МЕТОДЫ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНОГО ВАРИАНТА СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРТНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Гогиберидзе З.А., Камкамидзе К.Н.
Грузинский технический университет

Резюме

Рассмотрены разные методы выбора рационального варианта средств защиты информации (СЗИ), которые можно свести к трем группам методов: метод главного показателя; метод результирующего показателя; лексикографический метод. Каждый метод имеет свои недостатки и преимущества, но более всего для решения задачи выбора рационального варианта СЗИ подходит лексикографический метод.

Ключевые слова: Лексикографический метод. Метод главного показателя. Результирующий показатель. Аддитивный показатель. Мультипликативный показатель. Максиминный показатель.

1. Введение

Анализ методов решения задачи выборки рационального варианта СЗИ

Принципиальными особенностями решения задачи выбора рационального варианта СЗИ, определяющими метод ее решения являются:

- многокритериальность задачи выбора;
- не только количественное, но и качественное (нечеткое) описание показателей качества СЗИ, задаваемых в виде требований;
- при нечеткой постановке задачи влияние на выбор метода ее решения экспертной информации, определяющей предпочтение того или иного показателя.

Рассмотрим указанные особенности решения задачи более подробно.

Пусть $X \equiv \overline{X} = |x_1,...,x_i,...,x_n|$- вектор оптимизируемых параметров некоторой системы S. Некоторое j-е свойство системы S характеризуется величиной j-го показателя $q_i(\overline{X}); j = \overline{1,m}$. Тогда система в целом характеризуется вектором показателей $\overline{Q} = |q_1,...,q_j,...,g_m|$. Задача многокритериальной оптимизации сводится к тому, чтобы из множества M_s вариантов системы S выбрать такой вариант (систему S_0), который обладает наилучшим значением вектора $\overline{Q}$. При этом предполагается. Что понятие “наилучший вектор $\overline{Q}$” предварительно сформулированно математически, т.е. выбран (обоснован) соответствующий критерий предпочтения (отношение предпочтения).

Анализ литературы [3] показывает, что все многочисленные методы решения многокритериальных задач можно свести к трем группам методов:

- метод главного показателя;
- метод результирующего показателя;
- лексикографический метод (метод последовательных уступок).

Кратко рассмотрим суть этих методов решения многокритериальных задач.

2. Основная часть

Метод главного показателя основан на переводе всех показателей качества, кроме какого-либо однородного, называемого главным, в разряд ограничений типа равенств и неравенств. Присвоим главному показателю номер $q_1(S)$. Тогда задача сводится к однокритериальной задаче выбора системы $S \in M_s$, обладающей минимальным значением показателя $q_1(S)$ при наличии ограничений типа равенств и неравенств, т.е. она имеет вид

$$\min_{S \in M_s} q_1(S) \tag{1}$$

при ограничениях

$$q_j(S) = q_{j0};\ j = 2,\dots,l;$$
$$q_k(S) \le q_{k0};\ k = l+1,\dots,p;$$
$$q_r(S) \ge q_{r0};\ r = p+1,\dots,m; \qquad (2)$$

Методу главного показателя присущи следующие недостатки:

1. В большинстве случаев нет достаточных оснований для того, чтобы считать, что какой-то один и притом вполне определенный показатель качества является главным, а все остальные – второстепенными;
2. Для показателей качества $q_2(S)$, ..., $q_m(S)$, переводимых в разряд ограничений, достаточно трудно установить их допустимые значения.

Метод результирующего показателя качества основан на формировании обобщенного показателя путем интуитивных оценок влияния частных показателей качества q_1, ..., q_m на результирующее качество выполнения системой ее функций. Оценки такого влияния даются группой специалистов – экспертов, имеющих опыт разработки подобных систем.

Наибольшее применение среди результирующих показателей качества получили аддитивный, мультипликативный и минимаксный показатели.

Аддитивный показатель качества представляет собой сумму взвешенных нормированных частных показетелей и имеет вид

$$Q = \sum_{j=1}^{m} \omega_j \overline{q_j}, \qquad (3)$$

где $\overline{q}_j$ - нормированное значение j-го показателя;

ω_j – весовой коэффиициент j-го показателя, имеющий тем большую величину, чем больше он влияет на качество системы; $\sum_{j=1}^{m} \omega_j = 1; \omega_j > 0; j = \overline{1,m}$.

Главным недостатком аддитивного показателя является то, что при его применении может происходить взаимная компенсация частных показателей. Это значит, что уменьшение одного из показателей вплоть до нулевого значения может быть компенсировано возрастанием другого показателя. Для ослабления этого недостатка вводятся специальные ограничения на минимальные значения частных показателей, на их веса и другие приемы [3].

Мультипликативный показатель качества образуется путем перемножения частных показателей с учетом их весовых коэффициентов и имеет вид

$$Q = \prod_{j=1}^{m} \overline{q_j}^{\omega_j}, \qquad (4)$$

где $\overline{q_j}$ и ω_j имеет тот же смысл, что и в аддитивном показателе.

Наиболее существенное отличие мультипликативного показателя от аддитивного заключается в том, что аддитивный показатель базируется на принципе справедливой абсолютной уступки по отдельным показателям, а мультипликативный – на принципе справедливой относительной уступки [7]. Суть последнего заключается в том что справедливым считается такой компромисс, когда суммарный уровень относительного снижения одного или нескольких показателей не превышает суммарного уровня относительного увеличения остальных показателей.

