

Людмила В. Транченко
**ПЕРСПЕКТИВНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНЮВАННЯ КІЛЬКОСТІ
БЕЗРОБІТНИХ У СІЛЬСЬКІЙ МІСЦЕВОСТІ НА БАЗІ
НЕЧІТКОЇ МОДЕЛІ ГІБРИДНОЇ МЕРЕЖІ**

У статті обґрунтовано можливості застосування нечіткої моделі гібридної мережі при дослідженні кількості безробітних у сільській місцевості, яке дозволяє запобігти майбутніх структурних дисбалансів у сфері праці, підтримувати відповідність попиту та пропозиції робочої сили, прогнозувати зайнятість населення, як на найближче майбутнє, так і на віддалену перспективу.

Ключові слова: ринок праці; людські ресурси; зайнятість; безробіття; гібридна мережа.

Рис. 7. Табл. 1. Літ. 11.

Людмила В. Транченко
**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ КОЛИЧЕСТВА
БЕЗРАБОТНЫХ В СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ НА БАЗЕ
НЕЧЕТКОЙ МОДЕЛИ ГИБРИДНОЙ СЕТИ**

В статье обоснованы возможности применения нечеткой модели гибридной сети при исследовании количества безработных в сельской местности, что позволяет предотвратить будущие структурные дисбалансы в сфере труда, поддерживать соответствие спроса и предложения рабочей силы, прогнозировать занятость населения, как на ближайшее будущее, так и на отдаленную перспективу.

Ключевые слова: рынок труда; человеческие ресурсы; занятость; безработица; гибридная сеть.

Liudmyla V. Tranchenko¹
**PROSPECTIVE APPROACHES TO ESTIMATING THE NUMBER
OF UNEMPLOYED IN RURAL AREAS BASED
ON FUZZY MODEL OF A HYBRID NETWORK**

The article grounds the possibility of applying the fuzzy model of a hybrid network to studying the number of unemployed in rural areas so as to prevent future structural imbalances at the labour market and to maintain the compliance between demand and supply of labour, to forecast employment, both in the near future, and for a longer term.

Keywords: labour market; human resources; employment; unemployment; hybrid network.

Постановка проблеми. Останнім часом одним з основних напрямів прикладних досліджень демографічного прогнозування безробітних є нечітке моделювання. Нечітке моделювання виявляється особливо корисним, коли під час опису соціально-економічної системи чи бізнес-процесу присутня невизначеність, яка ускладнює або навіть виключає можливість використання точних кількісних методів і підходів. Зокрема, невизначеність може стосуватися таких аспектів модельних представлень: неясність та нечіткість опису межі системи або окремих її станів, невизначеність появи тих чи інших подій, неповнота уявлення про систему у зв'язку з розв'язком проблем, що погано формалізуються тощо. Основою реалізації методів нечіткого моделювання є нечітка логіка, яка більше описує характер, міркування людського мислення, ніж традиційні формально-логічні системи. Саме тому використання матема-

¹ Uman National University of Horticulture, Ukraine.

тичних методів для представлення нечіткої інформації дозволяє будувати моделі, які найбільш адекватно відображають різні аспекти невизначеності, що постійно присутня в складних економічних системах для демографічного прогнозування.

Аналіз останніх публікацій. Аналіз численних публікацій, присвячених окремим аспектам ринку праці, показує, що дослідження носять, як правило, якісний характер. З методів, що дозволяють отримувати кількісні оцінки і прогнози, достатньо активно використовуються переважно кореляційно-регресійний та кластерний аналіз. Однак такі дослідження здебільшого фрагментарні. Водночас, нестійкість української економіки вимагає від дослідників системного підходу.

Зазначена проблематика перебуває в полі зору вчених, її різні аспекти досліджували такі українські науковці: А.Н. Васильєв [1], О.В. Величко [4], В.В. Вітвіцький [2], Н.С. Власенко [5], О. Єрмаков [4], О.М. Могильний [7], О.Ф. Новікова [5], О.В. Олійник [8], О. Осауленко [5], О.В. Перчук [9], Т. Степанкова [10], О. М. Яценко [11] та ін.

