 = 0.75

r(a) = $u(G_{a_1}2)$ - $l(G_{a_1}2)$ = 100 - 80 = 20,*r(b)* = $u(G_{a_2}2)$ - $l(G_{a_2}2)$ = 95 - 75 = 20.

$\xi_{a_2a_1}$ = 0.

$\mu_{л21}$ = $\sup\{0, (0.75 - 0)\}$ = $\sup\{0, 0.75\}$ = 0.75.

Также определим степень включения a_1 в a_2, для того чтобы определить лучшую альтернативу.

$\nu(a_1, a_2)$ = (0.5 → 0.71) & (0.6 → 0.77) & (0.9 → 0.95) &(1 → 1) & (1 → 1) = (1 & (1-0.5+0.71))& (1 & (1-0.6+0.77)) & (1 & (1-0.9+0.95)) & (1 & (1-1+1)) & (1 & (1-1+1)) = 1 & 1 & 1 & 1 & 1= 1.

Так как $\nu(a_1, a_2)$ = 1, то отсюда следует, что a_1 включено в a_2.

Определяем нижнюю *(l)* и верхнюю *(u)* границы α – уровневых подмножеств для оценки альтернатив по рассматриваемому критерию.

$l(G_{a_1}2)$ = 80;$u(G_{a_1}2)$ = 100;

$l(G_{a_2}2)$ = 75; $u(G_{a_2}2)$ = 100.

$\xi_{a_2a_1}$ = $\frac{u(G_{a_1}2)-u(G_{a_2}2)}{u(G_{a_1}2)- l(G_{a_1}2)}$ = $\frac{100-100}{100-80}$ = 0;$\xi_{a_1a_2}$ = $\frac{l(G_{a_2}2)-l(G_{a_1}2)}{u(G_{a_1}2)-l(G_{a_1}2)}$ = $\frac{75-80}{100-80}$ = -0.25

$\mu_{л12}$ = $\sup\{0, (0 + 0.25)\}$ = $\sup\{0, 0.25\}$ = 0.25.

Т.к. $\mu_{л21}$ = 0.75 >α, а $\mu_{л12}$ = 0.25 <α, следовательно, альтернатива a_1 считается лучшей и записывается во множество лучших альтернатив *Л*. Выполняем шаг 4, описанного выше алгоритма, со множеством альтернатив $A = A\backslash Л$.

Осуществляя, в соответствии с описанным алгоритмом, последовательный перебор всех альтернатив был получен результат. Предложенные альтернативы были упорядочены следующим образом: a_1, a_2, a_3, a_4.

Описанный алгоритм лег в основу программного модуля, который является составной частью подсистемы блока управления компьютерной системы управления склоновой эрозией [1,2].

Список литературы

1. Апанасова З.В. Построение концептуальной модели оценки экологической стабильности склонов. Инновационное мышление – современный стиль решения проблем экологии и природообустройства: сборник научных статей. – Нальчик: Полиграфсервис и Т, 2010. – 208 с. – С. 144–154.

2. Апанасова З.В. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СКЛОНОВОЙ ЭРОЗИЕЙ // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6; URL: www.science-education.ru/120-15356.
3. Борисов А.Н., Алексеев А.В. и др. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений. – М., 1989.
4. Хаширова Т.Ю. Гибкие подпорные стенки, адаптированные к морфологическим условиям рек / З.Г. Ламердонов, А.Х. Дышеков, Т.Ю. Хаширова // Гидротехническое строительство. – 2004. – № 1. – С.15 -20.
5. Хаширова Т.Ю. Методические основы проектирования берегозащитных сооружений с учетом морфологических условий рек / З.Г. Ламердонов, Т.Ю. Хаширова, А.Х. Дышеков // Мелиорация и водное хозяйство. – 2004. – № 1. – С.26-28.
6. Эдгулова Е.К. Математическая модель задачи оценки и ранжирования экологической системы в условиях неполноты информации // Известия КБГАУ: научно-практический журнал. – 2013. – № 2. – С.143-145.

Рецензенты:

Псху А.В., д.ф.-м.н., зав. отделом Дробного исчисления ФГБНУ «Институт прикладной математики и автоматизации», г. Нальчик;

Анахаев К.Н., д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки КБР, зам. директора по селевой проблематике ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», г. Нальчик.