Максиминный показатель. В ряде случаев вид результирующей целевой функции достаточно трудно обосновать или применить. В подобных случаях возможным простым путем решения задачи является применение максиминного показателя. Правило выбора оптимальной системы S_0 в этом случае имеет следующий вид

$$\max_{S \in M_s} \min_{1 \le j \le m} \left\{ \overline{q_1}(S), \dots, \overline{q_j}(S), \dots, \overline{q_m}(S) \right\}, \qquad (5)$$

если весовые коэффициенты частных показателей отсутствуют;

$$\max_{S\in M,\ 1\le j\le m} \min \left\{ \overline{q_1}^{\,\omega_1}(S), \ldots, \overline{q_j}^{\,\omega_j}(S), \ldots, \overline{q_m}^{\,\omega_m}(S) \right\}, \qquad (6)$$

если весовые коэффициенты определены.

Максиминный показатель обеспечивает наилучшее (наибольшее) значение наихудшего (наименьшего) из частных показателей качества.

Лексикографический метод. Предположим, что показатели упорядочены по важности, например, q1 (S)>q2 (S)>...> qm (S).

Суть метода заключается в выделении сначала множества альтернатив с наилучшей оценкой по наиболее важному показателю. Если такая альтернатива единственная, то она считается наилучшей; если их несколько, то из их подмножества выделяются те, которые имееют лучшую оценку по второму показателю и т.д.

Для расширения множества рассматриваемых альтернатив и улучшения качества решения по совокупности показателей может назначаться уступка, в пределах которой альтернативы считаются эквивалентными.

Рассмотрим ряд конкретных методов и примеров решения задачи многокритериальной оптимизаци СЗИ в нечеткой постановке.

Выбор варианта СЗИ по аддитивному критерию. Пусть необходимо упорядочить m вариантов СЗИ a_1, a_2, ..., a_m,оцениваемых по “n” требованиям (критериям) C_1, C_2, ..., C_n. Соответствующую оценку обозначим R_{ij};

$$i = \overline{1,m};\ j = \overline{1,n}.$$

относительная важность каждого требования задается коэффициентом W_j

$$\sum_{j=1}^{n} W_j = 1.$$

В этом случае взвешенная оценка i-го варианта вычисляется по формуле

$$R_i = \sum_{j=1}^{n} W_j \cdot R_{ij} \qquad (7)$$

Пусть оценки вариантов по критериям и коэффициенты относительной важности задаются функциями принадлежности соответственно $\mu_{R_{ij}}(r_{ij})$ и $\mu_{W_j}(\omega_j)$.

Так как в данном случае R_{ij} и W_j являются нечеткими числами, R_i определяется в соответствии с формулой (7) на основе принципа обобщения. Бинарную операцию * (в данном случае это операция сложения или умножения) можно обобщить на случай нечетких чисел (например, X и Y), задаваемых функциями принадлежности $\mu_X(x)$ и $\mu_Y(y)$ соответственно. Результат обобщенной операции * - нечеткое число Z, определяемое функцией принадлежности

$$\mu_Z(z) = \sup_{z=x*y} \min(\mu_X(x), \mu_Y(y)) \qquad (8)$$

Рассмотрим случай вычисления R_i, когда R_{ij} и W_j заданы функциями принадлежности треугольного типа (рис.1).

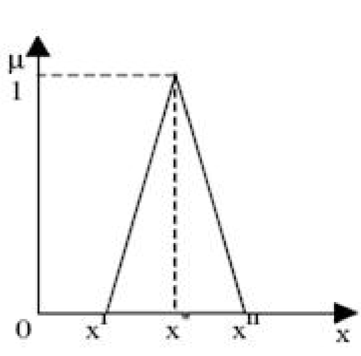

Рис.1. Границы и вершина нечеткого числа

Определим левую x^I и правую x^{II} границы нечеткого числа X, а также его вершину x^*:

$$\forall \delta: \mu(x^I) = 0;\ \mu(x^I - \delta) = 0;\ \mu(x^I + \delta) \neq 0;$$

$$\forall \delta: \mu(x^{II}) = 0;\ \mu(x^{II} - \delta) \neq 0;\ \mu(x^{II} + \delta) = 0;\ \mu(x^*) = 1$$

Доказано [4], что нечеткое число Z = X*Y также определяется функцией принадлежности треугольного вида, а границы и вершины находятся следующим образом:

$$Z^I = X^I * Y^I;\ Z^{II} = X^{II} * Y^{II};\ Z^* = X^* * Y^* \qquad (9)$$

После того, как взвешенные оценки R_i получены, необходимо сравнить варианты на их основе. Для этого вводится нечеткое множество I, заданное на множестве индексов вариантов {1, 2, ..., m}. Значение соответствующей функции принадлежности интерпретируется как характеристика степени того, насколько вариант a_i является лучшим. Значение $\mu_I(i)$ определяется по формуле

$$\mu_I(i) = \sup_{r_1, r_2, \ldots, r_m : r_i \geq r_j} \min_{j=1,n} \mu_{R_j}(r_j) \qquad (10)$$

Рассмотрим пример сравнения двух вариантов по двум заданным требованиям (критериям), имеющим оценки, приведенные в табл. 1.

