

Скатков О. Прийняття рішень з управління ризиками при оцінюванні стану об'єктів критичного застосування на основі нечітких суджень / Скатков О., Маловик К., Ловягін В. // Вісник ТНТУ. — 2012. — Том 67. — № 3. — С.261-271. — (приладобудування та інформаційно-вимірювальні технології).

УДК 004.67:519.257

О. Скатков¹, докт. техн. наук; К. Маловик², канд. техн. наук;
В. Ловягін¹, аспірант

¹Севастопольський національний технічний університет

²Севастопольський національний університет ядерної енергії та промисловості

ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ З УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ПРИ ОЦІНЮВАННІ СТАНУ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ НА ОСНОВІ НЕЧІТКИХ СУДЖЕНЬ

Резюме. Розглянуто проблему прийняття рішень з управління ризиками при оцінюванні стану об'єктів критичного застосування на основі нечітких суджень. Запропоновано оцінювати стан об'єктів критичного застосування (ОКЗ) на основі непараметричних статистичних критеріїв та перевірки статистичних гіпотез. Проведено низку експериментів, що узагальнюють окремі випадки обліку невизначеності на різних етапах оцінювання стану ОКЗ.

Ключові слова: об'єкт критичного застосування, непараметричні статистичні критерії, керований експеримент, нечіткі судження.

A. Skatkov, C. Malovik, V. Loviahin

DECISION-MAKING IN RISK MANAGEMENT IN ASSESSMENT OF CRITICAL OBJECTS STATE ON THE BASIS OF FUZZY ASSESSMENT

Summary. Providing of reliability of critical facilities is one of the most important tasks of their operation. To solve the synthesis problem reliable systems is necessary to collect and analyze information about the defects and emergencies that arise. It is proposed to solve the task of collecting and analyzing operational data on the critical application objects on the basis of non-parametric statistical tests. Estimation of the critical application objects should be based on the expert judgment. The authors of this paper propose to consider judgments of experts in a fuzzy form. The objective of this paper is to study the possibility of accounting of uncertainty and fuzzy expert judgments at various stages of state estimation of the critical applications objects. The process of monitoring and collecting statistical information on functioning of critical application has the following features: lack of information, complexity of the system construction for total monitoring. Thus, for providing reliability for critical applications objects it is needed to solve several problems, increasing the efficiency of statistical methods for analysis of small samples in particular. The research of the external factors effect strength on the critical objects is based on the accepted or rejected hypotheses H_0 and H_1 . Null hypothesis H_0 deals with the fact that everywhere in the determination field the distribution values function of the output characteristics is statistically negligible. Hypothesis H_1 correctness testifies that the object of critical application has undergone significant external effect. To investigate the effectiveness of statistical criteria for testing hypotheses about homogeneity of statistical material and risk of false decision estimations software and hardware complex was purposed – research workbench. The investigation process is a set of experiments that allow to obtain the risk at different combinations of input parameters estimation. On the basis of experimental results using research workbench, it is possible to build estimations matrix for decision support systems under unknown perturbation effects on the objects of critical application and fuzzy reasoning PMD.

Key words: object of critical application, nonparametric statistical tests, controlled experiment, fuzzy judgements.

Постановка проблеми. Однією з найважливіших проблем функціонування об'єктів критичного застосування, зокрема компонентів АЕС, є забезпечення їх гарантоздатності. Під гарантоздатністю прийнято розуміти дещо розширене поняття надійності, що містить такі складові: безвідмовність, готовність, живучість, функціональна безпека, цілісність, конфіденційність, достовірність, обслуговування.

Для вирішення завдання синтезу гарантоздатних систем необхідно зібрати і проаналізувати інформацію про дефекти та надзвичайні події що виникли.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Задача збору та оперативного аналізу даних про стан об'єктів критичного застосування може проводитися на основі непараметричних статистичних критеріїв. Даний вибір буде обґрунтований в основній частині даної роботи. Оцінювання стану об'єктів критичного застосування в реальних умовах як правило не може бути проведене без суджень експертів. Формулювання експертного оцінювання в детермінованому вигляді практично неможливе. Авторами пропонується враховувати судження експертів у нечіткому вигляді.

Вирішення проблеми обліку невизначеності й розмитості суджень було запропоновано Заде [1]. У даній роботі було введено поняття функції належності, що ставить у відповідність кожному елементу універсальної множини число з інтервалу $[0,1]$, що позначає ступінь належності. Поняття функції належності є узагальненим поняттям характеристичної функції чіткої множини, яка оперує значеннями $\{0,1\}$. Це дозволило основні властивості та операції над нечіткими множинами розглядати як узагальнення відповідних властивостей та операцій класичної теорії множини.