Необхідно також зазначити, що сегментування ринку праці за регіонами, а також значне розходження в основних показниках регіональних ринків природним чином зумовлюють і логіку дослідження, зводячи його з макrorівня на мезорівень. Таким чином, побудова комплексу економіко-математичних моделей аналізу і демографічного прогнозування трудових процесів для обґрунтування регіональних планів соціально-економічного розвитку, без сумніву, є актуальним завданням.

Метою дослідження є обґрунтування можливості застосування нечіткої моделі гібридної мережі при ретроспективному прогнозі кількості безробітних у сільській місцевості, за допомогою якого можливе отримання об'єктивних даних, що сприятиме забезпеченню підвищення ефективності функціонування ринку праці на селі.

Основні результати дослідження. Проблема макроекономічного прогнозування в країнах з ринковою економікою має ряд особливостей: істотна нестаціонарність економічних процесів; невизначеність і недостовірність вихідних даних за низкою мікроекономічних показників; обмеженість вибірок даних (короткі вибірки).

Зазначені обставини не дозволяють застосувати для задач макроекономічного демографічного прогнозування традиційні методи регресійного і дисперсійного аналізу і вимагають розробки принципово нових підходів і методів, зокрема, ідеї штучного інтелекту. До числа перспективних напрямів у галузі штучного інтелекту належать нечіткі нейронні мережі (ННС). Нечіткі нейронні мережі, на відміну від звичайних нейромереж, надають можливість використовувати апріорну інформацію експертів у вигляді нечітких правил виведення: «ЯКЩО-ТО». Крім того, вони дають можливість працювати в умовах неповної та недостовірної інформації, коли значення ряду вихідних показників задані інтервально, а також коли деякі з них є якісними і описуються як лінгвістичні змінні (малий, середній, великий тощо). Для навчання ННС використовується накопичений арсенал методів навчання, розроблених для звичайних нейромереж, зокрема, градієнтний, пов'язаних градієнтів [1; 6; 8].

Як правило, в стані нестабільної економіки, яка характеризується частою зміною соціально-економічних умов, прийняття управлінських рішень здійснюється в умовах невизначеності, внаслідок чого задача планування економічної діяльності та прогнозування її результатів є однією з найбільш складних і неоднозначних. Існує ряд класичних методів прогнозування економічних показників, які базуються на апараті математичної статистики, серед яких виділяються методи аналізу і моделювання часових рядів, методи багатовимірного регресійного аналізу. Особливістю зазначених методів є необхідність чіткої специфікації конструйованих моделей, крім того, додаткові труднощі для використання цих методів створює нестационарність досліджуваних економічних процесів [4].

Перспективним напрямом в галузі вирішення завдань демографічного прогнозування є застосування апарату штучних нейронних мереж і нейро-нечітких мереж. Принцип роботи нейронної мережі полягає в тому, що за наявним набором даних конструюється залежність між вхідними та вихідними змінними системи, при цьому в процесі навчання мережі налаштовують параметри (ваги) одержуваних функціональних відносин (як правило, виявлення і визначення даної залежності в явному вигляді неможливе в силу вищевказаних причин). Модель нейронної мережі позиціонується як «чорна скринька» внаслідок того, що внутрішній алгоритм її налаштування не є «прозорим», отримані результати та їх взаємозв'язки складно інтерпретувати.

Нечіткі нейронні мережі або гібридні мережі покликані об'єднати в собі переваги нейронних мереж і систем нечіткого виведення. З одного боку, вони надають змогу розробляти і представляти моделі систем у формі правил нечітких продукцій, які володіють наочністю та простотою змістовної інтерпретації. З іншого боку, для побудови правил нечітких продукцій використовуються методи нейронних мереж, що є більш зручним і менш трудомістким процесом для системних аналітиків [6]. Гібридна мережа являє собою багатопшарову нейронну мережу спеціальної структури без зворотніх зв'язків, у якій використовуються звичайні (не нечіткі) сигнали, ваги та функції активації, а виконання операції підсумовування засноване на використанні фіксованої Т-норми. При цьому значення введення, виведення і ваг гібридної нейронної мережі є речові числа з відрізка $[0, 1]$.

