

УДК 528 .003.1; 528.001.89

## ЧИ СТАНОВИТЬ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНА, ГЕОІНФОРМАЦІЙНА І КАРТОГРАФІЧНА ПРОДУКЦІЯ ЗАГРОЗУ ДЛЯ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ НАВКОЛИШНЬОГО СВІТУ?

О. Нестеренко

Київський національний університет будівництва і архітектури

**Ключові слова:** топографо-геодезична, геоінформаційна, картографічна продукція.

### Вступ

Після вступу України до СОТ перед країною постало завдання поступового переходу від обов'язкової сертифікації до декларування відповідності за вимогами технічних регламентів. Технічні регламенти повинні ґрунтуватися на міжнародних стандартах. Це дасть змогу країнам-членам приймати результати оцінки відповідності на певних умовах. Але рівень захисту має бути науково обґрунтованим і пропорційним до ступеня небезпеки продукції. Сьогодні цифрова топографо-геодезична продукція є основою для прийняття управлінських рішень у багатьох сферах суспільного життя, таких як економіка, медицина тощо. Тому вимоги до якості топографо-геодезичної, геоінформаційної і картографічної продукції значно зросли, оскільки від якості залежить майбутня вартість прийнятого управлінського рішення. Наприклад, якщо для навігатора руху була надана топографічна основа невідповідної якості, то можливими наслідками можуть стати аварії, запізнення і втрата часу на виправлення ситуації, а у нинішніх умовах час – це гроші.

### Постановка проблеми

Необхідно визначити перелік факторів, які впливають на якість топографо-геодезичної продукції, і створити об'єктивну модель для оцінювання рівня небезпеки.

### Виклад основного матеріалу дослідження

Головною ідеєю переходу до технічних регламентів є те, що застосування всіх стандартів добровільне, а всі обов'язкові вимоги до виконання містяться у технічних регламентах. Але якщо в технічному регламенті є посилання на стандарт, тоді його застосування є обов'язковим. Такий перехід – доволі складне завдання. Можна використати досвід країн ЄС в цьому питанні.

Досвід ЄС у сфері оцінки якості передбачає градацію продукції за рівнем ризику (ступенем небезпеки для навколишнього середовища) і відповідними діями з підтвердження якості: *низький* – декларування; *середній* – декларування з боку виробника на основі самоконтролю, впровадження ефективних методів управління та ринкового нагляду; *високий* – окрім вищеперерахованих дій, передбачено сертифікацію продукції та оцінку систем управління якістю. Такий метод реалізовано у відповідному рішенні Європейської комісії стосовно модульного підходу і маркування знаком CE [1].

Для того щоб визначити, яку процедуру оцінки якості застосувати до продукції, необхідно оцінити її ризик. Під час створення моделі для оцінювання ризику топографо-геодезичної, геоінформаційної і картографічної продукції необхідно враховувати, що безпосередньої загрози життєдіяльності людини продукція не становить. Але у неї широкий спектр застосування і якість цифрової топографо-геодезичної, геоінформаційної продукції є дуже важливою, оскільки від неї залежить вартість прийнятих управлінських рішень, а іноді і чиясь життя. Це потрібно враховувати під час визначення загального рівня ризику топографо-геодезичної, геоінформаційної і картографічної продукції для безпеки життєдіяльності людей та охорони довкілля.

Для оцінювання ризику найкраще використовувати експертний метод, оснований на опитуванні кваліфікованих незалежних фахівців з подальшою математичною обробкою отриманих результатів. Процес побудови моделі для оцінювання ризику складатиметься з таких етапів: формування групи експертів; розроблення анкети; опитування; аналіз та обробка одержаних результатів.