На даний час теорія нечіткої множини застосовується у широкому спектрі напрямків науки і техніки [2, 3], у тому числі:

- побудова нечітких моделей, що використовуються для опису, аналізу і моделювання складних слабоформалізованих систем і процесів;
- побудова нечітких нейронних мереж, які є вдосконаленими класичними нейронними мережами з введеними в них елементами нечіткості;
- системи ідентифікації та діагностики в технічних системах, медицині [4], економіці [5], екології та соціології [6].

Метою роботи є дослідження можливості обліку невизначеності та нечітких суджень експертів на різних етапах оцінювання стану об'єктів критичного застосування.

Постановка завдання. Процес моніторингу та збору статистичної інформації в умовах функціонування об'єктів критичного застосування має такі особливості:

- дефіцит інформації – отримання статистичних даних пов'язано з виникненням надзвичайних ситуацій, катастроф різного масштабу;
- складність побудови систем тотального моніторингу.

Таким чином, для забезпечення гарантоздатності об'єктів критичного застосування необхідно вирішити ряд проблем, у тому числі забезпечити підвищення ефективності статистичних методів аналізу малих вибірок.

Фактичний рівень надійності та безпеки об'єктів критичного застосування і АЕС в умовах експлуатації задається на основі прийняття рішення з управління ризиками при оцінюванні стану цих об'єктів. Оцінювання стану об'єктів критичного застосування в умовах збурювального впливу на них зовнішніх факторів оцінюється на

основі непараметричних критеріїв. Дані методи застосовуються в умовах недостатньої апіорної інформації про вплив зовнішніх факторів на систему, малих обсягів вибірок значень спостережуваних параметрів об'єктів критичного застосування.

Дослідження потужності впливу зовнішніх факторів на об'єкти критичного застосування передбачається здійснювати, ґрунтуючись на прийнятті чи відхиленні гіпотез H_0 і H_1 . Гіпотеза H_0 формулюється так: "Зовнішній вплив на об'єкт критичного застосування не призвів до статистично помітної зміни закону розподілу вихідних характеристик об'єкта критичного застосування". Таким чином, нульова гіпотеза полягає в тому, що всюди в області визначення функція розподілу значень вихідних характеристик статистично не помітна. Конкуруюча гіпотеза H_1 формулюється так: "Зовнішній вплив на об'єкт критичного застосування призвів до того, що функція розподілу вихідних характеристик (F_1) до впливу зовнішніх чинників і функція розподілу вихідних характеристик (F_2) після впливу зовнішніх факторів статистично помітні". Справедливість гіпотези H_1 свідчить про те, що об'єкт критичного застосування зазнав суттєвого впливу зовнішніх факторів. У даному випадку H_0 і H_1 – прості. Використання непараметричних методів перевірки гіпотез дозволяє зменшити вимоги до виду апіорної інформації, зокрема не потребує знання закону розподілу. Остаточне рішення про ступінь неоднорідності двох вибірок слід приймати з урахуванням ОНР, який повинен встановлювати рівень ризику. У багатьох реальних ситуаціях для ОНР неможливо сформулювати подібне судження в термінах детермінованої логіки. Виникає необхідність у нечіткому аналізі стану об'єкта критичного застосування на основі розмитих суджень ОНР.

Для дослідження ефективності статистичних критеріїв перевірки гіпотез про однорідність статистичного матеріалу та оцінювання ризиків помилкових рішень при прийнятті гіпотез розроблено програмно-апаратний комплекс – дослідницький стенд.

Процес дослідження являє собою сукупність експериментів, що дозволяють отримати оцінки ризиків при різних поєднаннях вхідних параметрів.

Програмне забезпечення запропонованого дослідницького стенда містить такі структурні складові:

- підсистема генерування випадкових вибірок з апіорно заданими параметрами, близьких до реальних вибірок параметрів складних систем;
- підсистема управління комплексом;
- підсистема обчислення статистичних критеріїв;
- підсистема логічного висновку про належність обчисленого критерію безлічі значень прийняття гіпотези;
- підсистема визначення статистичних оцінок ризиків прийняття хибних рішень та потужностей критеріїв.

На основі результатів експериментів, що проводяться за допомогою дослідницького стенда, можлива побудова оцінювальних матриць для систем підтримки прийняття рішень в умовах невідомого збурювального впливу на об'єкти критичного застосування та нечітких суджень ОНР. Оцінювальною матрицею називають таблицю, яка містить інформацію про можливі втрати при застосуванні тієї

чи іншої стратегії оцінювання стану об'єктів критичного застосування при невідомій рівновазі збурювального впливу зовнішнього середовища на оцінювані об'єкти.

