

В.М. Путвинский, Н.В. Ломаков, А.В. Кириленко (1 курс, каф. УЗЧС), В.А. Грачев, К.В. Габай, А. В. Васильев (3 курс, каф. УЗЧС), В.А. Кулаков, проф., к.т.н.

УПОРЯДОЧЕНИЕ СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЁТКИХ МНОЖЕСТВ

При распределении бюджетных средств на безопасность территорий РФ от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера необходимо ранжировать территории по степени опасности, что является довольно непростой задачей.

Для сравнительной оценки опасности регионов подходят относительные показатели:

- Средний индивидуальный риск q смерти в год от ЧС природного и техногенного характера;
- Ожидаемое сокращение средней статистической продолжительности жизни (ССПЖ) в результате ЧС;
- Доля α_C материального ущерба от ЧС в бюджете соответствующей территории;
- Доля $\alpha_{ПФС}$ потенциально опасной территории, на которой возможно действие ПФ ЧС;
- Доля $\alpha_{ПФм}$ населения региона, проживающего в зонах возможного действия ПФ и др.

Какому показателю отдать предпочтение?

Для этого можно использовать теорию принятия решения, в частности, нечёткое подмножество недоминируемых альтернатив относительных показателей опасности. Математически задача сводится к выделению в заданном множестве X подмножества недоминируемых альтернатив.

Итак, пусть X — обычное (чётко описанное) множество альтернатив, и μ_R — функция принадлежности, т. е. заданное на нём нечёткое отношение предпочтения. Отношением R на множестве X называется подмножество декартова произведения $X \times X$, что означает: указаны все пары элементов $x, y, \in X$ такие, что x и y связаны отношением R . Согласно определения отношение строгого предпочтения $\mu_R^S(x, y)$ для любых альтернатив $x, y, \in X$ есть степень, с которой альтернатива y доминируется альтернативой x . Следовательно, при фиксированном $y \in X$ определённую на X функцию $\mu_R^S(x, y)$ можно рассматривать как функцию принадлежности нечёткого множества "всех" альтернатив x , которые строго доминируются альтернативой y .

Для выбора альтернатив используют функцию $\mu_R^S(x, y)$, определяемую по формуле:

$$\sup_{y \in X} \mu_R^S(x, y) = \sup_{y \in X} [\mu_R(y, x) - \mu_R(x, y)]$$

и функцию нечёткого подмножества недоминируемых альтернатив:

$$\mu_R^{HD}(x) = 1 - \sup_{y \in X} [\mu_R(y, x) - \mu_R(x, y)]$$

Пример 1.

В соответствии с экспертными оценками получена матрица недоминируемых альтернатив относительных показателей опасности в виде:

		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
	x_1	1	0,8	0,6	0,5	0,4
	x_2	0,6	1	0,4	0,6	0,3
	x_3	0,5	0,6	1	0,4	0,5
	x_4	0,4	0,5	0,5	1	0,6
	x_5	0,5	0,6	0,6	0,7	1

$$\mu_R(x_i, x_j) =$$

		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
	x_1	1	0,6	0,5	0,4	0,5
	x_2	0,8	1	0,6	0,5	0,6
	x_3	0,6	0,4	1	0,5	0,6
	x_4	0,5	0,6	0,4	1	0,7
	x_5	0,4	0,3	0,5	0,6	1

$$\mu_R(x_j, x_i) =$$

Решение:

		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
	x_1	0	0	0	0	0,1
	x_2	0,2	0	0,2	0	0,3
	x_3	0,1	0	0	0,1	0,1
	x_4	0,1	0,1	0	0	0,1
	x_5	0	0	0	0	0

$$\mu_R^{SHD} =$$

$$\mu_R^{SHD} = \frac{x_1 \quad x_2 \quad x_3 \quad x_4 \quad x_5}{0,8 \quad 0,9 \quad 0,8 \quad 0,9 \quad 0,7}$$

Для лица, принимающего решение (ЛПР), предлагается выбор альтернатив x_2 и x_4 . Можно продолжить исследование для предпочтения двух альтернатив x_2 и x_4 . Матрица отношений предпочтения будет:

		x_2	x_4
	x_2	1	0,5
	x_4	0,6	1

$$\mu_R(x_i, x_j) =$$

		x_2	x_4
	x_2	1	0,6
	x_4	0,5	1

$$\mu_R(x_j, x_i) =$$

		x_2	x_4
	x_2	0	0,1
	x_4	0	0

$$\mu_R^{SHD} =$$

$$\mu_R^{SHD} = \frac{x_2 \quad x_4}{1 \quad 0,9}$$

т. е. предпочтение отдаётся относительному показателю: сокращение ССПЖ.