Основна ідея, покладена в основу моделі гібридних мереж, полягає в тому, щоб використовувати існуючу вибірку даних для визначення параметрів функцій належності, які найкраще відповідають деякій системі нечіткого виводу. При цьому для знаходження параметрів функцій приналежності використовуються відомі процедури навчання нейронних мереж. У пакеті "Fuzzy Logic Toolbox" системи MATLAB гібридні мережі реалізовані у формі т.зв. адаптивної системи нейро-нечіткого виведення ANFIS. З одного боку, гібридна мережа ANFIS являє собою нейронну мережу з єдиним виходом і кількома входами, які представляють собою нечіткі лінгвістичні змінні. При цьому терми вхідних лінгвістичних змінних описуються стандартними для системи MATLAB функціями належності, а терми вихідної змінної представляються лінійною або постійною функцією належності.

З іншого боку, гібридна мережа ANFIS являє собою систему нечіткого виводу FIS типу Сугено нульового або першого порядку, в якій кожне з правил нечітких продукцій має постійну вагу, рівну 1. У пакеті "Fuzzy Logic Toolbox" системи MATLAB гібридні мережі реалізовані у формі адаптивних систем нейро-нечіткого виводу ANFIS [7; 8]. При цьому розробка та дослідження гібридних мереж виявляється можливою: в інтерактивному режимі за допомогою спеціального графічного редактора адаптивних мереж, що отримав назву редактора ANFIS; в режимі командного рядка за допомогою введення імен відповідних функцій з необхідними аргументами безпосередньо у вікно команд системи MATLAB. Редактор ANFIS надає можливість створювати або завантажувати конкретну модель адаптивної системи нейро-нечіткого виведення, виконувати її навчання, візуалізувати її структуру, змінювати і налаштовувати її параметри, а також використовувати налаштовану мережу для отримання результатів нечіткого виведення.

При застосуванні аналітичної моделі для аналізу статистичних даних аграрного ринку праці за 2011 р. ми з'ясували, що у 2012 р. не очікується значних змін у рівнях зайнятості та безробіття. Таким чином, ми маємо можливість прогнозувати, наприклад, динаміку кількості безробітних з достатньо великим ступенем достовірності. Найбільш широко для прогнозування економічних показників застосовуються кореляційно-регресійні методи. Однак загальновідомо, що кореляційно-регресійні моделі не відбивають точно реальну дійсність. Останнім часом для практичного застосування в економіці все більше використовується нечітке моделювання. За допомогою побудови адаптивної системи нейро-нечіткого виведення ми розробили нечітку модель гібридної мережі для розв'язання задачі демографічного прогнозування кількості безробітних сільської місцевості. В якості часового інтервалу ми використовували один місяць.

Розробка нечіткої моделі гібридної мережі здійснювалась за допомогою пакета "Fuzzy Logic Toolbox" обчислювального середовища MATLAB, призначеного для проектування та дослідження систем на нечіткій логіці. Для побудови моделі ми скористались динамікою кількості безробітних за 3 роки (2009–2011 рр.). При цьому ми припускали, що характерною особливістю динаміки зміни рівня безробіття є наявність двох основних тенденцій у коливаннях відповідного рівня. З одного боку, спостерігається загальне дострокове зменшення рівня безробіття, пов'язане з роботою урядових органів та місцевих адміністрацій. З іншого боку, спостерігається короткострокові коливання рівня безробіття, пов'язане з цілою низкою випадкових факторів, адекватне представлення яких у той чи іншій формальній моделі навряд чи можливе. Вихідні дані динаміки кількості безробітних сільської місцевості для побудови моделі подані у табл. 1.

Для визначення оптимальної кількості вхідних змінних нечіткої гібридної моделі ми починали з 3 змінних. Але оптимальною виявилась кількість змінних, що дорівнює 4 (рис. 1).

При цьому перша вхідна змінна (рис. 1) являє собою кількість безробітних на поточний місяць, друга – на попередній місяць, тобто на місяць $(i - 1)$, де через i позначений поточний місяць. Тоді третя вхідна змінна відповідає

кількості безробітних на $(i - 2)$ місяць, а четверта – на $(i - 3)$ місяць. Таким чином можна перевірити показники і звести у базу даних (рис. 2).

