

УДК 004.81

**В.Ю. Тімова**

Хмельницький національний університет, Україна  
Україна, 29016, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 11

## Нечітка нейронна мережа для визначення відповідності результатів тестування програмного забезпечення критичного застосування вимогам

**V.U. Titova**

Khmelnytsky National University, Ukraine  
Ukraine, 29016, t. Khmelnytsky, Istitutska St., 11

## *Fuzzy Neural Network for Determine Whether the Results of the Critical Software Testing to Requirements*

**В.Ю. Тімова**

Хмельницький національний університет, Україна  
Україна, 29016, г. Хмельницький, ул. Институтская, 11

## Нечеткая нейронная сеть для определения соответствия результатов тестирования программного обеспечения критического применения требованиям

У статті розглянуто задачу визначення відповідності результатів тестування програмного забезпечення критичного застосування функційним та нефункційним вимогам за рахунок нечіткої нейронної мережі.

**Ключові слова:** функційні та нефункційні вимоги, програмне забезпечення критичного застосування, нечітка нейронна мережа.

The task of determining whether the result of the critical software testing to functional and non-functional requirements by using fuzzy neural network has been considered in this article.

**Key words:** functional and non-functional requirements, critical software, fuzzy neural network.

В статье рассмотрена задача определения соответствия результатов тестирования программного обеспечения критического применения функциональным и нефункциональным требованиям с помощью нечеткой нейронной сети.

**Ключевые слова:** функциональные и нефункциональные требования, программное обеспечение критического применения, нечеткая нейронная сеть

## Вступ

Однією з важливих та актуальних задач розроблення програмного забезпечення (ПЗ) є підвищення рівня його якості. Вирішення цієї задачі є особливо важливим для ПЗ критичного застосування, використання якого пов'язано з безпекою життєдіяльності.

Якість розробленого ПЗ в першу чергу залежить від якості проведеного тестування, тому, на сьогоднішній день важливою умовою підвищення якості ПЗ критичного застосування є розроблення нормативної бази, що визначає вимоги до якості зазначеного ПЗ, та методи оцінювання реалізації цих вимог.

**Метою даної роботи** є розроблення методу оцінювання відповідності результатів тестування ПЗ його функційним та нефункційним вимогам.

**Характеристика предметної галузі.** Тестування (software testing) – діяльність, виконувана для оцінки і вдосконалення програмного забезпечення. Ця діяльність, у загальному випадку, базується на виявленні дефектів і проблем у програмних системах [1].

Тестування ПЗ складається з динамічної верифікації поведінки програм на скінченному (обмеженому) наборі тестів (set of test cases), обраних відповідним чином із звичай виконуваних дій прикладної області, які забезпечують перевірку відповідності очікуваній поведінці ПЗ [1].

Виконання тестів повинно містити основні принципи ведення наукового експерименту:

- повинні фіксуватися всі роботи і результати процесу тестування;
- форма запису таких робіт та їх результатів повинна бути такою, щоб відповідний зміст їх був зрозумілим;
- тестування має проводитися у відповідності із заданими і документованими процедурами;
- тестування повинне проводитися над ідентифікованою версією і конфігурацією ПЗ.

Для визначення успішності результати тестів повинні оцінюватися та аналізуватися. У більшості випадків, «успішність» тестування має узаві, що тестоване програмне забезпечення функціонує так, як очікувалося, не визначаючи, наскільки саме близько до бажаного результату воно функціонує [1].

**Постановка задачі.** З характеристики предметної галузі можна зробити висновок, що фактично результати, отримані в процесі тестування, зводяться до висновку: пройдені тести (pass) чи не пройдені (fail) [1].

Подібне оцінювання є відносно поверхневим та не дає точного визначення, наскільки розроблене ПЗ відповідає вимогам до нього. А тому, визнане якісним ПЗ може стати джерелом збоїв при зміні конфігурації або умов функціонування.

Розроблення методу визначення рівня відповідності ПЗ критичного застосування функційним та нефункційним вимогам дозволило б у подальшому забезпечити більшу глибину вимірювань, а, відповідно, і підвищити ефективність тестування.

Вхідні дані задачі оцінювання відповідності ПЗ вимогам за результатами тестування не є числовими, тому застосування для її вирішення математичних методів не доцільним.

Формалізація вхідних даних вище зазначеної задачі дозволила б спростити вирішення вищевказаної задачі та, як результат, підвищити якість використовуваного ПЗ.

Для проведення формалізації доцільним є використання методів нечіткого логічного висновку, які дозволяють оперувати замість нечислових значень числовими значеннями їх приналежності до відповідних множин.

