

Попов В.М., Ромін А.В., Фесенко Г.В.

**Особливості формування дозового навантаження населення радіоактивно забруднених територій за рахунок споживання молочної продукції**

Наведені результати прогнозування вмісту цезію-137 в молоці корів, для годування яких використовуються сільськогосподарські культури, що вирощувались на радіоактивно забруднених ґрунтах з різним вмістом обмінного калію

**Ключові слова:** коефіцієнт переходу радіонуклідів, допустимий рівень вмісту радіонуклідів, добовий раціон

Popov V.M., Romin A.V., Fesenko G.V.

**Peculiarities of radiation exposure of the population of radioactively contaminated areas due to consumption of dairy products**

Results of forecasting of the content of caesium-137 in cows milk for which feeding the agricultural crops which have been grown up on are used are resulted is radioactive the polluted soils with the various content exchange kaliy are given

**Key words:** coefficient of radionuclides, the permissible level of radionuclides, daily ration

**УДК 006.011:658.5**

*Прокопов А.В., д-р физ.-мат. наук, проф., НУГЗУ,  
Щербак С.С., нач. отд., НУГЗУ*

**О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ  
И ОРГАНИЗАЦИЙ МЧС УКРАИНЫ**

(представлено д-ром техн. наук Куценко Л.Н.)

В рамках мероприятий по повышению эффективности национальной системы гражданской защиты рассмотрена модель оценки результатов деятельности предприятий и организаций МЧС Украины, основанная на методе анализа иерархий Т. Саати

**Ключевые слова:** модель, эффективность деятельности, метод анализа иерархий

**Постановка проблемы.** Результативность мероприятий по повышению эффективности национальной системы гражданской защиты зависит от эффективности деятельности отдельных предприятий и организаций, занятых в отрасли. Пути повышения эф-

ефективності являються предметом ціленаправлених научних досліджень, тематика которых отображається в документах [1,2], утверджених Міністерством по вопросам чрезвычайных ситуаций и в делах защиты населения от последствий Чернобыльской катастрофы (МЧС), и содержит такие направления как:

- «удосконалення сил цивільного захисту»;
- «удосконалення системи управління щодо реалізації завдань, покладених на міністерство»;
- «організаційно-управлінські аспекти ефективності діяльності регіональних та місцевих сил цивільного захисту, регіональних та територіальних органів управління цивільного захисту»;
- «розробка методики оцінки діяльності керівного складу оперативно-рятувальних підрозділів служби цивільного захисту».

Для прийняття адекватних управленческих рішень по результатам роботи того или иного подразделения МЧС необходимо адекватно оцінювати ці результати. Такую оцінку цілесообразно виконувати з допомогою спеціальної науково-обоснованної методики, которая бы давала можливість отримувати достовірну кількісну характеристику вказаних результатів діяльності.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз показує [3-5], что задача оцінки ефективності якої либо діяльності в общем случае является многокритеріальною, причем используемые критерии ефективності можуть мати різну природу. С учетом сказаного в основу методики оцінки ефективності цілесообразно покласти підхід, оснований на аналізі ієрархій, запропонований американським математиком Т. Саати [3]. Метод аналізу ієрархій (МАІ) хорошо зарекомендував себе в примененні к різноманітним задачам сравнительного аналізу, оптимального вибору и прийняття рішень при наявності багатьох критерієв різної природи (кількісних, якісних, числових с різною розмірністю и т.д.). Цей метод не тільки дозволяє зробити кількісні висновки стосовно ефективності, но и оцінити достовірність даних висновків. Прикладами успішного використання вказаного методу являються, в частности, методики оцінки ефективності діяльності підприємств Госпотребстандарта України, методики аналізу ефективності применення державних еталонів одиниць фізических величин [4].

---

О примененні метода аналізу ієрархій для оцінки ефективності діяльності підприємств и організацій МЧС України

**Постановка задачи и ее решение.** Настоящая статья посвящена обоснованию возможности применения метода анализа иерархий для оценки эффективности деятельности предприятий и организаций МЧС Украины.

Структуру рассматриваемой задачи в рамках МАИ можно представить [3,4] в виде трех иерархических уровней. Первый (верхний) уровень иерархии соответствует цели поставленной задачи – оценке эффективности деятельности. На втором уровне размещаются критерии, с помощью которых осуществляется эта оценка. На третьем (нижнем) уровне – альтернативы, которые необходимо сравнить, чтобы осуществить оценку.

Анализ показывает, что МАИ позволяет сравнить эффективность деятельности предприятий и организаций МЧС Украины в различной исходной постановке (при использовании различных наборов критериев оценки деятельности). Прежде всего, может быть выполнен сравнительный анализ деятельности всех предприятий и организаций МЧС (один вариант критериев для всех предприятий и организаций). С другим набором критериев может быть выполнен сравнительный анализ деятельности в родственных по выполняемым функциям группах предприятий и организаций, например, в таких группах как: учебные заведения; научные организации (институты, лаборатории, центры); подразделения, обеспечивающие несение службы (пожарные, спасательные части); территориальные органы МЧС; и т.д.