Критериальные оценки для 2-х альтернатив (вариантов). **Таб.1.**

Критерий	Вариант	
	1	2
1	хорошая	Удовлетворительная
2	Удовлетворительная	хорошая

Первый критерий определен как очень важный, второй - довольно важный. Термы заданы функциями принадлежности, представленными на рис. 2, 3.

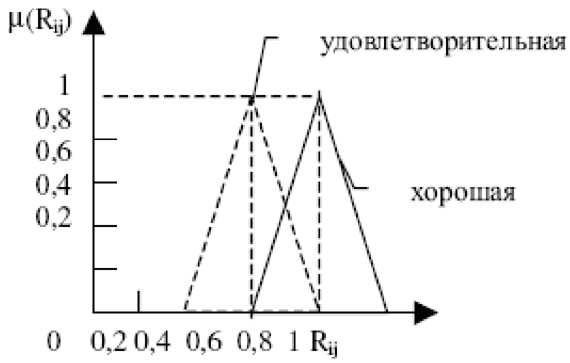

Рис. 2 Функции принадлежности оценок для двух вариантов

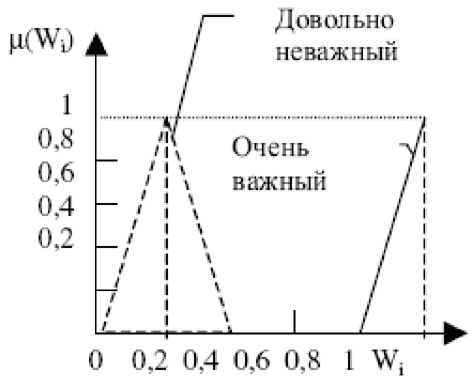

Рис. 3 Функции принадлежностиоценок коэффициентов важности W_1 W_2

На основании (9) получаем:

$$R_1^I = R_{11}^I \cdot W_1^I + R_{12}^I \cdot W_2^I = 0{,}6 \cdot 0{,}8 + 0{,}4 \cdot 0 = 0{,}48$$

$$R_1^{II} = R_{11}^{II} \cdot W_1^{II} + R_{12}^{II} \cdot W_2^{II} = 1{,}0 \cdot 1{,}8 + 0{,}8 \cdot 0{,}4 = 1{,}32$$

$$R_1^* = R_{11}^* \cdot W_1^* + R_{12}^* \cdot W_2^* = 0{,}8 \cdot 1{,}0 + 0{,}6 \cdot 0{,}2 = 0{,}92$$

Аналогично R_2^I =0,32; R_2^{II} =1,2; R_2^* =0,76.

Полученные функции принадлежности изображены на рис. 4. Тогда в соответствии с формулой (10) μ_I (1)=1; μ_I (2)=0,76. Следовательно наилучшим является второй вариант, а степень того, что второй вариант лучше равна 0,76.

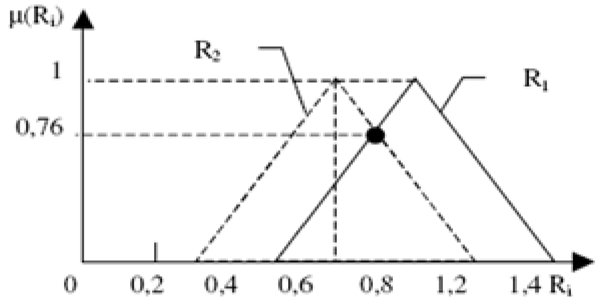

Рис.4 Функции принадлежности взвешенных оценок R_1 и R_2.

Выбор варианта СЗИ лексикографическим методом. Применение этого метода при нечетких показателях качества (требованиях) СЗИ сводится к следующим операциям.

1^0. Упорядочить требования к СЗИ по важности: $C_1 > C_2 > \ldots > C_j > \ldots > C_n;\ j = \overline{1, n}$

2^0. С согласия ЛПР для каждого требования назначается величина допустимой уступки $\Delta\ C_j$ $j = \overline{1, n}$ в пределах которой рассматриваемые варианты СЗИ считаются "практически равноценными".

3^0. Для первого требования C_1 формируется множество "практически равноценных" вариантов, удовлетворяющих условию – множество π_1.

$$\begin{vmatrix} 1-\lambda & 5 & 6 & 7 \\ 1/5 & 1-\lambda & 4 & 6 \\ 1/6 & 1/4 & 1-\lambda & 4 \\ 1/7 & 1/6 & 1/4 & 1-\lambda \end{vmatrix} = \lambda^4 - 4\lambda^3 - 6{,}914\lambda - 2{,}715 = 0$$

4^0. Если π_1 – множество содержит ровно один вариант, то он и считается наилучшим. Если π_1 – множество содержит более одной альтернативы, то переходим к рассмотрению всех вариантов множества π_1 по требованию C_2.

5^0. Для второго требования C_2 формируется π_2- множество вариантов из множества π_1, удовлетворяющих условию

$$\max_{j \in \pi_1} \mu_{C_2}(a_j) - \mu_{C_2}\underset{\substack{k \in \pi_1 \\ k \neq j}}{(a_k)} \leq \Delta C_2$$

6^0. Если π_2- множество содержит ровно один вариант, то он и считается наилучшим; если более одного – рассматриваем эти варианты по требованию C_3 и т.д.