Будемо вважати, що кожній вимозі відповідає окремий тест. Для результату виконання кожного з тестів визначимо його належності до двох нечітких множин «виконання» та «невиконання».

В залежності від цілей тестування, тест вважається виконаним, якщо усі або більше половини його запусків на виконання завершилися успішно, тест вважається невиконаним, якщо один, усі або більше половини його запусків на виконання завершилися не успішно [1].

Тому, нечітка множина «виконання» буде складатися з трьох підмножин: «виконаний повністю», «частково не виконаний» та «більш виконаний, ніж не виконаний».

Нечітка множина «невиконання» буде складатися з наступних підмножин «невиконаний повністю», «частково виконаний» та «більше не виконаний, ніж виконаний».

$\mu_j^i$  – ступінь належності тесту до кожної з підмножин множини «виконання»,  $i$  – порядковий номер тесту,  $j$  – номер нечіткої підмножини (1 – «виконаний повністю», 2 – «частково не виконаний», 3 – «більш виконаний, ніж не виконаний»),  $\mu_j^i \in [0,1]$ . Ці ступені визначаються експертним шляхом, за результатами оцінювання результатів тестів розробниками ПЗ.

$\mu_j^i$  – ступінь належності тесту до кожної з підмножин множини «невиконання»,  $i$  – порядковий номер тесту,  $j$  – номер нечіткої підмножини (1 – «невиконаний повністю», 2 – «частково виконаний», 3 – «більш невиконаний, ніж виконаний»),  $\mu_j^i \in [0,1]$ . Ці ступені також визначаються експертним шляхом, за результатами оцінювання результатів тестів розробниками ПЗ.

Для визначення загальної відповідності кожного тесту відповідній вимозі  $\mu^i$  скористаємося правилом різниці нечітких множин [2]:

$$\mu^i = \mu_1^i \wedge (1 - (\mu_2^i \wedge (1 - \mu_3^i))), \mu^i \in [0,1]. \quad (1)$$

Аналогічним чином знайдемо значення загальної невідповідності кожного тесту конкретній вимозі.

$$\mu^i = \mu_1^i \wedge (1 - (\mu_2^i \wedge (1 - \mu_3^i))), \mu^i \in [0,1]. \quad (2)$$

Результати тестування не є взаємозалежними та не можуть компенсувати гірші значення одних тестів кращими значеннями інших. А тому загальну відповідність розробленого ПЗ вимогам  $M$  знайдемо за формулою адитивного критерію та різницею множин відповідності та невідповідності.

$$M = \frac{\mu^1 + \mu^2 + \dots + \mu^N}{N} \wedge \left( 1 - \frac{\mu^1 + \mu^2 + \dots + \mu^N}{N} \right). \quad (3)$$

Запропонований метод дозволяє визначити відповідність розробленого ПЗ критичного застосування функційним та нефункційним вимогам, враховуючи, наскільки саме вдало або невдало реалізована та чи інша вимога, проте йому притаманний ряд суттєвих недоліків.

По-перше, при його застосуванні можуть ігноруватися важливі, але поодинокі факти, що не вписуються в запропоновані формули.

По-друге, математичний апарат надає лише наближені розрахунки відповідності, оскільки не враховує нелінійні залежності між вхідними даними задачі оцінювання відповідності результатів тестування ПЗ критичного застосування вимогам та її вихідним результатом.

Тому, для підвищення якості оцінювання відповідності результатів тестування ПЗ критичного застосування вимогам доцільно буде на основі наведеного методу побудувати нечітку нейронну мережу для вирішення зазначеної задачі.

**Структура нечіткої нейромережі для оцінювання відповідності ПЗ критичного застосування вимогам до нього.** Структура нечіткої нейромережі для вирішення

задачі оцінювання відповідності результатів тестування ПЗ критичного застосування вимогам до нього зображена на рис. 1.