Таблиця 1. Динаміка кількості безробітних у сільській місцевості України (на кінець звітного періоду, тис. осіб)*

| 2009 р. | кількість безробітних | 2010 р. | кількість безробітних | 2011р | кількість безробітних |
|----------|-----------------------|----------|-----------------------|----------|-----------------------|
| січень | 436,7 | січень | 215,9 | січень | 261,6 |
| лютий | 418,2 | лютий | 219,4 | лютий | 274,4 |
| березень | 390,3 | березень | 204,3 | березень | 264,2 |
| квітень | 342,3 | квітень | 173,4 | квітень | 237,0 |
| травень | 299,9 | травень | 156,6 | травень | 220,7 |
| червень | 254,4 | червень | 146,1 | червень | 199,3 |
| липень | 223,4 | липень | 143,9 | липень | 182,3 |
| серпень | 205,9 | серпень | 143,7 | серпень | 166,0 |
| вересень | 192,0 | вересень | 145,5 | вересень | 152,6 |
| жовтень | 175,3 | жовтень | 138,7 | жовтень | 138,0 |
| листопад | 187,5 | листопад | 170,5 | листопад | 161,5 |
| грудень | 211,8 | грудень | 236,1 | грудень | 211,0 |

* згруповано на основі [3].

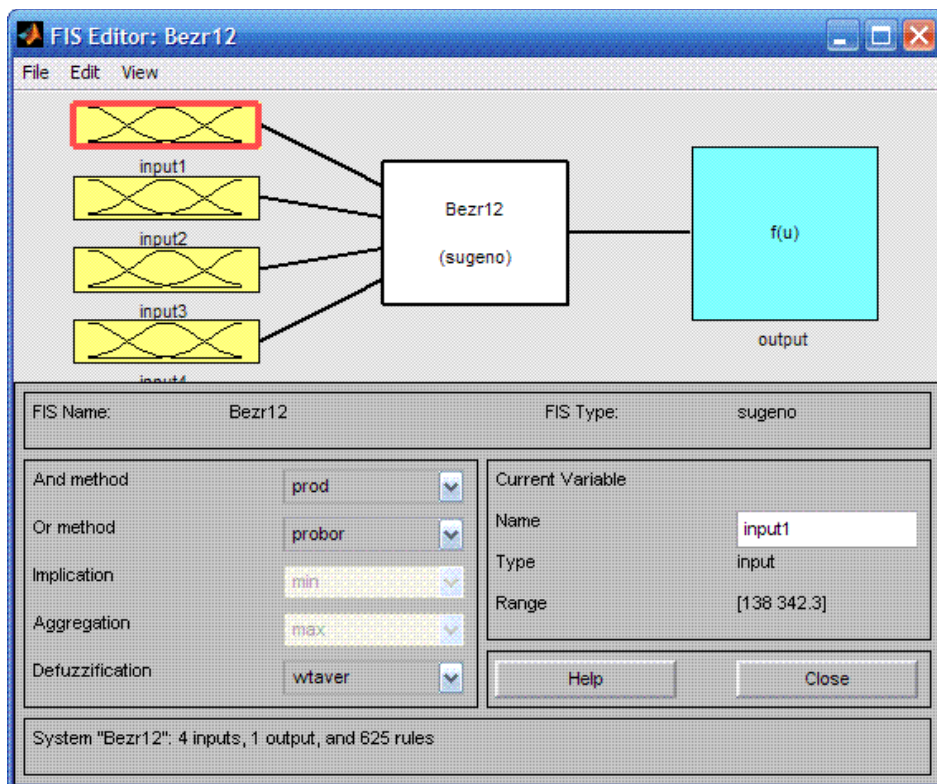


Рис. 1. Редактор нечіткої гібридної моделі, авторська розробка

| | | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 342.3 | 390.3 | 418.2 | 436.7 | 299.9 |
| 2 | 299.9 | 342.3 | 390.3 | 418.2 | 254.4 |
| 3 | 254.4 | 299.9 | 342.3 | 390.3 | 223.4 |
| 4 | 223.4 | 254.4 | 299.9 | 342.3 | 205.9 |
| 5 | 205.9 | 223.4 | 254.4 | 299.9 | 192.0 |
| 6 | 192.0 | 205.9 | 223.4 | 254.4 | 175.3 |
| 7 | 175.3 | 192.0 | 205.9 | 223.4 | 187.5 |
| 8 | 187.5 | 175.3 | 192.0 | 205.9 | 211.8 |
| 9 | 211.8 | 187.5 | 175.3 | 192.0 | 215.9 |
| 10 | 215.9 | 211.8 | 187.5 | 175.3 | 219.4 |
| 11 | 219.4 | 215.9 | 211.8 | 187.5 | 204.3 |
| 12 | 204.3 | 219.4 | 215.9 | 211.8 | 173.4 |
| 13 | 173.4 | 204.3 | 219.4 | 215.9 | 156.6 |
| 14 | 156.6 | 173.4 | 204.3 | 219.4 | 146.1 |
| 15 | 146.1 | 156.6 | 173.4 | 204.3 | 143.9 |
| 16 | 143.9 | 146.1 | 156.6 | 173.4 | 143.7 |