У процесі роботи групи експертів було сформовано перелік факторів, які можуть впли-

вати на якість топографо-геодезичної, геоінформаційної і картографічної продукції. До групи факторів ризику увійшли як загальні фактори, так і фактори, що враховують специфіку топографо-геодезичної галузі, а саме:

- 1) рівень досконалості національних стандартів галузі;
- 2) обсяги виробництва;
- 3) складність експлуатації;
- 4) можливість застосування не за призначенням;
- 5) рівень відповідальності за порушення законодавства стосовно випуску продукції;
- 6) рівень застосування законодавства за порушення;
- 7) рівень обізнаності споживачів;
- 8) рівень нагляду за ринком;
- 9) рівень аварійності в галузі;
- 10) рівень порушень у процесі нагляду за виробництвом продукції;
- 11) рівень сертифікації СУЯ та інших систем управління;
- 12) рівень актуальності продукції станом “сьогодні на сьогодні”;
- 13) рівень матеріально-технічного оснащення;
- 14) рівень різниці між проектними і виробничими нормативами;
- 15) рівень створення відповідної інфраструктури;
- 16) рівень швидкості зміни вимог користувачів;
- 17) рівень конкуренції;
- 18) рівень можливостей замовника;
- 19) рівень можливості постійного покращання технологій;
- 20) рівень впливу виконавця на якість робіт;
- 21) рівень впливу поділу робіт на якість кінцевої продукції;
- 22) рівень впливу сезонності робіт;
- 23) рівень впливу порушення ритмічності виконання робіт;
- 24) рівень специфічності робіт.

Спочатку для кожного фактора було встановлено три рівні: низький (Н), середній (С) і високий (В), але у ході роботи перелік був розширений і додані ще рівні – критичний (К), допустимий (Д), прийнятний (П).

Для отримання інтегрованої оцінки ризику потрібно побудувати оптимізаційну модель, яка є функцією ризику від перерахованих факторів. Максимум функції відповідатиме максимальному ризику, мінімум – мінімальному. Найкраще для цього підходить ідея введення метрики у простір цільових функцій [2]. Кожному об'єкту

продукції з певним ступенем ризику відповідає точка у  $K$ -вимірному просторі, де  $K$  – кількість факторів. Простір нормується так, що кожною координатою рух від 0 до 1 відповідає зміні значення параметра від найкращого до найгіршого. У такому разі точка з координатами  $\{1,1,\dots,1\}$  є найгіршою.

Нормування виконується залежно від того, як зміна фактора впливає на результуючу якість. Якщо зміна фактора від  $\min$  до  $\max$  призводить до зниження ризику, використовується формула

$$Y'_{ki} = \frac{Y_{k,\max} - Y_{ki}}{Y_{k,\max} - Y_{k,\min}}, \quad (1)$$

де  $Y_{k,\max}$  – максимальне значення для  $k$ -го фактора,  $Y_{k,\min}$  – мінімальне значення;  $Y_{ki}$  – поточне значення;  $Y'_{ki}$  – нормоване поточне значення.

Якщо зміна фактора від  $\min$  до  $\max$  призводить до збільшення ризику, то нормування виконують за формулою

$$Y'_{ki} = \frac{Y_{k,i} - Y_{k,\max}}{Y_{k,\max} - Y_{k,\min}}. \quad (2)$$

Вибрані рівні ризику оцифровуються відповідно до формул (1) і (2) значення записують у табл. 1.

Таблиця 1

#### Значення факторів ризику

Умовне позначення		Відповідає формулі (1)	Відповідає формулі (2)
Повне	Скорочене		
Низький	Н	0	1
Прийнятний	П	0,3	0,7
Середній	С	0,5	0,5
Допустимий	Д	0,65	0,35
Високий	В	0,85	0,15
Критичний	К	1	0

Розрахунок значення загального ризику виконано із застосуванням формули

$$L_i = \frac{\sqrt{\sum_{j=1}^K \gamma_j Y'_{ji}{}^2}}{n}, \quad (3)$$

де  $L_i$  – відстань від ідеальної точки для  $i$ -го об'єкта;  $K$  – кількість факторів ризику;  $j$  – номер поточного фактора ризику;  $Y'_{ji}$  – нормоване значення  $j$ -го фактора ризику для  $i$ -го об'єкта;  $\gamma_j$  – ваговий коефіцієнт, який застосовується для урахування значущості кожного фактора.