Постановка задачі дослідження потужності непараметричних статистичних критеріїв в умовах нечітких суджень ОПР. Для побудови оцінювальних матриць можливих втрат при застосуванні тієї чи іншої стратегії оцінювання стану об'єктів критичного застосування залежно від збурювального впливу зовнішнього середовища (далі будемо називати цю матрицю – оцінювальна матриця) необхідно дослідити потужність статистичних критеріїв при аналізі вибірок випадкових величин з апріорно відомим рівнем впливу зовнішнього середовища. Вищеописані дослідження можливо проводити за допомогою запропонованого дослідницького програмного стенда. Поняття потужності статистичного критерію пов'язано з поняттям ймовірності допущення помилок першого ($P(H_1|H_0)$) і другого ($P(H_0|H_1)$) родів. Так як області прийняття гіпотези H_0 і H_1 визначає ОПР, необхідно провести дослідження впливу нечіткості його суджень на розмитість кордонів областей прийняття статистичних гіпотез, а також ймовірності допущення помилок першого і другого роду. Проведемо експериментальні дослідження впливу нечіткості суджень ОПР на межі прийняття статистичних гіпотез.

Теорія множин є потужним математичним апаратом, проте в реальних задачах основна аксіома виключення третього (елемент або належить безлічі, або не належить) не може бути застосовна. Неможливість застосування даної аксіоматики пов'язана з використанням нечітких оцінок вихідних даних ОКП, таких, як «незначне відхилення математичного очікування вибірок», «впевнене розпізнавання ситуацій».

Експеримент № 1. Мета експерименту: визначити здатність критерію Пірсона розпізнавати зсув математичного очікування вибірок випадкових величин на основі нечітких суджень ОПР про допустимі значення відхилення.

Допустимо ОПР приймає судження: «При зміщенні математичного очікування Δm випадкової вибірки на величину більш ніж $0.1(x_{\max} - x_{\min})$ – вибірки розрізняються сильно, при $\Delta m \in (0.05(x_{\max} - x_{\min}); 0.1(x_{\max} - x_{\min})]$ – вибірки розрізняються помірно, при $\Delta m \in (0.02(x_{\max} - x_{\min}); 0.05(x_{\max} - x_{\min})]$ – вибірки розрізняються слабо, при $\Delta m \in (0; 0.02(x_{\max} - x_{\min})]$ – вибірки не помітні». Функція належності μ для даного випадку може бути представлена графічно (рис. 1).

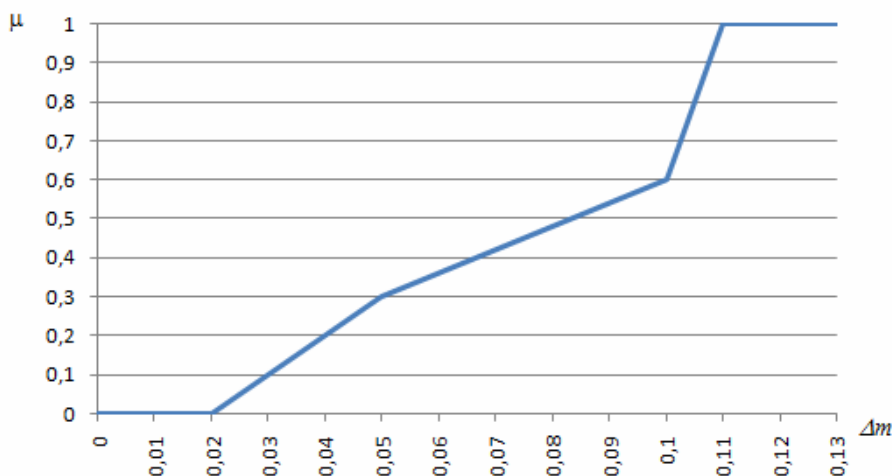


Рисунок 1. Функція належності μ величини відхилення математичного очікування вибірок випадкових величин

Figure 1. Reliability function μ of random samples values expectation deviation

Проведемо експериментальне дослідження залежності величини відхилення розрахункового значення статистичного критерію від табличного значення при нечітких судженнях ОПР. Дане дослідження дозволить визначити області сильні, помірні, слабкі відмінності вибірок.

Задамо такі параметри: випадкові величини розподілені відповідно до нормального закону розподілу параметрів $\sigma^2=0,1$; параметр m зміщується на величину $\Delta m \in [0,0.07]$; число експериментів у кожній серії $N = 50$, крок зміни Δm в кожній серії 0,005.