7^0. Если все требования последовательно пересмотрены и в результате получаем π - множество $\pi = \pi_1 \times \pi_2 \times \ldots \times \pi_n$, содержащее более одной альтернативы, то возможно применить два подхода:

- уменшить величину допустимой уступки $\Delta\ C_j$, начиная с первого по важности требования и повторить все шаги решения;
- предоставить ЛПР окончательный выбор лучшего варианта.

В заключение рассмотрим пример выбора варианта лексикографическим методом.

Пусть в результате экспертной оценки получили следующие данные, характеризующие степень соответствия СЗИ заданным требованиям:

$$C_1 = \{0{,}9/a_1; 0{,}9/a_2; 0{,}8/a_3; 0{,}6/a_4; 0{,}7/a_5\}$$
$$C_2 = \{0{,}8/a_1; 0{,}9/a_2; 0{,}7/a_3; 0{,}8/a_4; 0{,}9/a_5\}$$
$$C_3 = \{0{,}5/a_1; 0{,}7/a_2; 0{,}8/a_3; 0{,}9/a_4; 0{,}8/a_5\}$$
$$C_4 = \{0{,}6/a_1; 0{,}7/a_2; 0{,}6/a_3; 0{,}7/a_4; 0{,}4/a_5\}$$

1^0. Требования упорядочены по важности следующим образом: $C_1 > C_2 > C_3 > C_4$

2^0. Зададимся величиной допустимой уступки

$\Delta\ C_i = 0{,}1$ для всех $i = \overline{1{,}4}$.

3^0. Формируем множество π_1 по первому требованию. При максимальном значении $C_1 = 0{,}9$ и $\Delta\ C_1 = 0{,}1$ в это множество входят варианты $\pi_1 = \{a_1, a_2, a_3\}$.

4^0. Из элементов множества π_1 формируем множество π_2 по второму требованию. При $\max\limits_{j \in \pi_1} C_2 = 0{,}9$ и $\Delta C_2 = 0{,}1$ множество $\pi_2 = \{a_1, a_2\}$.

5^0. Из элементов множества $\pi = \pi_1 \times \pi_2$ формируем множество π_3 по третьему требованию. При

$$\max_{j \in \pi_1 \times \pi_2} C_3 = 0{,}7 \quad и \quad \Delta C_3 = 0{,}1$$

это множество содержит один элемент $\pi_3 = a_2$.

Таким образом, наилучшим вариантом является второй вариант СЗИ.

Литература:

1. Поспелов Д.А. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта. -М. :Наука, 1986
2. Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И.П. Принятие решения на основе нечетких моделей: примеры использования; Рига ”Знание”, 1990
3. Гуткин Л.С. Оптимизация радиоэлектронных устройств по совокупности показателей качества; М.; Радио, 1975
4. Анохин А.М., Глотов В.А., Павельев В.В., Черкашин А.М. Методы определения коэффициентов важности критериев “Автоматика и телемеханика”, №8, 1997
5. Подиновский В.В. Лексикографические задачи линейного программирования// журн. вычисл. матем. и мат. физики 1972, Т.12,№6
6. Кини Р.Л. Принятие решений при многих критериях предпочтения и замещения, М; Радио и связь, 1981
7. Брахман Т.Р. Многокритериальность и выбор альтернативы в технике - М; Радио и связь, 1984
8. Роберт Брэгг и др. Безопасность сетей, полное руководство. Москва издательство ЭКОМ Бином Лаборатория знаний, 2006
9. Домарев В.В. Безопасность информационных технологий. Методология создания систем защиты. – К.: ТИД Диа Софт, 2008.

ინფორმაციის დაცვის საშუალებების რაციონალური ვარიანტის შერჩევა ექსპერტული ინფორმაციის საფუძველზე

გოგიბერიძე ზურაბ, კამკამიძე კონსტანტინე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

განხილულია ინფორმაციის დაცვის საშუალებების რაციონალური ვარიანტის შერჩევის რამოდენიმე მეთოდი, რომლებიც შეიძლება დავყოთ შემდეგ ჯგუფებად: მთავარი მაჩვენებლის მეთოდი, რეზულტირებული მაჩვენებლის მეთოდი, ლექსიკოგრაფიული მეთოდი. ყოველ მეთოდს გააჩნია თავისი დადებითი და უარყოფითი მხარეები, მაგრამ ინფორმაციის დაცვის საშუალებების რაციონალური ვარიანტის შერჩევისას უკეთეს შედეგებს იძლევა ლექსიკოგრაფიული მეთოდი.

METHODS FOR SELECTING THE RATIONAL OPTION OF INFORMATION SECURITY ON THE BASIS OF EXPERT INFORMATION

Gogiberidze Z. A. Kamkamidze K.N.
Georgian Technical University

Summary

Different methods of choosing the rational variant of data protection have been discussed. These methods can be divided to three following groups: method of main indicator, method of resultant indicator and lexicographic method. Each of aforementioned methods has some advantages and needless to say some disadvantages, however, the lexicographic method turns out to be the most applicable choice for selecting the rational variant of data protection.