Моделювання виконувалось так: перші п'ять дослідів будувалися за трьома рівнями градації факторів, інші з урахуванням розширеної градації. Під час оцінювання значущості факторів ри-

зику в дослідях за мету ставилось отримання як граничних результатів (мінімального і максимального), так і результатів, що об'єктивніше відображають стан у сфері впливу на якість топографо-геодезичної, геоінформаційної і картографічної продукції, але з намаганням визначити, як зміна значень певних факторів впливає на остаточний результат. Для порівняння спочатку була прийнята умова рівнозначності всіх факторів, потім розроблені вагові коефіцієнти відповідно до значущості факторів. Вагові коефіцієнти визначали під час оцінювання рівнів ризику топографо-геодезичної, геоінформаційної і картографічної продукції методом попарного порівняння. Отримані результати можна проілюструвати за допомогою таблиць. У таблицях пронумеровані всі фактори впливу на якість створюваної топографо-геодезичної, геоінформаційної і картографічної продукції та проставлені номери дослідів. У табл. 2 наведено дані оцінювання рівнів ризику продукції, у табл. 3 – наведено одержані числові результати загального рівня ризику топографо-геодезичної, геоінформаційної і картографічної продукції, що були отримані після надання цифрових значень, відповідно до формул (1) і (2), даним табл. 2. Під час розрахунку загального рівня ризику спочатку була прийнята умова рівнозначності впливу всіх факторів, а потім застосовані вагові коефіцієнти значущості кожного фактора.

Таблиця 2

**Приклад характеристик**

№ дослідів	Фактори, які впливають на загальний ризик продукції топографо-геодезичного виробництва											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Н	В	В	В	В	Н	Н	Н	Н	В	В	В
2	С	С	С	С	С	С	С	С	С	С	С	С
3	В	Н	Н	Н	Н	В	В	В	В	Н	Н	Н
4	С	С	С	Н	Н	Н	С	Н	С	С	С	С
5	С	Н	С	С	С	С	В	С	В	В	Н	В
6	П	Д	В	К	В	Н	П	П	П	К	В	П
7	П	С	Д	С	Д	С	С	Д	Д	П	Н	П
8	К	П	Н	Д	П	Н	Н	В	В	К	П	Д
9	П	С	Д	П	Н	Д	С	В	С	П	Д	С
10	С	П	Д	С	С	Д	В	Д	К	В	Н	П
	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>
1	Н	Н	В	Н	В	Н	Н	В	В	В	В	В
2	С	С	С	С	С	С	С	С	С	С	С	С
3	В	В	Н	В	Н	Н	В	Н	Н	Н	Н	Н
4	С	С	В	Н	В	С	Н	С	В	С	С	В
5	С	Н	В	С	С	В	С	Н	С	В	Н	В
6	П	Д	Н	В	П	Д	Д	К	В	К	Д	В
7	С	Д	С	С	Д	Д	П	Н	С	С	Д	Д
8	Д	К	П	В	П	Н	В	Н	П	Д	Н	Н
9	Д	С	В	Н	К	С	П	Д	В	С	Д	В
10	В	С	К	С	Д	В	С	П	С	К	П	В

Таблиця 3

**Значення загального ризику**

№ дослідів	Без урахування вагового коефіцієнта	З урахуванням вагових коефіцієнтів
1	1	0,75622
2	0,5	0,42022
3	0	0
4	0,62644	0,47015
5	0,565685	0,42822
6	0,96278	0,87427
7	0,30527	0,29502
8	0,185225	0,05277
9	0,85147	0,657244
10	0,55678	0,39422

Проаналізувавши отримані значення, можна зробити висновок, що врахування вагових коефіцієнтів значущості факторів може істотно вплинути на загальний ризик топографо-геодезичної, геоінформаційної і картографічної продукції і трохи покращити навіть найгірший результат. Змодельовані варіанти з найгіршими (1,6,9) і найкращими результатами (3,8) – це крайні випадки, які показують, наскільки відповідальним повинен бути виробник. Інші результати, приблизно середнього рівня, ближчі до реальності. Коливання отриманого результату є наслідком вибору певних факторів, які найбільше впливають на загальний рівень ризику топографо-геодезичної, геоінформаційної і картографічної продукції. Загалом значення рівня ризику топографо-геодезичної, геоінформаційної і картографічної продукції становить приблизно 0,5. Але цей метод не дає змоги дослідити, які саме фактори найбільше впливають на загальний ризик топографічної продукції. Як зміна значень факторів впливає на результуюче значення загального ризику продукції топографо-геодезичного виробництва? Дослідити такий вплив можна, описавши вплив факторів у вигляді нечіткої бази знань. Описати вплив всіх визначених факторів на кінцевий ризик можна, якщо подати цю залежність у вигляді нечіткої бази знань. Нечіткою базою знань (*fuzzy knowledge base*) про вплив факторів  $x = \{ x_1, x_2, \dots, x_n \}$  на значення параметра у називається сукупність логічних висловлень типу:

якщо  $(x_1 = a_1^{j1})$  та  $(x_2 = a_2^{j1})$  та... та  $(x_n = a_n^{j1})$   
 або  $(x_1 = a_1^{j2})$  та  $(x_2 = a_2^{j2})$  та... та  $(x_n = a_n^{j2})$  (4)  
 або .....  
 або  $(x_1 = a_1^{jk1})$  та  $(x_2 = a_2^{jk2})$  та... та  $(x_n = a_n^{jkj})$ .

то  $y = d_j$  для всіх  $j = 1, 2, \dots, m$ , де  $a_i^{jp}$  – нечіткий терм, яким оцінюється змінна  $x_i$  у рядку з номером  $jp$  ( $p = 1, 2, \dots, k_j$ );  $k_j$  – кількість рядків-кон’юнкцій, у яких вихід  $y$  оцінюється нечітким термом  $d_j$ ,  $j = 1, 2, \dots, m$ ;  $m$  – кількість термів, використовуваних для лінгвістичної оцінки вихідного параметра  $y$ .

Під термами розуміють множину можливих значень для змінної  $x_i$ . Для урахування різного ступеня впевненості у правильності використання правил можна застосовувати вагові коефіцієнти. Основними є операції  $\cup$  (АБО) і  $\cap$  (ТА) для запису нечіткої бази знань. Коли факторів впливу багато, доцільно застосувати для опису ієрархічну систему.

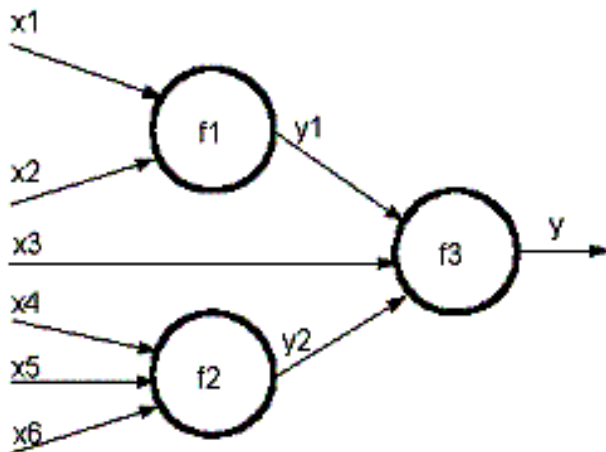


Рис. 1. Загальна ієрархічна система

Всі фактори можна розділити на п’ять груп: правові фактори впливу, соціальні, зовнішні економічні фактори, технічні та внутрішньо-виробничі фактори впливу, позначивши їх як  $Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5$ . Виконавши моделювання загального рівня ризику від впливу п’яти груп факторів, операційній системі легше визначити варіанти, оскільки вибирати і поєднувати потрібно з меншої кількості факторів. Моделювання ієрархічної системи визначення загального ризику топографо-геодезичної, геоінформаційної і картографічної продукції під впливом п’яти груп факторів здійснювалось у програмному середовищі Matlab 6.5, для роботи застосовувався алгоритм Сугено. Нечітке логічне виведення за алгоритмом Сугено (іноді використовують термін алгоритм Такагі–Сугено) виконується за нечіткої бази знань:

$$\bigcup_{p=1}^{k_j} \left( \bigcap_{i=1}^n x_i = a_{i,jp} \text{ з вагою } w_{jp} \right) \rightarrow \quad (5)$$

$$\rightarrow y = b_{j,0} + b_{j,1}x_1 + b_{j,2}x_2 \dots + b_{j,n}x_n \quad j = \overline{1,m}$$

де  $b_{j,i}$  – деякі числа. В алгоритмі Сугено виведено правила  $d_j$ , що задаються лінійною функцією від входів

$$d_j = b_{j,0} + \sum_{i=1,n} b_{j,i}x_i. \quad (6)$$

Правила в базі знань Сугено є свого роду перемикачами з одного лінійного закону “вхід – вихід” на інший, також лінійний. Загальний рівень ризику продукції топографо-геодезичного виробництва повинен бути мінімальним, цього можна досягти, якщо результуючий вплив всіх груп факторів приведе до його зменшення. Після аналізу форм функцій належності в цьому випадку була застосована гауссова функція належності.