Результати експериментального дослідження наведено в таблиці 1 і на рис. 2.

Таблиця 1. Значення максимального, мінімального, середнього відхилення розрахункового значення критерію Пірсона від табличного

Δm	0	0,005	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03	0,035
Ximax	-0,126	0,0316	3,0912	0,2738	0,198	0,3938	3,0863	1,4555
Ximin	-3,557	-3,986	-2,913	-3,82	-3,217	-2,329	-2,901	-3,029
Xiavg	-2,007	-1,883	-1,606	-1,412	-1,442	-1,145	-0,857	-0,947
Δm	0,04	0,045	0,05	0,055	0,06	0,065	0,07	0,075
Ximax	1,6888	2,9285	4,6356	4,9662	5,053	3,6966	4,9491	6,5216
Ximin	-3,188	-2,478	-2,275	-2,423	-2,813	-2,163	-1,568	-1,222
Xiavg	-0,68	-0,053	0,2632	0,1496	0,7229	0,606	1,4998	1,5431

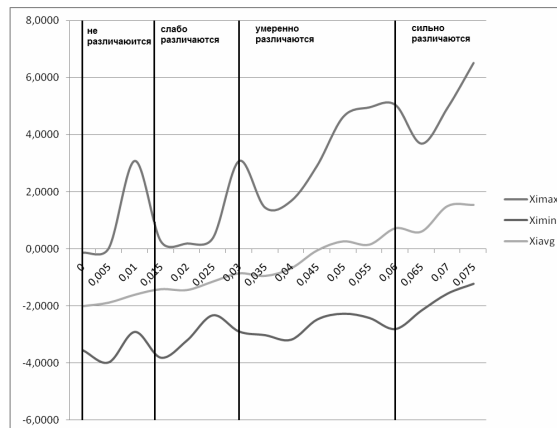


Рисунок 2. Графік залежності відхилення розрахункового значення критерію Пірсона від величини зміщення математичного сподівання, заданого нечіткими інтервалами, відповідними лінгвістичним змінним, котрими оперує ОПР

Figure 2. Graph of deviation of the estimated value of the Pearson criterion from the dislocation of expectation, provided by fuzzy intervals, corresponding linguistic variable by which PMD operates

З проведеного експерименту випливає, що при заданих параметрах критерій Пірсона здатний частково розрізнити помірне зміщення математичного очікування вибірок випадкових величин, і сильне зміщення математичного очікування вибірок випадкових величин. При цьому можливо зробити висновок, що в середньому при відхиленні розрахункового значення критерію Пірсона від табличного на величину не більше 0,6060 вибірки розрізняються помірно, при різниці розрахункового і табличного значення критерію Пірсона більше вищенаведеного числа – вибірки відрізняються суттєво.

Експеримент № 2. Мета експерименту: визначення залежності статистичної ймовірності прийняття гіпотези H_0 ($P(H_0|H_0)$), вираженої за допомогою нечіткої лінгвістичної змінної, заданої ОПР від зміщення математичного очікування вибірок випадкових величин.

Припустимо ОПР приймає судження: «Прийняття гіпотези H_0 з імовірністю:

- понад 0,95 є точним;
- з імовірністю $P(H_0|H_0)=[0.9; 0.95)$ – впевнене прийняття;
- з імовірністю $P(H_0|H_0)=[0.85; 0.9)$ – не досить впевнене прийняття;
- з імовірністю $P(H_0|H_0)=[0.8; 0.85)$ – невпевнене прийняття;
- з імовірністю $P(H_0|H_0)=[0.7; 0.8)$ – вкрай невпевнене прийняття;
- з імовірністю $P(H_0|H_0) < 0.7$ – не прийняття гіпотези H_0 ».

Функція належності μ для даного випадку може бути представлена графічно (рис. 3).