| 17 | 143.7 | 143.9 | 146.1 | 156.6 | 145.5 |
| 18 | 145.5 | 143.7 | 143.9 | 146.1 | 138.7 |
| 19 | 138.7 | 145.5 | 143.7 | 143.9 | 170.5 |
| 20 | 170.5 | 138.7 | 145.5 | 143.7 | 236.1 |
| 21 | 236.1 | 170.5 | 138.7 | 145.5 | 261.6 |
| 22 | 261.6 | 236.1 | 170.5 | 138.7 | 274.4 |
| 23 | 274.4 | 261.6 | 236.1 | 170.5 | 264.2 |
| 24 | 264.2 | 274.4 | 261.6 | 236.1 | 237.0 |
| 25 | 237.0 | 264.2 | 274.4 | 261.6 | 220.7 |
| 26 | 220.7 | 237.0 | 264.2 | 274.4 | 199.3 |
| 27 | 199.3 | 220.7 | 237.0 | 264.2 | 182.3 |
| 28 | 182.3 | 199.3 | 220.7 | 237.0 | 166.0 |
| 29 | 166.0 | 182.3 | 199.3 | 220.7 | 152.6 |
| 30 | 152.6 | 166.0 | 182.3 | 199.3 | 138.0 |
| 31 | 138.0 | 152.6 | 166.0 | 182.3 | 161.5 |
| 32 | 161.5 | 138.0 | 152.6 | 166.0 | 211.0 |
| 33 | | | | | |

Рис. 2. База даних вхідних змінних сільського безробіття в Україні, авторська розробка

Для проведення процесу навчання нечіткої гібридної моделі відповідні показники (2009–2011рр.) було зведено в окрему базу даних, в якій п'ятий стовпчик відповідає кількості безробітних на $(i + 1)$ місяць (рис. 2). Обсяг отриманої таким чином навчальної вибірки дорівнює 32. Дані за 2012 р. не ввійшли до навчальної вибірки та будуть застосовані для перевірки адекватності побудованої нечіткої моделі. Для автоматичного синтезу з експериментальних даних та налаштування нейро-нечітких мереж у пакеті нечіткої логіки "Fuzzy Logic Toolbox" є редактор ANFIS. Нейро-нечітку мережу можна розглядати як одне з представлень систем нечіткого введення типу Сугено. Зовнішній вигляд редактора ANFIS разом із завантаженими експериментальними даними зображено на рис. 3.

Перед генерацією структури системи нечіткого виводу типу Сугено необхідно задати кількість лінгвістичних термів та тип функцій належності для кожної вхідної змінної, а також тип функції належності вихідної змінної. Діалогове вікно властивостей функцій належності показано на рис. 4.