МЕТОДЫ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНОГО ВАРИАНТА СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРТНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Гогиберидзе З.А., Камкамидзе К.Н.
Грузинский технический университет

Резюме

Рассмотрены разные методы выбора рационального варианта средств защиты информации (СЗИ), которые можно свести к трем группам методов: метод главного показателя; метод результирующего показателя; лексикографический метод. Каждый метод имеет свои недостатки и преимущества, но более всего для решения задачи выбора рационального варианта СЗИ подходит лексикографический метод.

Ключевые слова: Лексикографический метод. Метод главного показателя. Результирующий показатель. Аддитивный показатель. Мультипликативный показатель. Максиминный показатель.

1. Введение

Анализ методов решения задачи выборки рационального варианта СЗИ

Принципиальными особенностями решения задачи выбора рационального варианта СЗИ, определяющими метод ее решения являются:

- многокритериальность задачи выбора;
- не только количественное, но и качественное (нечеткое) описание показателей качества СЗИ, задаваемых в виде требований;
- при нечеткой постановке задачи влияние на выбор метода ее решения экспертной информации, определяющей предпочтение того или иного показателя.

Рассмотрим указанные особенности решения задачи более подробно.

Пусть $X \equiv \overline{X} = | x_1,...,x_i,...,x_n |$- вектор оптимизируемых параметров некоторой системы S. Некоторое j-е свойство системы S характеризуется величиной j-го показателя $q_i(\overline{X}); j = \overline{1,m}$. Тогда система в целом характеризуется вектором показателей $\overline{Q} = \left|q_1,...,q_j,...,g_m\right|$. Задача многокритериальной оптимизации сводится к тому, чтобы из множества M_s вариантов системы S выбрать такой вариант (систему S_0), который обладает наилучшим значением вектора $\overline{Q}$. При этом предполагается. Что понятие “наилучший вектор $\overline{Q}$” предварительно сформулированно математически, т.е. выбран (обоснован) соответствующий критерий предпочтения (отношение предпочтения).

Анализ литературы [3] показывает, что все многочисленные методы решения многокритериальных задач можно свести к трем группам методов:

- метод главного показателя;
- метод результирующего показателя;
- лексикографический метод (метод последовательных уступок).

Кратко рассмотрим суть этих методов решения многокритериальных задач.

2. Основная часть

<u>Метод главного показателя</u> основан на переводе всех показателей качества, кроме какого-либо однородного, называемого главным, в разряд ограничений типа равенств и неравенств. Присвоим главному показателю номер $q_1(S)$. Тогда задача сводится к однокритериальной задаче выбора системы $S\in M_s$, обладающей минимальным значением показателя $q_1(S)$ при наличии ограничений типа равенств и неравенств, т.е. она имеет вид

$$\min_{S\in M_s} q_1(S) \qquad (1)$$

при ограничениях

$$q_j(S) = q_{j0};\ j = 2,\ldots,l;$$
$$q_k(S) \le q_{k0};\ k = l+1,\ldots,p;$$
$$q_r(S) \ge q_{r0};\ r = p+1,\ldots,m; \quad (2)$$

Методу главного показателя присущи следующие недостатки:

1. В большинстве случаев нет достаточных оснований для того, чтобы считать, что какой-то один и притом вполне определенный показатель качества является главным, а все остальные – второстепенными;
2. Для показателей качества $q_2(S)$, ..., $q_m(S)$, переводимых в разряд ограничений, достаточно трудно установить их допустимые значения.

Метод результирующего показателя качества основан на формировании обобщенного показателя путем интуитивных оценок влияния частных показателей качества q_1, ..., q_m на результирующее качество выполнения системой ее функций. Оценки такого влияния даются группой специалистов – экспертов, имеющих опыт разработки подобных систем.

Наибольшее применение среди результирующих показателей качества получили аддитивный, мультипликативный и минимаксный показатели.

Аддитивный показатель качества представляет собой сумму взвешенных нормированных частных показетелей и имеет вид

$$Q = \sum_{j=1}^{m} \omega_j \overline{q_j}, \quad (3)$$

где $\overline{q}_j$ - нормированное значение j-го показателя;

ω_j – весовой коэффиициент j-го показателя, имеющий тем большую величину, чем больше он влияет на качество системы; $\sum_{j=1}^{m} \omega_j = 1; \omega_j > 0; j = \overline{1,m}$.

Главным недостатком аддитивного показателя является то, что при его применении может происходить взаимная компенсация частных показателей. Это значит, что уменьшение одного из показателей вплоть до нулевого значения может быть компенсировано возрастанием другого показателя. Для ослабления этого недостатка вводятся специальные ограничения на минимальные значения частных показателей, на их веса и другие приемы [3].

Мультипликативный показатель качества образуется путем перемножения частных показателей с учетом их весовых коэффициентов и имеет вид

$$Q = \prod_{j=1}^{m} \overline{q_j}^{\omega_j}, \quad (4)$$

где $\overline{q_j}$ и ω_j имеет тот же смысл, что и в аддитивном показателе.

Наиболее существенное отличие мультипликативного показателя от аддитивного заключается в том, что аддитивный показатель базируется на принципе справедливой абсолютной уступки по отдельным показателям, а мультипликативный – на принципе справедливой относительной уступки [7]. Суть последнего заключается в том что справедливым считается такой компромисс, когда суммарный уровень относительного снижения одного или нескольких показателей не превышает суммарного уровня относительного увеличения остальных показателей.