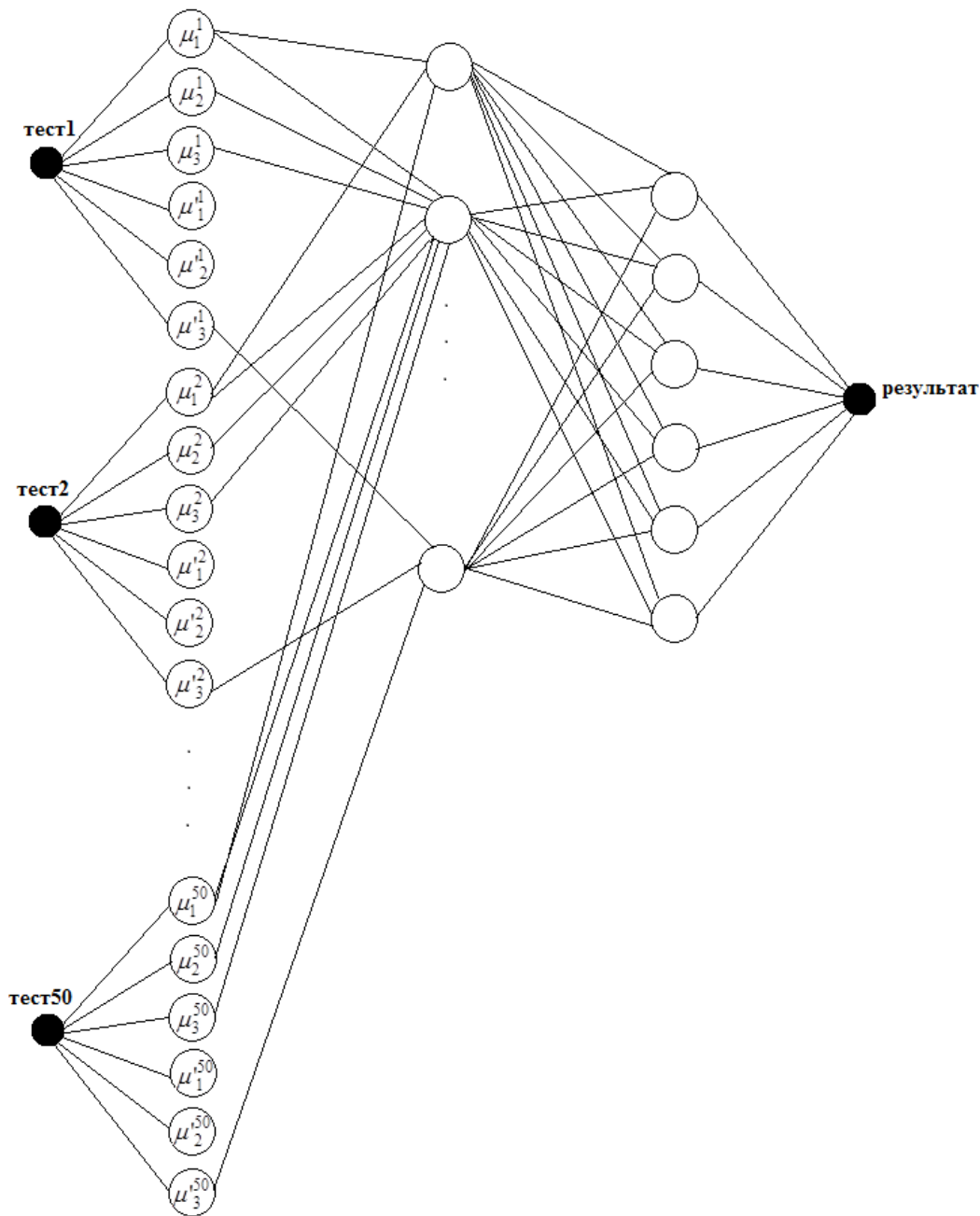


Рисунок 1 – Структура нечіткої нейромережі для оцінювання відповідності ПЗ критичного застосування вимогам

Вона має три шари. Кількість входів дорівнює кількості одночасно оцінюваних тестів до ПЗ, за максимально можливою кількістю було обрано 50. Кількість виходів – один.

Для кожного з вхідних параметрів сформуємо шкалу відповідності результатів тестування ПЗ критичного застосування вимогам (рис. 2), використовуючи підмножини з нечітких множин «виконання» та «невиконання».