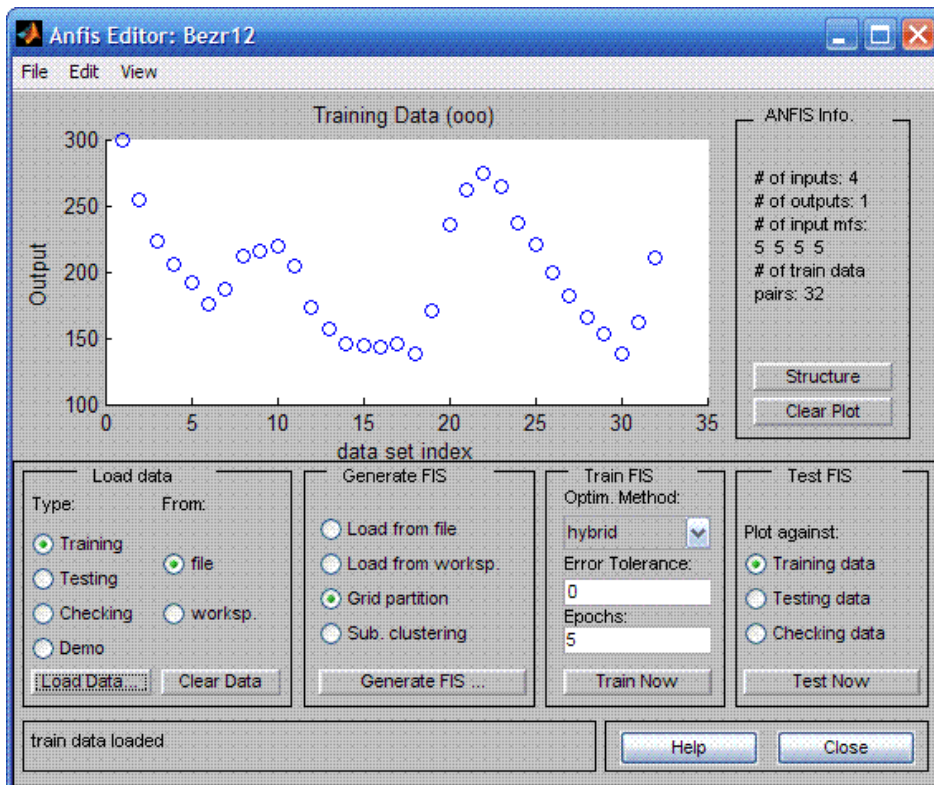


Рис. 3. Вікно редактора ANFIS з експериментальними даними сільського рівня безробіття в Україні, авторська розробка

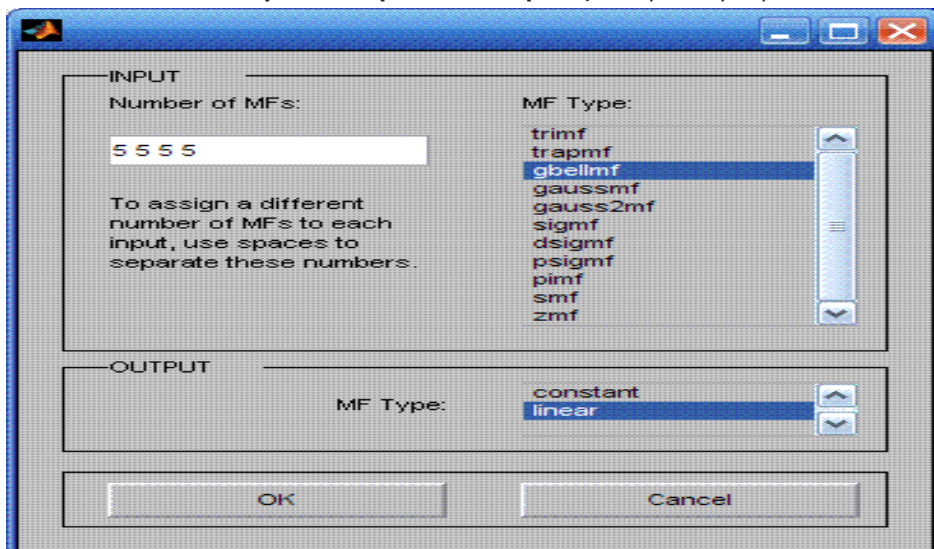


Рис. 4. Характеристика вхідних та вихідних змінних сільського безробіття в Україні, авторська розробка

В якості типу функції належності вихідної змінної ми задали лінійну функцію. Вибір кількості лінгвістичних термів для кожної вхідної змінної ми почали з 3 та поступово дійшли 5. В якості типу функції належності вхідних змінних кращий результат вибірки показала узагальнена дзвонувата функція gbellmf (рис. 5).

