

УДК 004.032.26; 658.336 (045)  
DOI: 10.15587/2313-8416.2016.61064

## ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕЛЕЙ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ПРИ ПІДГОТОВЦІ АВІАЦІЙНИХ ФАХІВЦІВ

© В. М. Казак, Д. О. Шевчук, Н. А. Тимошенко, І. В. Прохоренко

*Розглядається можливість використання моделі нейронних мереж штучного інтелекту при підготовці авіаційних спеціалістів. Нейромережева модель базується на залежності залишкових знань суб'єктів навчання від їх індивідуальних здібностей. Залишкові знання – це вміння, набуті об'єктом, з якими вони виходять на ринок праці. Нейромережева модель дає можливість з достатньо високою точністю прогнозувати рівень професійної підготовки фахівців*

**Ключові слова:** підготовка авіаційних фахівців, суб'єкти навчання, модель нейронних мереж штучного інтелекту, індивідуальні здібності

*This paper reviews the application of artificial neural network (ANN) model in aviation specialist training. The ANN model is based on the dependence of residual knowledge of subjects of study on their individual abilities. The residual knowledge is the skills acquired by the subject before he is going for an occupation. The presented ANN model gives the possibility to predict the level of professional training of the specialists with high accuracy*  
**Keywords:** aviation specialist training, subject of study, artificial neural network model, individual abilities

### 1. Вступ

В умовах подолання кризових явищ в економіці питання якості підготовки технічних кадрів збільшує актуальність. Основною причиною цього є невідповідність якості підготовки випускників навчальних закладів вимогам з боку роботодавців, відсутність необхідної компетенції та інноваційних знань, яких потребують сучасні технології. Оскільки процес підготовки фахівців технічного профілю вимагає залучення значно більших ресурсів ніж в інших галузях знань, то для досягнення необхідної якості їх підготовки потрібний високий рівень матеріально-технічного забезпечення та оптимальне використання всіх наявних ресурсів: матеріальних, фінансових, кадрових, часових.

Вирішення такої складної задачі вимагає впровадження методів підтримки прийняття управлінських рішень щодо формування оптимальних стратегій та вчасного корегування поточних методів навчання відповідно до зміни внутрішніх та зовнішніх умов.

Основними інструментами при цьому є інтелектуальні методи моделювання та оптимізації, які дозволяють прогнозувати розвиток подій, наслідки тих чи інших управлінських рішень, а головне, дозволяють знайти найкращі оптимальні рішення щодо якості підготовки авіаційних кадрів. В даній роботі оптимізація та інтелектуальні методи моделювання процедури підготовки розглянуті на прикладі підготовки льотного складу. Тому, що питання відповідності рівня професійної підготовки льотного складу є найбільш актуальним в умовах еволюційних змін в теорії забезпечення безпеки польотів (БП). Аналіз стану БП (рис. 1) спонукає до необхідності реформування існуючої системи підготовки авіаційного персоналу (АП).

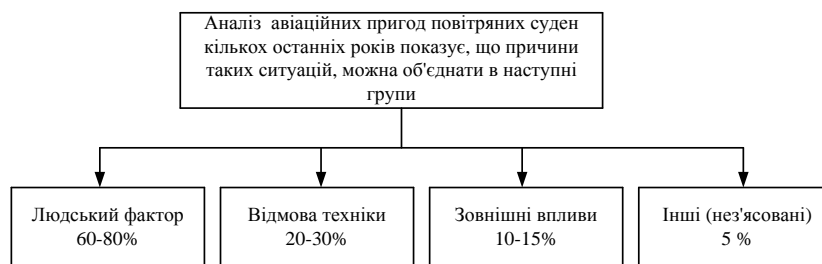


Рис. 1. Аналіз авіаційних пригод повітряних суден

З аналізу даних (рис. 1) робимо висновок, що біля 80 % авіаційних подій обумовлено діями льотного складу. Тому питання професійної підготовки льотного складу є найбільш актуальним. Аналіз стану БП спонукає до висновку про необхідність реформування існуючої системи підготовки АП. Проаналізуємо основні фактори, які стали причиною помилок льотного складу[1–4]:

– професійний (прийняття невірних рішень, неадекватного ситуації; помилкові дії при реалізації рішення);

– психологічний (низька здатність прогнозування подій; прийняття рішень, які не відповідають можливостям; недостатня професіональна дисциплінованість);

– психофізіологічний (недостатнє урахування фізіологічних особливостей оператора);

– ергономічний (недостатнє врахування характеристик оператора при конструюванні повітряного судна);

– відсутність оптимальної системи взаємодії членів екіпажу [5].