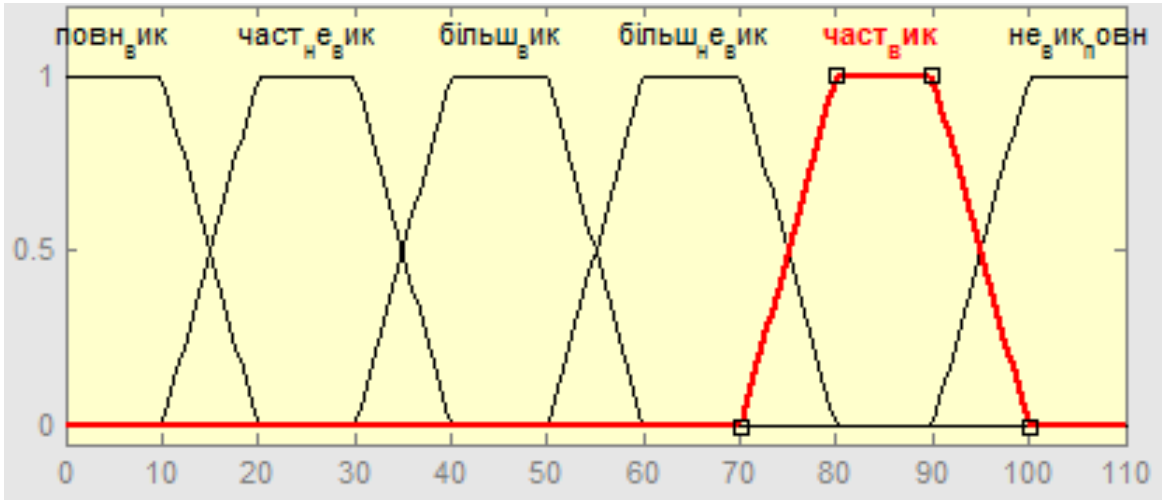


Рисунок 2 – Функції належності результатів кожного тесту

Нейрони другого шару визначають ступені істинності для кожного з наступних трьохсот правил:

If (тест1 is повн\_вик) and (тест2 is повн\_вик) and (тест3 is повн\_вик)... and (тест50 is повн\_вик) then (результат is повн\_вик).

If (тест1 is част\_не\_вик) and (тест2 is повн\_вик) and (тест3 is повн\_вик)... and (тест50 is повн\_вик) or (тест1 is повн\_вик) and (тест2 is част\_не\_вик) and (тест3 is повн\_вик)... and (тест50 is повн\_вик) or... or (тест1 is повн\_вик) and (тест2 is повн\_вик) and (тест3 is повн\_вик)... and (тест50 is част\_не\_вик) then (результат is част\_не\_вик).

...

If (тест1 is не\_вик\_повн) and (тест2 is не\_вик\_повн) and (тест3 is не\_вик\_повн)... and (тест50 is не\_вик\_повн) then (результат is не\_вик\_повн).

Нейрон третього шару визначає належність загального результату тестування до підмножин нечітких множин «виконання» та «невиконання» (рис. 3).

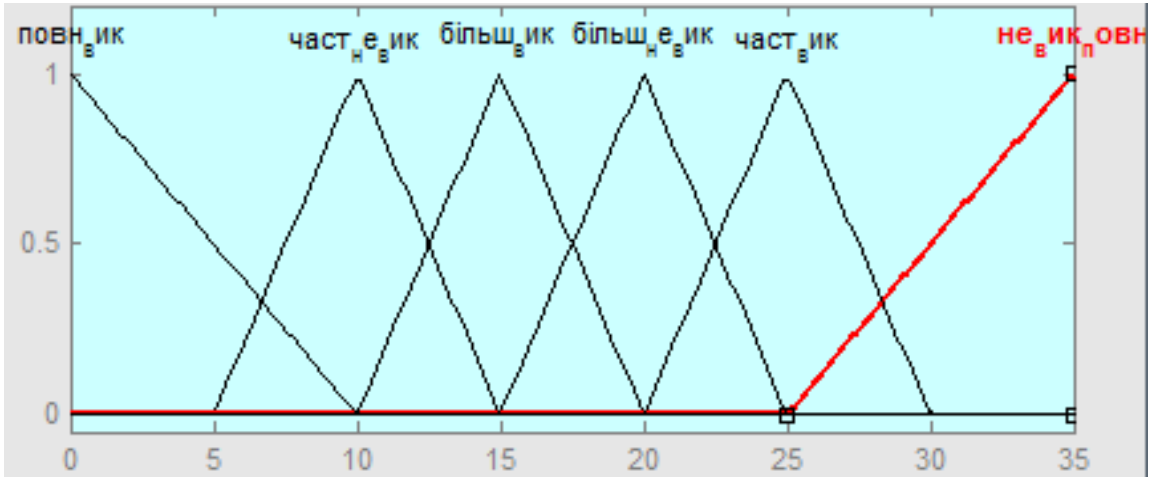


Рисунок 3 – Функції належності результату загального тестування

Нечітка нейронна мережа для оцінювання відповідності результатів тестування ПЗ критичного застосування вимогам була побудована при використанні прикладного пакету Fuzzy Logic Toolbox програми Matlab. Результати роботи побудованої нейромережі, представлені у вигляді поверхні відгуку (рис. 4).