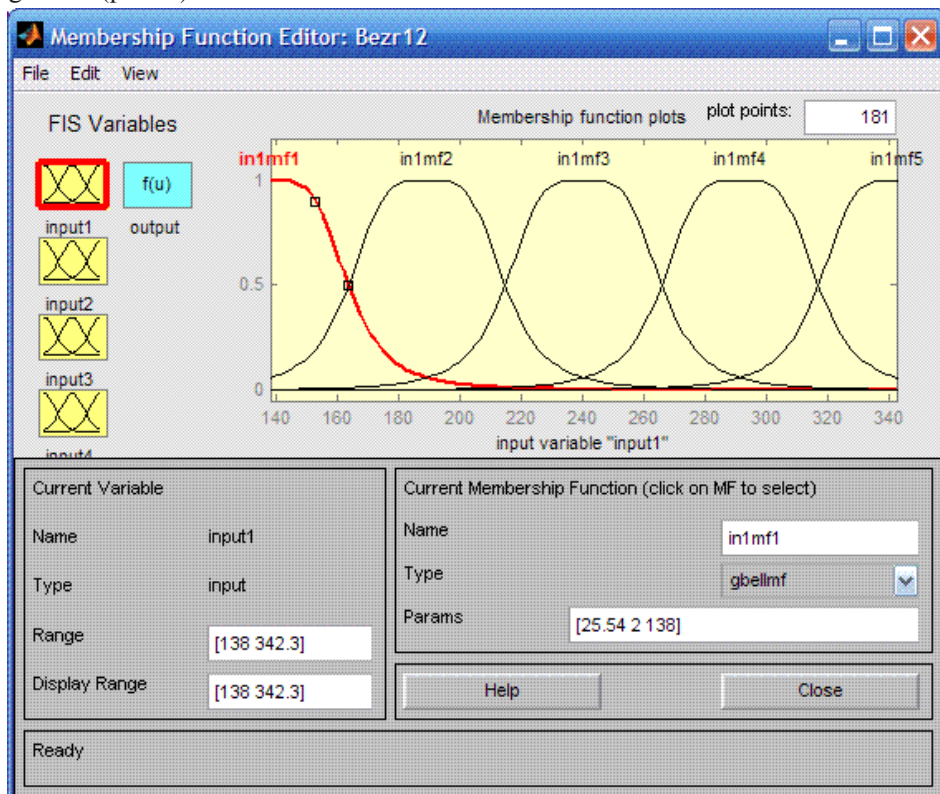


Рис. 5. Функції належності вхідних змінних сільського безробіття в Україні, авторська розробка

Для побудови гібридної мережі використано гібридний метод навчання з рівнем похибки 0, а кількість циклів навчання задали рівним 5. Після закінчення навчання даної гібридної мережі може бути виконаний аналіз графіка похибки навчання (рис. 6), який показує, що навчання пройшло успішно.

Для виконання перевірки адекватності побудованої нечіткої моделі гібридної мережі здійснено ретроспективний прогноз кількості безробітних сільської місцевості на січень 2012 р., вважаючи, що грудень 2011 р. є поточним місяцем. Оскільки точність кількісних значень, що забезпечується графічними засобами пакета нечіткої логіки "Fuzzy Logic Toolbox", є недостатньою для розв'язання даної задачі, використано функцію командного рядка evalfis. В якості аргументів цієї функції вказано вектор значень кількості безробітних сільської місцевості на поточний та 3 попередні місяці. При цьому в робочу сферу середовища MATLAB було завантажено розроблену структуру побудованої нечіткої моделі (рис. 7).