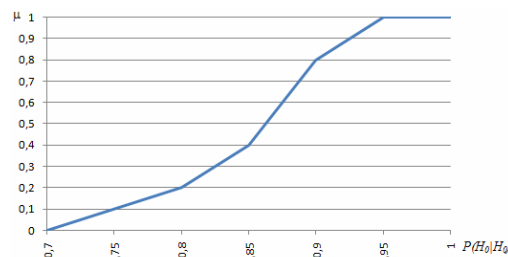


Рисунок 3. Функція належності μ величини статистичної ймовірності $P(H_0|H_0)$
 Figure 3. Membership function μ of statistical probability $P(H_0|H_0)$ value

Проведемо експериментальне дослідження залежності ймовірності прийняття гіпотези H_0 від зміщення математичного очікування вибірок випадкових величин при нечітких судженнях ОПР. Дане дослідження дозволить визначити області зміщення математичного очікування вибірок, в яких прийняття гіпотези H_0 є точним, упевненим, недостатньо впевненим, невпевненим, вкрай невпевненим. Задамо такі параметри: випадкові величини розподілені згідно з нормальним законом розподілу параметрів $\sigma^2=0,1$; параметр m зміщується на величину $\Delta m \in [-0.1, 0.1]$; число експериментів у кожній серії $N=500$, крок зміни Δm в кожній серії $0,005$. Результати експериментального дослідження наведено в таблиці 2 і на рис. 4.

Таблиця 2. Значення статистичної ймовірності $P(H_0|H_0)$ від величини зміщення математичного очікування вибірок випадкових величин

Δm	-0,1	-0,095	-0,09	-0,085	-0,08	-0,075
$P(H_0 H_0)$	0,576	0,582	0,658	0,708	0,784	0,818
Δm	-0,07	-0,065	-0,06	-0,055	-0,05	-0,045
$P(H_0 H_0)$	0,818	0,904	0,904	0,902	0,922	0,91
Δm	-0,04	-0,035	-0,03	-0,025	-0,02	-0,015
$P(H_0 H_0)$	0,946	0,942	0,976	0,964	0,984	0,98
Δm	-0,01	-0,005	0	0,005	0,01	0,015
$P(H_0 H_0)$	0,986	0,99	0,992	0,988	0,982	0,984
Δm	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04	0,045
$P(H_0 H_0)$	0,988	0,97	0,948	0,956	0,944	0,918
Δm	0,05	0,055	0,06	0,065	0,07	0,075
$P(H_0 H_0)$	0,926	0,94	0,884	0,856	0,864	0,858
Δm	0,08	0,085	0,09	0,095	0,1	
$P(H_0 H_0)$	0,846	0,8	0,716	0,732	0,662	

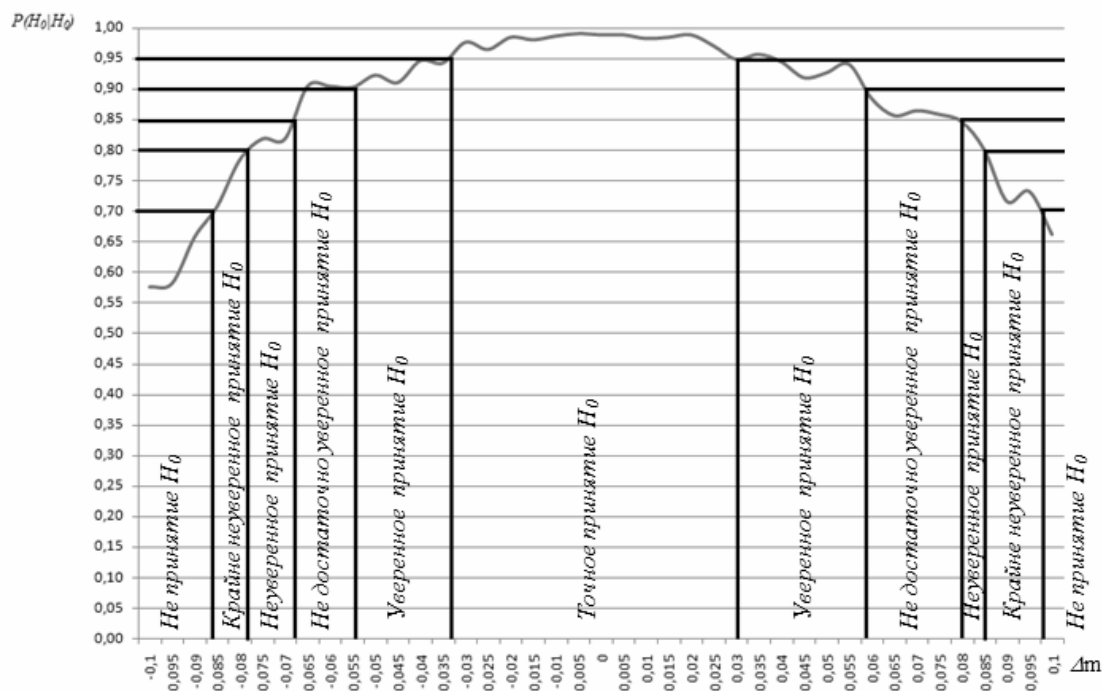


Рисунок 4. Графік залежності ймовірності прийняття гіпотези H_0 вираженою нечіткої лінгвістичної змінної залежно від зсуву математичного очікування вибірок випадкових величин
 Figure 4. Dependence graph of the probability of the hypothesis H_0 acceptance expressed by fuzzy linguistic variable, depending on the shift of the mathematical expectation of samples of random variables