Максиминный показатель. В ряде случаев вид результирующей целевой функции достаточно трудно обосновать или применить. В подобных случаях возможным простым путем решения задачи является применение максиминного показателя. Правило выбора оптимальной системы S_0 в этом случае имеет следующий вид

$$\max_{S \in M_s} \min_{1 \le j \le m} \left\{ \overline{q_1}(S), \ldots, \overline{q_j}(S), \ldots, \overline{q_m}(S) \right\}, \quad (5)$$

если весовые коэффициенты частных показателей отсутствуют;

$$\max_{S \in M,\ 1 \le j \le m} \min \left\{ \overline{q_1}^{\omega_1}(S), \ldots, \overline{q_j}^{\omega_j}(S), \ldots, \overline{q_m}^{\omega_m}(S) \right\}, \quad (6)$$

если весовые коэффициенты определены.

Максиминный показатель обеспечивает наилучшее (наибольшее) значение наихудшего (наименьшего) из частных показателей качества.

Лексикографический метод. Предположим, что показатели упорядочены по важности, например, q1 (S)>q2 (S)>...> qm (S).

Суть метода заключается в выделении сначала множества альтернатив с наилучшей оценкой по наиболее важному показателю. Если такая альтернатива единственная, то она считается наилучшей; если их несколько, то из их подмножества выделяются те, которые имееют лучшую оценку по второму показателю и т.д.

Для расширения множества рассматриваемых альтернатив и улучшения качества решения по совокупности показателей может назначаться уступка, в пределах которой альтернативы считаются эквивалентными.

Рассмотрим ряд конкретных методов и примеров решения задачи многокритериальной оптимизаци СЗИ в нечеткой постановке.

Выбор варианта СЗИ по аддитивному критерию. Пусть необходимо упорядочить m вариантов СЗИ $a_1, a_2, \ldots, a_m$,оцениваемых по “n” требованиям (критериям) $C_1, C_2, \ldots, C_n$. Соответствующую оценку обозначим R_{ij};

$$i = \overline{1,m};\ j = \overline{1,n}.$$

относительная важность каждого требования задается коэффициентом W_j

$$\sum_{j=1}^{n} W_j = 1.$$

В этом случае взвешенная оценка i-го варианта вычисляется по формуле

$$R_i = \sum_{j=1}^{n} W_j \cdot R_{ij} \quad (7)$$

Пусть оценки вариантов по критериям и коэффициенты относительной важности задаются функциями принадлежности соответственно $\mu_{R_{ij}}(r_{ij})$ и $\mu_{W_j}(\omega_j)$.

Так как в данном случае R_{ij} и W_j являются нечеткими числами, R_i определяется в соответствии с формулой (7) на основе принципа обобщения. Бинарную операцию * (в данном случае это операция сложения или умножения) можно обобщить на случай нечетких чисел (например, X и Y), задаваемых функциями принадлежности $\mu_X(x)$ и $\mu_Y(y)$ соответственно. Результат обобщенной операции * - нечеткое число Z, определяемое функцией принадлежности

$$\mu_Z(z) = \sup_{z = x * y} \min(\mu_X(x), \mu_Y(y)) \quad (8)$$

Рассмотрим случай вычисления R_i, когда R_{ij} и W_j заданы функциями принадлежности треугольного типа (рис.1).

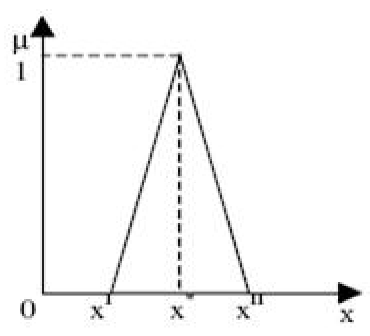

Рис.1. Границы и вершина нечеткого числа

Определим левую x^I и правую x^{II} границы нечеткого числа X, а также его вершину x^*:

$$\forall \delta: \mu(x^I) = 0; \mu(x^I - \delta) = 0; \mu(x^I + \delta) \ne 0;$$

$$\forall \delta: \mu(x^{II}) = 0; \mu(x^{II} - \delta) \ne 0; \mu(x^{II} + \delta) = 0; \mu(x^*) = 1$$

Доказано [4], что нечеткое число Z = X*Y также определяется функцией принадлежности треугольного вида, а границы и вершины находятся следующим образом:

$$Z^I = X^I * Y^I;\ Z^{II} = X^{II} * Y^{II};\ Z^* = X^* * Y^* \quad (9)$$

После того, как взвешенные оценки R_i получены, необходимо сравнить варианты на их основе. Для этого вводится нечеткое множество I, заданное на множестве индексов вариантов {1, 2, ..., m}. Значение соответствующей функции принадлежности интерпретируется как характеристика степени того, насколько вариант a_i является лучшим. Значение $\mu_I(i)$ определяется по формуле

$$\mu_I(i) = \sup_{r_1, r_2, \ldots, r_m : r_i \geq r_j} \min_{j=1,m} \mu_{R_j}(r_j) \qquad (10)$$

Рассмотрим пример сравнения двух вариантов по двум заданным требованиям (критериям), имеющим оценки, приведенные в табл. 1.