Любые ситуации, требующие принятия решения, содержат, как правило, большее количество неопределённостей. Нечётким множеством C в X называется совокупность пар вида $(x, \mu_C(x))$, где $x \in X$, а μ_C — функция $X \rightarrow [0,1]$, называемая функцией принадлежности нечёткому множеству C . Функция принадлежности принимает значения из интервала $[0,1]$.

Решить задачу достижения нечёткой цели — значит достигнуть её и удовлетворить ограничениям, причём в нечёткой постановке следует говорить не просто о достижении цели, а о достижении с той или иной степенью, причём следует учитывать и степень выполнения ограничений. Согласно Р. Беллману и Л. Заде некоторая альтернатива x обеспечивает достижение цели (или соответствует цели) со степенью $\mu_\sigma(x)$ и удовлетворяет ограничениям (или является допустимой) со степенью $\mu_C(x)$. Тогда полагается, что степень принадлежности этой альтернативы решению задачи равна минимальному числу из этих чисел. Таким образом, решением задачи достижения нечёткой цели называется пересечение нечётких множеств цели и ограничений, тогда функция принадлежности решения $\mu_D(x)$ имеет вид:

$$\mu_D(x) = \min\{\mu_\sigma(x), \mu_C(x)\}.$$

При наличии нескольких целей и нескольких ограничений:

$$\mu_D(x) = \min\{\mu_{\sigma_1}(x), \mu_{\sigma_2}(x), \dots, \mu_{\sigma_n}(x), \mu_{C_1}(x), \mu_{C_2}(x), \dots, \mu_{C_m}(x)\}.$$

Если различные цели и ограничения различаются по важности и заданы соответствующие коэффициенты относительной важности целей λ_i и ограничений ν_j , то:

$$\mu_D(x) = \min\{\lambda_1 \mu_{\sigma_1}(x), \dots, \lambda_n \mu_{\sigma_n}(x), \nu_1 \mu_{C_1}(x), \dots, \nu_m \mu_{C_m}(x)\}.$$

Пример 2.

Требуется определить опасность 9 регионов РФ с нечёткой целью ранжирования их по степени опасности на основе экспертных оценок μ_σ и ограничений μ_{C_1} (риск смертности) и μ_{C_2} (сокращение средней продолжительности жизни).

Решение.

Составим таблицу (табл. 1) экспертных оценок риска смерти и сокращения продолжительности жизни (X — множество регионов).

Таблица 1

X	1	2	3	4	5	6	7	8	9
μ_σ	0,2	0,3	0,5	0,7	0,6	0,8	1	0,3	0,4
μ_{C_1}	0,8	0,9	0,7	1	0,7	0,6	0,9	0,7	0,8
μ_{C_2}	0,2	0,9	0,7	0,8	0,6	0,9	0,8	1	0,8

Для определения $\mu_D(x)$ получим таблицу (табл. 2).

Таблица 2

X	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\mu_D(x)$	0,2	0,3	0,5	0,7	0,6	0,6	0,8	0,3	0,4

По степени опасности регионы распределились:

Место	1	2	3, 4	5	6	7, 8	9
Регион	7	4	5, 6	3	9	2, 8	1

При таком решении остаётся неопределённость, для разрешения которой Л. Заде предлагает различные способы. Наиболее распространённый — выбор альтернативы, имеющей максимальную степень принадлежности нечёткому решению

$$\max_{x \in X} \mu_D(x) = \max \min\{\mu_\sigma(x), \mu_C(x)\}.$$

Вывод. Описанный подход с использованием теории нечётких множеств можно рекомендовать при оценке степени опасности территорий страны, регионов и субъектов РФ.