З проведеного експерименту бачимо, що при заданих параметрах критерій Пірсона здатний розрізнити допустиме зміщення математичного відхилення випадкових величин у діапазоні:

- $[-0.085; -0.7]$ та $[0.08; 0.095]$ – невпевнено і вкрай невпевнено;
- $[-0.065; -0.055]$ та $[0.06; 0.08]$ – не досить впевнено;
- $[-0.055; -0.035]$ та $[0.03; 0.06]$ – впевнено;
- $[-0.035; 0.03]$ – точно.

Експеримент №3. Мета експерименту: визначення залежності статистичної ймовірності прийняття гіпотези H_0 ($P(H_0|H_0)$) в умовах нечітко заданого рівня значущості, описаного за допомогою лінгвістичної змінної.

Припустимо ОПР приймає судження: «При перевірці гіпотези H_0 точною перевіркою є порівняння розрахункового значення критерію Пірсона з табличним значенням, відповідному $\alpha=0.99$ ($\chi^2_{\tau}=7.63273$). Упевнена перевірка – порівняння з табличним значенням, відповідним $\alpha=0.975$ ($\chi^2_{\tau}=8.90652$). Недостатньо упевнене прийняття гіпотези – порівняння з табличним значенням, відповідним $\alpha=0.95$ ($\chi^2_{\tau}=10.11701$)».

Функція належності μ для даного випадку може бути представлена графічно (рис. 5).

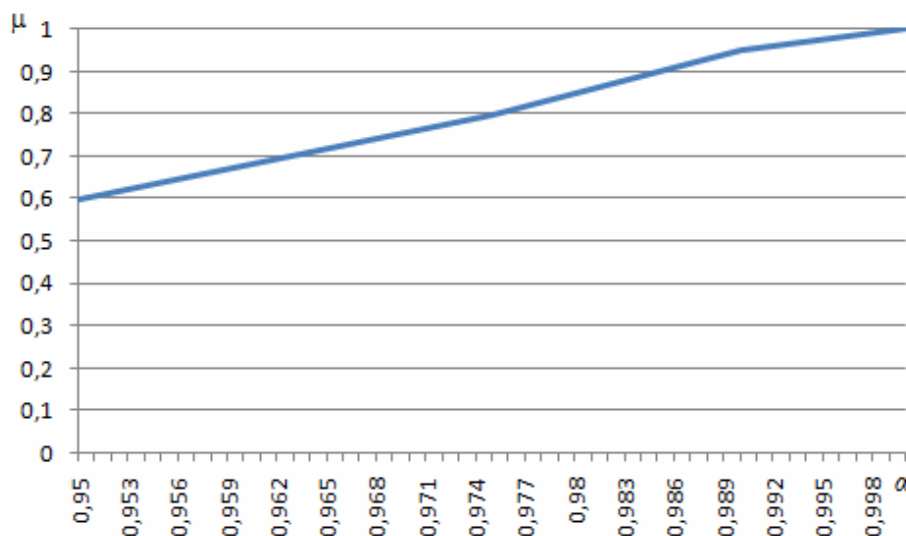


Рисунок 5. Функція належності μ рівня значущості α
 Figure 5. Membership function μ significance level α

Проведемо експериментальне дослідження залежності ймовірності прийняття гіпотези H_0 від зсуву математичного очікування вибірок випадкових величин при нечітких судженнях ОПР. Дане дослідження дозволить визначити області зміщення математичного очікування вибірок, в яких прийняття гіпотези H_0 є точним, упевненим, недостатньо впевненим, невпевненим, вкрай невпевненим.

Задамо такі параметри: випадкові величини розподілені згідно з нормальним законом розподілу параметрів $\sigma^2=0,1$; параметр t зміщується на величину $\Delta t \in [-0.1, 0.1]$; число експериментів у кожній серії $N=500$, крок зміни Δt у кожній серії $0,005$.

Результати експериментальних досліджень наведено в таблиці 3 та на рис. 6.