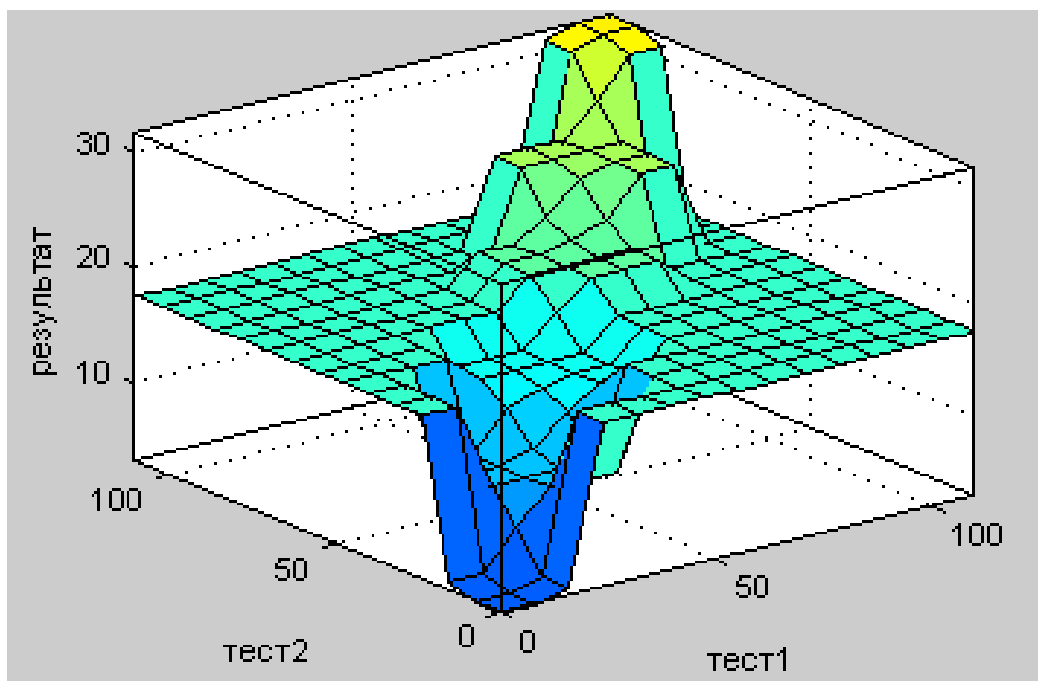


Рисунок 4 – Результати роботи побудованої нейромережі, представлені у вигляді поверхні відгуку

## Висновки

Відомі засоби оцінювання відповідності результатів тестування розробленого ПЗ, критичного застосування функційним та нефункційним вимогам, здебільшого зводяться до висновків про те, вдало чи невдало були виконані тести на відповідність, не зважаючи на те, наскільки саме вдало або невдало.

Запропонований у статті метод на основі нечіткої нейронної мережі дозволяє усунути цей недолік шляхом заміни нечислових результатів проходження тестів числовими значеннями їх належності до відповідних нечітких множин «виконання» та «невиконання» та визначити, наскільки саме розроблене ПЗ не відповідає вимогам до нього.

## Література

1. IEEE – 2004 IEEE Guide to the Software Engineering Body of Knowledge (Керівництво до переліку знань з програмної інженерії).
2. Круглов Владимир Васильевич. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети / [Круглов В.В., Дли М.И., Голунов Р.Ю.]. – Москва : Физматлит, 2001. – 224 с.

## Literatura

1. IEEE – 2004 IEEE Guide to the Software Engineering Body of Knowledge.
2. Kruglov V.V. Fuzzy logic and artificial neural networks. // [Kruglov V.V., Dly M.I., Golunov R.U.]. – Moscow : Fismatlit, 2001. – 224 p.

*RESUME**V.U. Titova**Fuzzy Neural Network for Determine Whether the Results of the Critical Software Testing to Requirements*

In this article the problem of estimating the compliance test results on critical application functional and non-functional requirements.

Based on the analysis of this problem concluded that the results so far obtained in the testing process, are reduced to the conclusion that if passed tests passed.

Such an evaluation is relatively superficial and not give a precise definition of how developed software meets the requirements for it.

To eliminate this drawback, proposed to formalize the input data for the above-mentioned problem by the use of intelligent techniques and methods of fuzzy logic, which operate on non-numeric values instead of numerical values of their belonging to the respective sets.

Based on the formalization has been developed fuzzy neural network to determine the level of compliance of test results on critical application requirements.

Said the neural network to determine how it is developed software does not meet the requirements for it and as a result, improve the quality of the used software critical applications.

*Стаття надійшла до редакції 15.04.2013.*