Критериальные оценки для 2-х альтернатив (вариантов). **Таб.1.**

Критерий	Вариант	
	1	2
1	хорошая	Удовлетворительная
2	Удовлетворительная	хорошая

Первый критерий определен как очень важный, второй - довольно важный. Термы заданы функциями принадлежности, представленными на рис. 2, 3.

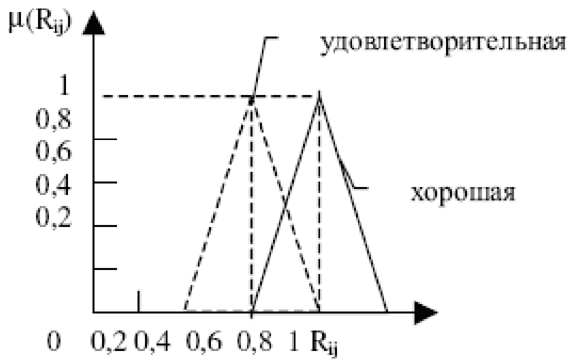

Рис. 2 Функции принадлежности оценок для двух вариантов

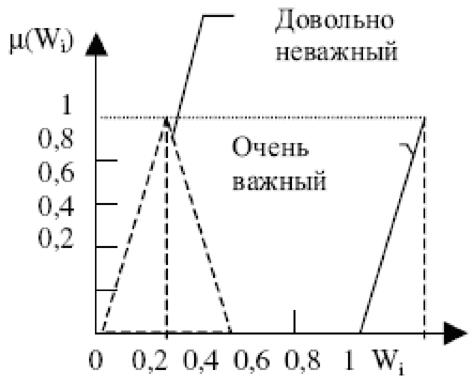

Рис. 3 Функции принадлежностиоценок коэффициентов важности W_1 W_2

На основании (9) получаем:

$$R_1^I = R_{11}^I \cdot W_1^I + R_{12}^I \cdot W_2^I = 0{,}6 \cdot 0{,}8 + 0{,}4 \cdot 0 = 0{,}48$$

$$R_1^{II} = R_{11}^{II} \cdot W_1^{II} + R_{12}^{II} \cdot W_2^{II} = 1{,}0 \cdot 1{,}8 + 0{,}8 \cdot 0{,}4 = 1{,}32$$

$$R_1^* = R_{11}^* \cdot W_1^* + R_{12}^* \cdot W_2^* = 0{,}8 \cdot 1{,}0 + 0{,}6 \cdot 0{,}2 = 0{,}92$$

Аналогично R_2^I =0,32; R_2^{II} =1,2; R_2^* =0,76.

Полученные функции принадлежности изображены на рис. 4. Тогда в соответствии с формулой (10) μ_I (1)=1; μ_I (2)=0,76. Следовательно наилучшим является второй вариант, а степень того, что второй вариант лучше равна 0,76.

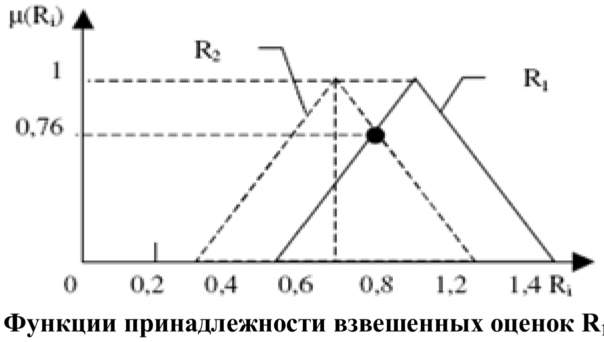

Рис.4 Функции принадлежности взвешенных оценок R_1 и R_2.

Выбор варианта СЗИ лексикографическим методом. Применение этого метода при нечетких показателях качества (требованиях) СЗИ сводится к следующим операциям.

1^0. Упорядочить требования к СЗИ по важности: $C_1 > C_2 > ... > C_j > ... > C_n ; j = \overline{1,n}$

2^0. С согласия ЛПР для каждого требования назначается величина допустимой уступки Δ C_j $j = \overline{1,n}$ в пределах которой рассматриваемые варианты СЗИ считаются "практически равноценными".

3^0. Для первого требования C_1 формируется множество "практически равноценных" вариантов, удовлетворяющих условию – множество π_1.

$$\begin{vmatrix} 1-\lambda & 5 & 6 & 7 \\ 1/5 & 1-\lambda & 4 & 6 \\ 1/6 & 1/4 & 1-\lambda & 4 \\ 1/7 & 1/6 & 1/4 & 1-\lambda \end{vmatrix} = \lambda^4 - 4\lambda^3 - 6{,}914\lambda - 2{,}715 = 0$$

4^0. Если π_1 – множество содержит ровно один вариант, то он и считается наилучшим. Если π_1 – множество содержит более одной альтернативы, то переходим к рассмотрению всех вариантов множества π_1 по требованию C_2.