Таблиця 3. Значення ймовірностей прийняття гіпотези H_0 для нечіткого рівня значущості від зсуву математичного очікування вибірок випадкових величин

Δm	-0,1	-0,095	-0,09	-0,085	-0,08	-0,075
$P(H_0 H_0)$ ($\alpha=0,99$)	0,7740	0,8000	0,7900	0,8000	0,7920	0,8160
$P(H_0 H_0)$ ($\alpha=0,975$)	0,83	0,842	0,844	0,854	0,84	0,868
$P(H_0 H_0)$ ($\alpha=0,95$)	0,87	0,89	0,886	0,884	0,878	0,894
Δm	-0,07	-0,065	-0,06	-0,055	-0,05	-0,045
$P(H_0 H_0)$ ($\alpha=0,99$)	0,8320	0,8560	0,8920	0,9060	0,8900	0,9500
$P(H_0 H_0)$ ($\alpha=0,975$)	0,876	0,904	0,914	0,93	0,92	0,968
$P(H_0 H_0)$ ($\alpha=0,95$)	0,918	0,924	0,934	0,952	0,944	0,982
Δm	-0,04	-0,035	-0,03	-0,025	-0,02	-0,015
$P(H_0 H_0)$ ($\alpha=0,99$)	0,9560	0,9600	0,9780	0,9600	0,9800	0,9760
$P(H_0 H_0)$ ($\alpha=0,975$)	0,978	0,972	0,99	0,97	0,988	0,984
$P(H_0 H_0)$ ($\alpha=0,95$)	0,984	0,976	0,99	0,982	0,988	0,99
Δm	-0,01	-0,005	0	0,005	0,01	0,015
$P(H_0 H_0)$ ($\alpha=0,99$)	0,9900	0,9880	0,9920	0,9980	0,9980	0,9940
$P(H_0 H_0)$ ($\alpha=0,975$)	0,992	0,992	0,996	1	0,998	0,994
$P(H_0 H_0)$ ($\alpha=0,95$)	0,996	0,994	0,996	1	0,998	0,994
Δm	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04	0,045
$P(H_0 H_0)$ ($\alpha=0,99$)	0,9800	0,9580	0,9680	0,9700	0,9360	0,9460
$P(H_0 H_0)$ ($\alpha=0,975$)	0,988	0,976	0,978	0,976	0,954	0,964
$P(H_0 H_0)$ ($\alpha=0,95$)	0,996	0,984	0,986	0,98	0,966	0,972
Δm	0,05	0,055	0,06	0,065	0,07	0,075
$P(H_0 H_0)$ ($\alpha=0,99$)	0,9160	0,9100	0,888	0,878	0,846	0,856
$P(H_0 H_0)$ ($\alpha=0,975$)	0,932	0,93	0,918	0,908	0,882	0,888
$P(H_0 H_0)$ ($\alpha=0,95$)	0,942	0,954	0,94	0,928	0,916	0,914
Δm	0,08	0,085	0,09	0,095	0,1	
$P(H_0 H_0)$ ($\alpha=0,99$)	0,826	0,796	0,788	0,742	0,738	
$P(H_0 H_0)$ ($\alpha=0,975$)	0,858	0,852	0,862	0,8	0,802	
$P(H_0 H_0)$ ($\alpha=0,95$)	0,9	0,88	0,894	0,842	0,84	

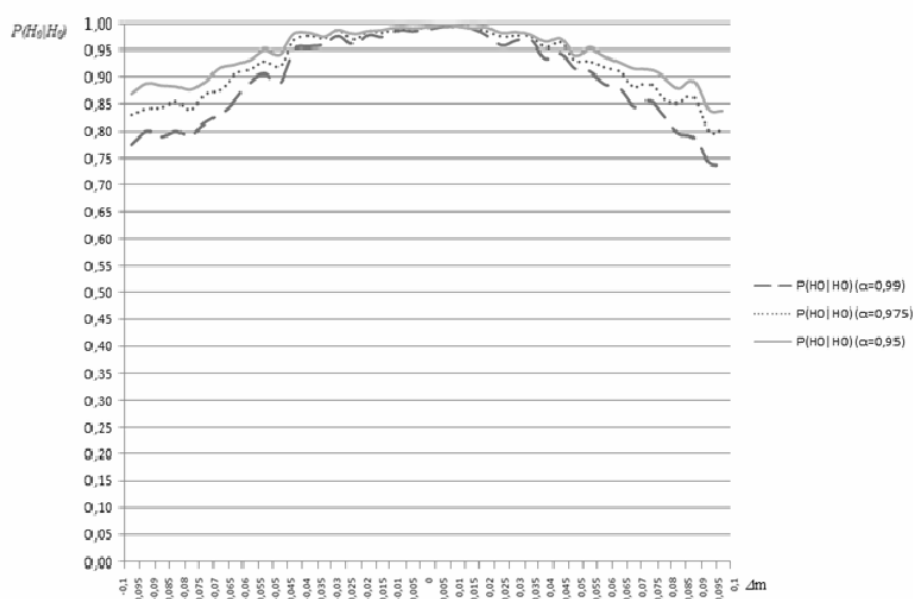


Рисунок 6. Графік залежності ймовірності прийняття гіпотези H_0 для рівня значущості вираженої нечіткої змінної залежно від зсуву математичного очікування вибірок випадкових величин