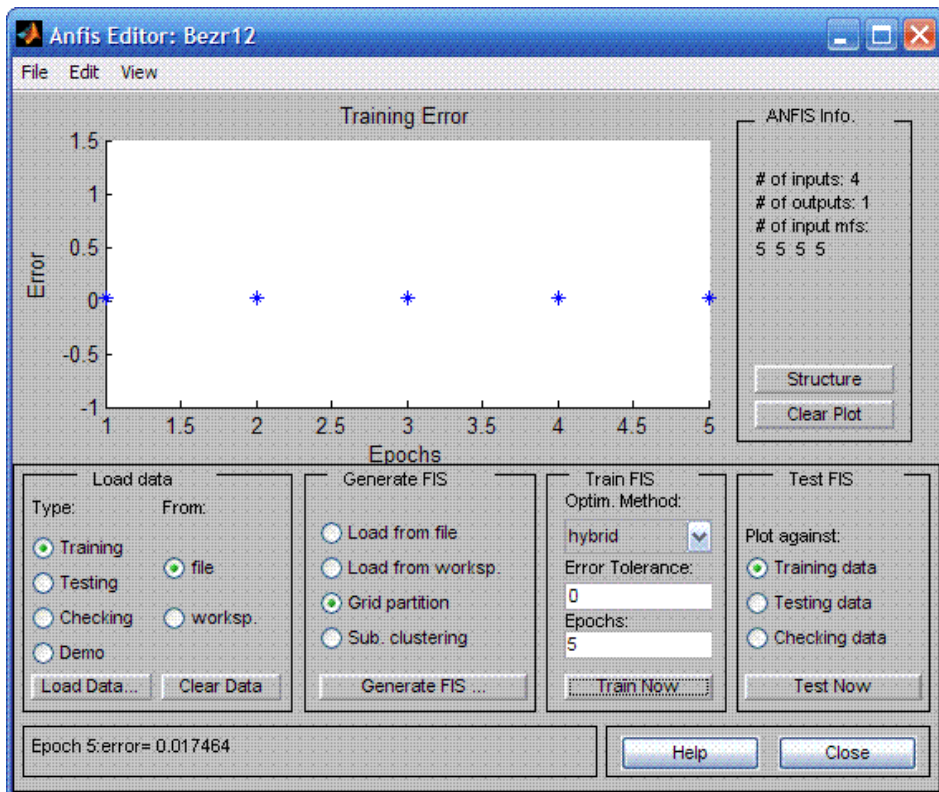


Рис. 6. Графік похибки навчання гібридної мережі нечіткої моделі сільського безробіття в Україні, авторська розробка

```

MATLAB 7.5.0 (R2007b)
File Edit Debug Distributed Desktop Window Help
Current Directory: D:\РАБОТА\Kovalyoff\Folder_MatLab
Shortcuts How to Add What's New
Command Window
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.
>> b=readfis('Bezr12');
>> out=evalfis([211.0 161.5 138.0 152.6], b)
Warning: Some input values are outside of the specified input range.
> In evalfis at 76

out =

    234.2675

>>

```

Рис. 7. Прогноз сільського безробіття в Україні, авторська розробка

Висновки. Після виконання відповідних команд за допомогою розробленої нечіткої моделі було отримане значення вихідної змінної для січня 2012 р. – 234,2675. Після округлення отримано прогнозовану кількість безробітних у сільській місцевості у січні 2012 р. – 234,268 тис. осіб. Порівнюючи отримане значення з відповідним значенням, розрахованим Державною службою статистики України – 234,7 тис. осіб – можна констатувати незначне відхилення цих значень одне від одного. Отже, перевірка побудованої нечіткої моделі гібридної мережі показує достатньо високий ступінь її адекватності реальним вихідним даним, що дозволяє зробити висновок про можливість її практичного застосування для прогнозування кількості безробітних у сільській місцевості, принаймні на 3–4 місяці.

1. *Васильев А.Н.* Модель самоорганизации рынка труда // Экономика и математические методы. – 2001. – Т. 37, №2. – С. 123–127.
2. *Вітвіцький В.В., Могильний О.М.* Сільський ринок праці – нові ризики та шляхи їх подолання // Продуктивність агропромислового виробництва. – 2009. – №13. – С. 32–40.
3. Демографічна та соціальна політика // Державний комітет статистики України // www.ukrstat.gov.ua.
4. *Єрмаков О.Ю., Величко О.В.* Формування і ефективність використання трудових ресурсів в сільськогосподарських підприємствах: Монографія / НУБіПУ. – К. : Аграр Медіа Груп, 2010. – 172 с.
5. Інформаційне забезпечення державного та регіонального соціального управління: Монографія / О.Г. Осаулєнко, О.Ф. Новікова, Н.С. Власенко та ін.; НАН України, Ін-т економіки пром-сті. – К.; Донецьк, 2004. – 655 с.
6. *Леоненков А.В.* Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzy TECH. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.
7. *Могильний О.М.* Політиці зайнятості на селі – стратегічні рішення // АгроСвіт. – 2009. – №18. – С. 11–15.
8. *Олійник О.В.* Критерії державної підтримки сільськогосподарських підприємств // Економіка АПК. – 2013. – №2. – С. 49–53.
9. *Перчук О.В.* Економічні методи управління якістю // Фінанси України. – 2005. – №4. – С. 74–82.
10. *Степанкова Т.* Можливості впровадження інноваційно-інвестиційної моделі розвитку з огляду на європейський курс України // Економічний часопис-XXI. – 2006. – №7–8. – С. 29–32.
11. *Яценко О.М.* Конкурентоспроможність галузей сільського господарства в умовах глобалізації ринку продовольства // Економіка АПК. – 2013. – №1. – С. 31–38.

Стаття надійшла до редакції 10.09.2015.