Кроме этого может быть выполнен сравнительный анализ эффективности результатов работы отдельно по каждому предприятию или организации в динамике – для реализации этого варианта итоги работы предприятия в текущем году (периоде) сравниваются с итогами его работы за предыдущий год (период). Расчетный алгоритм для всех вышеуказанных вариантов может быть одинаковым, различными должны быть критерии оценки, используемые в расчетах по каждому из вариантов.

Согласно МАИ для каждого уровня иерархии, кроме высшего, строятся матрицы попарных сравнений элементов, которые являются исходными данными для последующей математической обработки с целью определения эффективности деятельности сравниваемых предприятий и организаций (далее будем использовать термин предприятие, подразумевая, что имеется в виду и организация).

Для матриц каждого уровня устанавливаются векторы локальных приоритетов, которые отображают вклад в оценку отдельных элементов этого уровня. С помощью локальных приоритетов определяются глобальные приоритеты для каждого предприятия (выбранного для сравнения), которые предоставляют возможность осуществить ранжирование этих предприятий с учетом влияния всех избранных критериев эффективности деятельности.

Приведем основные соотношения расчетного алгоритма МАИ, адаптированные к рассматриваемой задаче. При попарном сравнении между собой всех критериев выбранного варианта, в том числе, количественных и качественных, результатам сравнения этих критериев придаются численные значения согласно шкале, которая приведена в таблице 1.

Согласно этой шкале относительная важность  $a_{ij}$  критерия  $i$  в сравнении с критерием  $j$  может быть выражена натуральным числом от 1 до 9 или обратным числом (то есть в порядке уменьшения, от 1 до 1/9). Числа  $a_{ij}$  при этом являются элементами матрицы попарных сравнений критериев

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} \dots a_{1N} \\ \dots\dots\dots \\ a_{N1} \dots a_{NN} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где  $N$  - количество критериев,  $a_{ij}$  - относительная важность критерия  $i$  по отношению к критерию  $j$ . Когда  $i = j$ , то  $a_{ij} = 1$  [6].

С помощью табл.1 строятся также матрицы  $B_k$  попарного сравнения предприятий относительно каждого критерия с номером  $k = 1, 2, \dots, N$ ,  $N$  - количество критериев

$$B_k = \begin{pmatrix} b_{11}^k \dots b_{1M}^k \\ \dots\dots\dots \\ b_{M1}^k \dots b_{MM}^k \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где  $b_{ln}^k$  - результат попарного сравнения 1-го и  $n$ -го предприятия в соответствии с  $k$ -м критерием ( $k=1,2,\dots,N$ ),  $M$  - количество предприятий, которые сравниваются.

**Таблица 1 – Шкала относительной важности**

| Относительная важность              | Определение                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                   | Равная важность                                                                                                                                                                   |
| 3                                   | Умеренное преимущество одного над другим                                                                                                                                          |
| 5                                   | Существенное преимущество                                                                                                                                                         |
| 7                                   | Значительное преимущество                                                                                                                                                         |
| 9                                   | Очень сильное преимущество                                                                                                                                                        |
| 2, 4, 6, 8                          | Промежуточное решение между двумя соседними суждениями                                                                                                                            |
| Обратные величины приведенных чисел | Если при сравнении одного критерия со вторым получено одно из вышеуказанных чисел (например, 3), то для сравнения второго критерия с первым имеем обратную величину (то есть 1/3) |

С использованием матриц результатов попарного сравнения анализ эффективности по любому из упомянутых ранее вариантов проводится таким образом:

а) определяются нормируемые собственные векторы для каждой построенной матрицы попарных сравнений (векторы, которые определяют локальные приоритеты). Компоненты нормируемых собственных векторов локальных приоритетов определяются по формуле

$$A_i^k = \left( \prod_{j=1}^L X_{ij}^k \right)^{1/L} \left( \sum_{i=1}^L \left( \prod_{j=1}^L X_{ij}^k \right)^{1/L} \right)^{-1}, \quad (3)$$

где  $X_{ij}^k = a_{ij}$  для  $k=0$ ;  $L=N$ ;  $i,j=1,2,\dots,N$  (то есть для матрицы (1) попарных сравнений критериев);  $X_{ij}^k = b_{ij}^k$  для  $k=1,2,\dots,N$ ;  $L=M$ ;  $i,j=1,2,\dots,M$  (то есть для матриц (2) попарных сравнений предприятий (организаций)).