Зменшення загального рівня ризику топографо-геодезичної, геоінформаційної і картографічної продукції можна досягнути, якщо максимальний вплив груп  $Y_1, Y_3, Y_4$ , призводить до зменшення загального рівня, а вплив груп  $Y_2$  і  $Y_5$  на загальний рівень ризику картографічної продукції є мінімальним. Сформовані у такий спосіб головні вимоги становлять основну базу знань для моделювання. Під час моделювання наша ієрархічна система набуде вигляду (рис. 2).

Після описання правил розв’язання і задання граничних параметрів для загального ризику було отримано його значення.

Визначений загальний ризик топографо-геодезичної, геоінформаційної і картографічної продукції становить 0,501, що підтверджує отримані середні значення під час попереднього розрахунку. Рухаючи осьові лінії значень по кожній групі, можна визначити, зміна значення якої групи сильніше впливає на зміну загального ризику продукції топографо-геодезичного виробництва.

Вплив груп факторів графічно можна подати у вигляді певної поверхні, вибираючи різні можливості об’єднання груп. Наприклад, поверхня впливу першої і другої груп факторів ризику наведена на рис. 4, а поверхня впливу першої і четвертої груп – на рис. 5.

На рис. 4, 5, на яких зображено поверхню загального ризику топографічної продукції, жовтим кольором показано наближення до граничного значення загального ризику продукції, а блакитно-сині кольори демонструють оптимальні значення рівня впливу окремих груп факторів на результуюче значення ризику продукції.



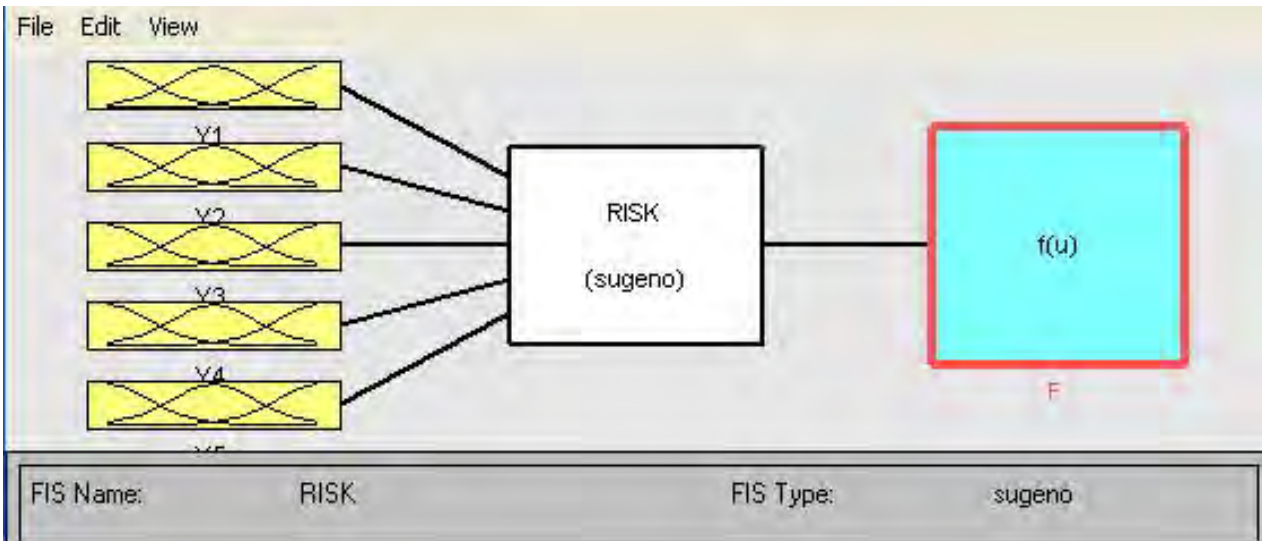


Рис. 2. Ієрархічна система визначення ризику топографо-геодезичної продукції за алгоритмом Сугено