5^0. Для второго требования C_2 формируется π_2- множество вариантов из множества π_1, удовлетворяющих условию

$$\max_{j \in \pi_1} \mu_{C_2}(a_j) - \mu_{C_2}(a_k) \le \Delta C_2$$
$$k \in \pi_1, \; k \ne j$$

6^0. Если π_2- множество содержит ровно один вариант, то он и считается наилучшим; если более одного – рассматриваем эти варианты по требованию C_3 и т.д.

7^0. Если все требования последовательно пересмотрены и в результате получаем π - множество $\pi = \pi_1 \times \pi_2 \times ... \times \pi_n$, содержащее более одной альтернативы, то возможно применить два подхода:

- уменшить величину допустимой уступки Δ C_j, начиная с первого по важности требования и повторить все шаги решения;
- предоставить ЛПР окончательный выбор лучшего варианта.

В заключение рассмотрим пример выбора варианта лексикографическим методом.

Пусть в результате экспертной оценки получили следующие данные, характеризующие степень соответствия СЗИ заданным требованиям:

$$C_1 = \{0{,}9/a_1; 0{,}9/a_2; 0{,}8/a_3; 0{,}6/a_4; 0{,}7/a_5\}$$
$$C_2 = \{0{,}8/a_1; 0{,}9/a_2; 0{,}7/a_3; 0{,}8/a_4; 0{,}9/a_5\}$$
$$C_3 = \{0{,}5/a_1; 0{,}7/a_2; 0{,}8/a_3; 0{,}9/a_4; 0{,}8/a_5\}$$
$$C_4 = \{0{,}6/a_1; 0{,}7/a_2; 0{,}6/a_3; 0{,}7/a_4; 0{,}4/a_5\}$$

1^0. Требования упорядочены по важности следующим образом: $C_1 > C_2 > C_3 > C_4$

2^0. Зададимся величиной допустимой уступки

Δ C_i = 0,1 для всех $i = \overline{1,4}$.

3^0. Формируем множество π_1 по первому требованию. При максимальном значении C_1 = 0,9 и Δ C_1 = 0,1 в это множество входят варианты $\pi_1 = \{a_1, a_2, a_3\}$.

4^0. Из элементов множества π_1 формируем множество π_2 по второму требованию. При $\max\limits_{j \in \pi_1} C_2 = 0{,}9$ и $\Delta C_2 = 0{,}1$ множество $\pi_2 = \{a_1, a_2\}$.

5^0. Из элементов множества $\pi = \pi_1 \times \pi_2$ формируем множество π_3 по третьему требованию. При

$$\max_{j \in \pi_1 \times \pi_2} C_3 = 0{,}7 \quad и \quad \Delta C_3 = 0{,}1$$

это множество содержит один элемент $\pi_3 = a_2$.

Таким образом, наилучшим вариантом является второй вариант СЗИ.

Литература:

1. Поспелов Д.А. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта. -М. :Наука, 1986
2. Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И.П. Принятие решения на основе нечетких моделей: примеры использования; Рига ”Знание”, 1990
3. Гуткин Л.С. Оптимизация радиоэлектронных устройств по совокупности показателей качества; М.; Радио, 1975
4. Анохин А.М., Глотов В.А., Павельев В.В., Черкашин А.М. Методы определения коэффициентов важности критериев “Автоматика и телемеханика”, №8, 1997
5. Подиновский В.В. Лексикографические задачи линейного программирования// журн. вычисл. матем. и мат. физики 1972, Т.12,№6
6. Кини Р.Л. Принятие решений при многих критериях предпочтения и замещения, М; Радио и связь, 1981
7. Брахман Т.Р. Многокритериальность и выбор альтернативы в технике - М; Радио и связь, 1984
8. Роберт Брэгг и др. Безопасность сетей, полное руководство. Москва издательство ЭКОМ Бином Лаборатория знаний, 2006
9. Домарев В.В. Безопасность информационных технологий. Методология создания систем защиты. – К.: ТИД Диа Софт, 2008.

ინფორმაციის დაცვის საშუალებების რაციონალური ვარიანტის შერჩევა ექსპერტული ინფორმაციის საფუძველზე

გოგიბერიძე ზურაბ, კამკამიძე კონსტანტინე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

განხილულია ინფორმაციის დაცვის საშუალებების რაციონალური ვარიანტის შერჩევის რამოდენიმე მეთოდი, რომლებიც შეიძლება დავყოთ შემდეგ ჯგუფებად: მთავარი მაჩვენებლის მეთოდი, რეზულტირებული მაჩვენებლის მეთოდი, ლექსიკოგრაფიული მეთოდი. ყოველ მეთოდს გააჩნია თავისი დადებითი და უარყოფითი მხარეები, მაგრამ ინფორმაციის დაცვის საშუალებების რაციონალური ვარიანტის შერჩევისას უკეთეს შედეგებს იძლევა ლექსიკოგრაფიული მეთოდი.

METHODS FOR SELECTING THE RATIONAL OPTION OF INFORMATION SECURITY ON THE BASIS OF EXPERT INFORMATION

Gogiberidze Z. A. Kamkamidze K.N.
Georgian Technical University

Summary

Different methods of choosing the rational variant of data protection have been discussed. These methods can be divided to three following groups: method of main indicator, method of resultant indicator and lexicographic method. Each of aforementioned methods has some advantages and needless to say some disadvantages, however, the lexicographic method turns out to be the most applicable choice for selecting the rational variant of data protection.