Figure 6. Dependence graph of the probability of the hypothesis H_0 acceptance for the level of significance expressed fuzzy variable depending on the shift of the mathematical expectation of samples of random variables

З наведених результатів проведених експериментів можна переконатися в тому, що за мінімального відхилення математичного очікування вибірок розмитість ймовірності прийняття гіпотези H_0 мінімальна. Зі збільшенням відхилення математичного очікування збільшується і розмитість величини ймовірності $P(H_0|H_0)$.

Висновки. Проведені дослідження показали, що з урахуванням невизначеності на різних етапах оцінювання ризиків при прийнятті рішень щодо управління процесом розпізнавання ситуацій на основі статистичних непараметричних критеріїв дозволяє в повнішому обсязі враховувати дані, отримані в результаті експертних оцінювань у вигляді лінгвістичних змінних і розмитих суджень.

Облік невизначеності в апіорній інформації і правилах прийняття рішень дозволяє забезпечити системи підтримки прийняття рішень інструментарієм отримання й опрацювання нечітких суджень ОПР.

У роботі дослідження були зведені до п'яти типових випадків відповідним основним областям обліку невизначеності при оцінюванні ризиків розпізнавання ситуацій на основі непараметричних критеріїв.

Автори досліджували потужність і застосовність статистичних непараметричних критеріїв в умовах нечітких суджень ОПР з отриманням нечітких рекомендацій, проте застосовувалася найпростіша лінійна функція належності. В якості подальшого напрямку досліджень пропонується дослідження всіх класів (S, π, γ, L) функцій належності для даного завдання. Так само пропонується піддавати фазифікації непоодинокі судження ОПР, а сукупності суджень ОПР, з нечіткими методами виведення – можливості побудови на цій базі нечіткої бази знань з метою застосування її в процесі аналізу ризиків управління оцінюванням об'єктів критичного застосування.

Conclusions. Carried out studies have shown that taking into account uncertainty at various stages of risk estimation in deciding that the recognition process control situations based on nonparametric statistical criteria allows more fully to take into account the data derived from experts as linguistic variables and fuzzy reasoning.

Accounting for uncertainty in a priori information and rules of decision making allows to provide support system tools for obtaining and processing of fuzzy reasoning PMD.

In this paper the study of typical cases, the relevant main areas of accounting uncertainty in risk recognition of situations based on nonparametric criteria has been done.

The applicability and power of statistical nonparametric test in fuzzy PMD reasoning were studied. Only the simplest linear function was used. As the further research it is suggested to use all classes (S , π , γ , L) membership functions for the task. Not only single PMD judgments, but set of PMD opinions, methods of fuzzy inference capabilities build on this base of fuzzy knowledge base used in the analysis of risk management evaluation of critical applications are proposed.

Список використаної літератури

1. Ловягин, В.С. Программный комплекс для исследования чувствительности непараметрических критериев [Текст] / В.С. Ловягин, К.Н. Маловик, А.В. Скатков // Системы обработки информации. Сборник научных работ. – 2011. – № 5. – С. 79–83.
2. Заде, Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений [Текст] / Л. Заде. – М.: Мир, 1976. – 167 с.
3. Ротштейн, А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети [Текст] / А.П. Ротштейн. – Винница: Универсум-Винница, 1999. – 320 с.
4. Борисов, В.В. Нечеткие модели и сети [Текст] / В.В. Борисов, В.В. Круглов, А.С. Федулов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 284 с.
5. Ротштейн, А.П. Медицинская диагностика на нечеткой логике [Текст] / А.П. Ротштейн. – Винница: Континент-Прим, 1996. – 132 с.
6. Азарова, А.О. Математическая модель финансового риска на базе нечеткой логики [Текст] / А.О. Азарова, С.В. Юхимчук // Управляющие системы и машины. – 1998. – №6. – С. 9–15.
7. Робертс, Ф.С. Дискретные модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам [Текст] / Ф.С. Робертс. – М.: Наука, 1986. – 497 с.

Отримано 25.04.2012