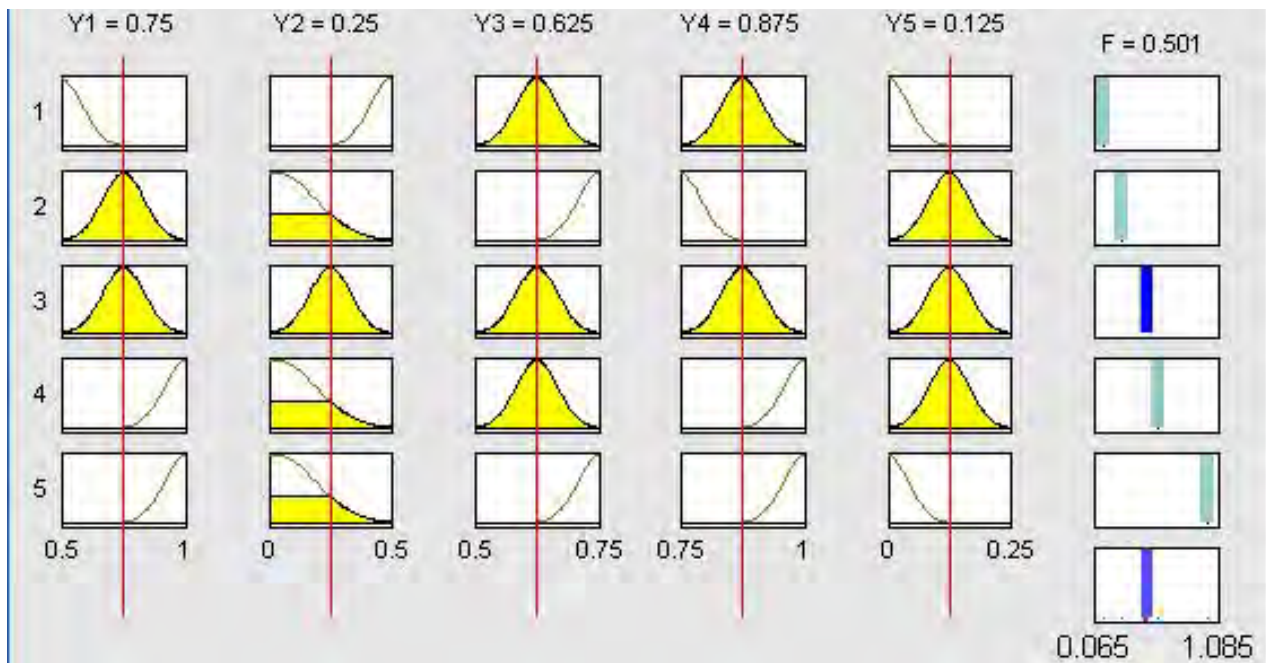


Рис. 3. Результат визначення загального ризику топографо-геодезичної продукції

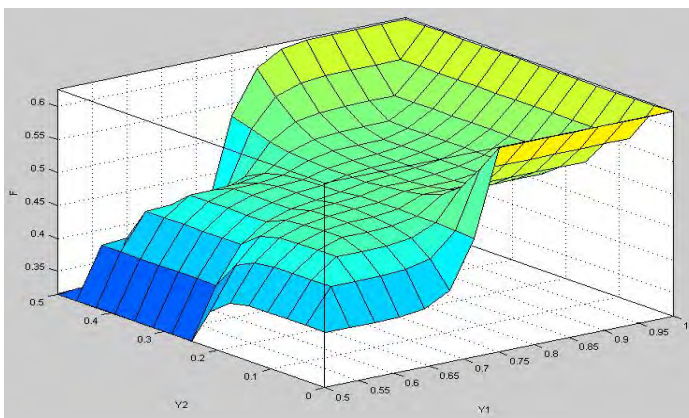


Рис. 4

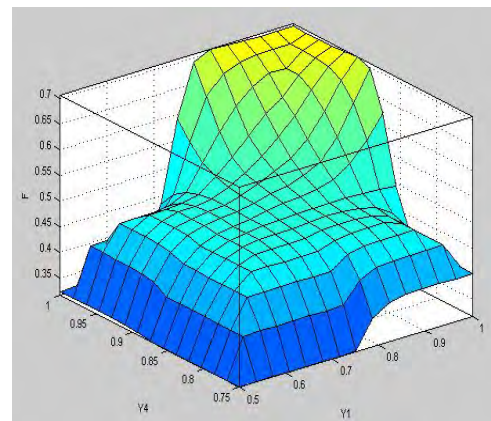


Рис. 5

### Висновок

Отриманий результат рівня загального ризику для цієї продукції належить до середнього рівня і підтверджує попередній, одержаний іншим методом результат. Для підтвердження якості продукції потрібно виконувати декларування на відповідність вимогам технічних регламентів, впроваджувати системи управління якістю, здійснювати належний ринковий нагляд за продукцією. Аудит за можливості не варто пов'язувати з відвідуванням підприємства. Це можна здійснити так: виробник задекларував відповідність встановленим вимогам, отримав сертифікат відповідності для здійснення аудиту, відповідні органи використовують продукцію, що перебуває в обігу. Здійснення такого аудиту забезпечує високу відповідальність виробника, який декларує відповідність встановленим вимогам, оскільки в результаті виявлення невідповідності продукції, яка перевіряється, задекларованим результатам, сертифікат відповідності анулюється і виробника притягають до відповідальності згідно з чинним законодавством. Подібно можна оцінити загальний ризик різних видів продукції топографо-геодезичного виробництва. Найкращим методом для оцінювання рівня ризику буде поєднання експертного методу і засобів нечіткої логіки.

Використання нечіткої логіки в сфері оцінки якості продукції топографо-геодезичного виробництва має великі перспективи, оскільки таке моделювання можна застосовувати не лише для оцінки ризику продукції, але й використовувати в процедурах оцінки якості продукції. Для використання апарату нечіткої логіки для оцінювання якості окремих видів топографо-геодезичної, картографічної і геоінформаційної продукції потрібно визначати показники якості виду продукції, встановлювати відповідні залежності або фіксовані значення результату, якого потрібно досягнути.