Индекс  $k$  (натуральное число) используется для обозначения номера критерия, к которому относится величина с этим индексом. Если же речь идет о сравнении самих критериев, используется  $k = 0$ ;

б) проверяется согласованность локальных приоритетов, то есть проверяется качество исходных данных, которые вошли в матрицы  $A$ ,  $B_k$ . С этой целью определяется отношение согласованности по формуле

$$OS_k = IS_k \cdot (SS)^{-1}, \quad (4)$$

где  $k = 0$  - для матрицы сравнения критериев,  $k = 1, 2, \dots, N$  - для матриц сравнения предприятий относительно каждого критерия;  $IS_k$  - индекс согласованности исходных данных, которые вошли в матрицы  $A$ ,  $B_k$ ;  $SS$  - случайная согласованность, которая определяется согласно табл.2. (где  $L$  - размерность матрицы:  $L = N$  - для матрицы  $A$  и  $L = M$  для матриц  $B_k$ , при этом для  $L \leq 2$   $OS_k = 0$ ) [6].

**Таблица 2 – Численные значения случайной согласованности**

| $L$  | 1 | 2 | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
|------|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $SS$ | 0 | 0 | 0,58 | 0,90 | 1,12 | 1,24 | 1,32 | 1,41 | 1,45 | 1,49 |

Индекс согласованности определяется по формуле

$$IS_k = (\lambda_{\max}^k - L) \cdot (L - 1)^{-1}, \quad (5)$$

где размерность  $L$  матрицы определяется количеством строк или столбцов матриц  $A$ ,  $B_k$  ( $N$  - для  $A$ ,  $M$  - для  $B_k$ );  $\lambda_{\max}^k$  - наибольшее собственное число для соответствующей матрицы ( $A$  или  $B_k$ ), которое вычисляется по формуле

$$\lambda_{\max}^k = \lambda_{\max}^k = \sum_{j=1}^L \sum_{i=1}^L X_{ij}^k \cdot A_i^k, \quad (6)$$

где использованы величины, обозначения которых представлены в ранее приведенных формулах.

Если все определенные по формуле (4)  $OS_k \leq 0,1$ , то исходная информация считается согласованной, и можно переходить к следующему подпункту в). Если некоторые  $OS_k > 0,1$ , то соответствующие исходные данные считаются недопустимо искаженными - в этом случае следует вернуться к пересмотру необходимых исходных данных с внесением дополнительной информации;

в) определяются глобальные (обобщенные) приоритеты для каждого из  $M$  сравниваемых предприятий, которые сравниваются, по формуле

$$G_n = \sum_{i=1}^N A_i^0 A_n^i, \quad n=1,2,\dots,M. \quad (7)$$

где  $A_i^0, A_n^i$  — компоненты нормируемых собственных векторов локальных приоритетов, которые определяются по формуле (3);

г) найденные по формуле (7) глобальные приоритеты для каждого из предприятий (то есть, для  $n=1,2,\dots,M$ ) ранжируются (размещаются в порядке роста величины  $G_n$ ). Полученный порядок является ранжированием сравниваемых предприятий с учетом всех избранных для сравнения критериев. Предприятие, для которого получено максимальное значение  $G_n$ , признается наиболее эффективным.

Приведем пример использования вышеописанной методики для сравнительной оценки эффективности деятельности структурных подразделений Национального университета гражданской защиты Украины (г. Харьков).

Перечень критериев оценки эффективности деятельности подразделений вуза МЧС Украины в общем случае формируется лицом, которое принимает решение, или группой экспертов. Согласно рекомендациям Т.Саати [3], для проведения обоснованного численного сравнения (как для рассматриваемого примера, так и в общем случае) следует сравнивать не более чем  $7 \pm 2$  элемента. Поэтому отдельные, близкие по содержанию, критерии группируются в обобщенные критерии, которых должно быть не более чем 9. Обычно каждый обобщенный критерий может быть определен с использованием отчетной или другой известной информации относительно отдельных частных критериев. Попарные сравнения и все другие этапы МАИ осуществляются уже с обобщенными критериями. Для рассматриваемого примера могут быть использова-

ны, например, обобщенные критерии, которые отвечают определенным группам частных критериев, базирующихся на отчетной информации подразделений вузов МЧС Украины, представляемой в соответствии с требованиями [5]:

- $K_1$  – общие показатели научной активности;
- $K_2$  – экономические показатели научной деятельности;
- $K_3$  – показатели учебно-методической деятельности;
- $K_4$  – показатели международной деятельности;
- $K_5$  – уровень социально-гуманитарной работы;
- $K_6$  – кадровый потенциал;
- $K_7$  – развитие материальной базы.