### Література

1. Директива Ради 88/378/ЕЕС від 03.05.1988 року про наближення законів держав-членів щодо безпеки іграшок.
2. Лапач С.М., Чубенко А.В., Бабич П.М. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel. – 2 изд., перераб. и доп. – К.: Морион, 2001. – 408 с.

3. Лапач С.М., Чубенко А.В. Применение многокритериальной оптимизации для сравнения препаратов-аналогов // Информационные технологии и программно-аппаратные средства в медицине, биологии и экологии. Материалы семинара. Ч. 3. – К.: Мединформ, 1998. – С. 38–40.

4. Ротштейн А.П., Ракитянская А.Б. Решение задачи диагностики на основе нечетких отношений и генетического алгоритма // Кибернетика и системный анализ. – 2001. – № 6. – С. 162–170.

5. Ротштейн А.П., Штовба С.Д. Идентификация нелинейной зависимости нечеткой базой знаний с нечеткой обучающей выборкой // Кибернетика и системный анализ. – 2006. – № 2. – С. 17–24.

### **Чи становить топографо-геодезична, геоінформаційна і картографічна продукція загрозу для безпеки життєдіяльності навколишнього світу?**

О. Нестеренко

Розглянуто процес створення моделі для оцінки загального рівня небезпеки топографо-геодезичної, геоінформаційної і картографічної продукції.

### **Представляет ли топографо-геодезическая, геоинформационная и картографическая продукция угрозу безопасности жизнедеятельности окружающей среды?**

О. Нестеренко

Рассмотрены основные этапы создания модели для расчета общего уровня влияния топографо-геодезической, геоинформационной и картографической продукции на безопасность жизнедеятельности людей и окружающей среды.

### **How to define, do topography-geodesic, geoinformatsiyna and cartographic products make the threat of safety of vital functions of outward things?**

O. Nesterenko

Basic etapy is considered in the article, at creation of model, for the calculation of general level of influencing of topography-geodesic, geoinformatsionnoy and cartographic products on safety of vital functions of people and environment.