В соответствии с вышеописанной методикой результаты работы факультета пожарной безопасности НУГЗ Украины за 2008 год сравнивались с результатами его работы в 2009 году. При этом использовались матрица попарных сравнений (1) критериев  $K_1 - K_7$ , и матрицы попарных сравнений (2) результатов деятельности факультета относительно каждого критерия, которые с использованием ежегодных отчетных данных были представлены в виде

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 5 & 2 & 6 & 7 & 2 & 3 \\ 0,2 & 1 & 0,25 & 0,5 & 2 & 0,33 & 2 \\ 0,5 & 4 & 1 & 4 & 6 & 1 & 2 \\ 0,17 & 2 & 0,25 & 1 & 2 & 0,25 & 0,5 \\ 0,14 & 0,5 & 0,17 & 0,5 & 1 & 0,25 & 0,33 \\ 0,5 & 3 & 1 & 4 & 4 & 1 & 1 \\ 0,33 & 0,5 & 0,5 & 2 & 3 & 0,33 & 1 \end{pmatrix},$$

$$B_1 = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 0,5 & 1 \end{pmatrix}, B_2 = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}, B_3 = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 0,5 & 1 \end{pmatrix}, B_4 = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix},$$

$$B_5 = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 0,5 & 1 \end{pmatrix}, B_6 = \begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 0,33 & 1 \end{pmatrix}, B_7 = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 0,5 & 1 \end{pmatrix}.$$

В результате расчетов, выполненных с использованием данных матриц по формулам (3)-(7), получены следующие значения глобальных приоритетов: 0,338 - в 2008 году и 0,662 - в 2009 году. Отсюда следует, что деятельность факультета пожарной безопасности НУГЗ Украины в 2009 году была более эффективной, чем в



2008 году. Данный результат соответствует качественной оценке, данной руководством НУГЗ Украины по результатам работы университета в 2008-2009 годах.

**Выводы.** Обоснован математический алгоритм для количественного анализа результатов деятельности предприятий и организаций МЧС Украины. Тестирование алгоритма выполнено на примере оценки эффективности деятельности отдельных структурных подразделений Национального университета гражданской защиты Украины по обеспечению требуемого уровня подготовки специалистов, необходимых для обеспечения эффективного функционирования национальной системы гражданской защиты.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Концепція наукового забезпечення діяльності Міністерства з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи//Електронний ресурс: [http://www.mns.gov.ua/content/consept\\_nzdm.html](http://www.mns.gov.ua/content/consept_nzdm.html).
2. Перелік рекомендованої тематики дипломних проектів (робіт), дисертаційних досліджень за актуальними напрямками для курсантів, студентів, слухачів, ад`юнктів та здобувачів наукових ступенів сфери МНС України // Електронний ресурс: <http://www.mns.gov.ua/content/education.html>.
3. Саати Т. Аналитическое планирование. Организация систем/ Саати Т., Кернс К. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.
4. Красоха Л.Н. О применении метода анализа иерархий при решении задач сравнительного анализа, оптимального выбора и принятия решений в области метрологии/ Красоха Л.Н., Марков Б.Ф., Оголюк В.П. и др. // Український метрологічний журнал.- 2007.- №3. – С.3-7.
5. Прокопов А.В. О перспективах использования стандартов качества в деятельности ВУЗов МЧС Украины/ Прокопов А.В., Щербак С.С. // Матеріали УШ міжвузівської науково-практичної конференції «Можливості використання методів механіки для розв'язання питань безпеки в умовах надзвичайних ситуацій», 11 грудня 2009 р. Харків: НУГЗУ, 2009.- с. 24-25
6. Наказ МОН УКРАЇНИ від 24.12.2009 р. №1185 Про апробацію системи рейтингового оцінювання діяльності вищих навчаль-

них закладів у 2008/09 навчальному та 2009 календарному роках.

Прокопов А.В., Щербак С.С.

**Щодо застосування метода аналізу ієрархій для оцінки ефективності діяльності структурних підрозділів ВНЗ МНС України**

В рамках системи управління якістю підготовки фахівців, які необхідні для реалізації заходів з підвищення ефективності національної системи цивільного захисту, розглянуто модель оцінки результатів діяльності структурних підрозділів вишів МНС України, засновану на ідеології метода аналізу ієрархій Т. Сааті

**Ключові слова:** модель, ефективність діяльності, метод аналізу ієрархій

Prokopov A.V., Sherbak S.S.

**Application the hierarchies analysis method for estimation the efficiency of activity of structural subdivisions of higher educational institutes of Ministry of Emergencies of Ukraine**

Within the framework of the control quality of expert training necessary for increasing the efficiency of national system of civil defense, the model of estimation the results of activity of structural subdivisions of higher educational institutes of Ministry of emergencies of Ukraine based on ideology of hierarchies analysis method T. Saati is considered

**Key words:** model, efficiency of activity, method of analysis of hierarchies