Вирішення цих завдань вимагає удосконалення процесу підготовки авіаційних фахівців з метою проектування навчального середовища для особистісно-орієнтованого підходу до суб'єктів навчання і впровадження нових технологій навчання, в центрі яких

знаходиться суб'єкти навчання. Розвиток системи освіти на етапі становлення інформаційного суспільства нерозривно пов'язане з використанням інтелектуальних технологій.

Однак, практика використання автоматизованих систем навчального призначення показує, що технологія наповнення програмних оболонок дидактичним процесом є недостатньо відпрацьованою. Перспективним є шлях проектування дидактичного процесу від схеми управління до створення програмних оболонок.

## 2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Аналіз стану безпеки польотів спонукає до необхідності автоматизації процесу підготовки авіаційного персоналу [1–4]. Ідеї та методи системної оптимізації були запропоновані академіком В. М. Глушковым, розвинені академіком В. С. Міхалевичем, професором В. Л. Волковичем, професором К. Д. Жучасовою, А. А. Тимченка, Ю. Г. Леги, А. А. Златкіна, С. М. Первунінського, Ю. М. Тесли. Підвищення ефективності управління підготовкою фахівців за рахунок автоматизації підтримки прийняття рішень, у тому числі і на основі методів і засобів штучного інтелекту розглянуто в працях Д. А. Поспелова, В. А. Геловані, В. М. Глушкова, І. Ю. Юсупова, Т. А. Гаврилової, Е. А. Трахтенгерц, А. І. Галушкіна, а також зарубіжних вчених А. Ньюелла, Н. А. Саймона, Б. Алена, Т. Бернерс-Лі, Р. Бергмана та ін. У той же час недостатньо дослідженим є питання розробки інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень при управлінні процесом підготовки авіаційних кадрів.

## 3. Цілі та задачі дослідження

Ціллю дослідження є розробка нейромережевої моделі (НМ) яка могла б дозволяла оцінювати отримані суб'єктами навчання знання та вміння в залежності від їх індивідуальних здібностей. Для досягнення даної цілі вирішувались наступні задачі:

- визначити зовнішні та внутрішні фактори, що впливають на якість засвоєння знань і надбання навичок;
- розробити тести для визначення індивідуальних здібностей суб'єктів навчання;
- розробити алгоритм синтезу НМ;
- розробити структуру НМ;
- розробити процедура навчання НМ;
- дослідити трудомісткість настроювання НМ і адекватність її процесу.

## 4. Синтез архітектур нейронних мереж для моделювання процесу підготовки авіаційних кадрів

Процес навчання, як об'єкт дослідження, є динамічним і характеризується суттєвою інерційністю. Наслідки зміни одного з факторів можна виявити тільки після закінчення навчання. Тому актуальною як в економічному, так і в соціальному плані, є розробка моделей, що дозволяють оптимізувати витрати на освіту і прогнозувати результати інноваційних перетворень в підготовці кадрів. Для контролю процесу

підготовки фахівців необхідно застосовувати сучасні системи опрацювання інформації, які засновані на теорії штучного інтелекту. Результати контролю навчальної діяльності представляють собою набір відповідей, які залежать від багаточисельних параметрів, багато з яких складно формалізуються. Для того, щоб врахувати їх необхідні гнучкі математичні інструменти, одним з яких можуть бути нейронні мережі. Нейронні мережі незважаючи на те, що не мають універсальної структури, яка б підходила до всіх областей застосування, являються інструментом для ефективного вирішення широкого кола задач. На ланій момент рівень розвитку інформаційних технологій дозволяє застосовувати НМ, в тому числі при оцінці якості знань та надбаних умінь.

При синтезі архітектур НМ для моделювання процесу підготовки авіаційних кадрів було взято за основу багатоваріантну мережу прямого розповсюдження. Навчання НМ проводилось по методу «навчання з вчителем» по алгоритму зворотнього розповсюдження похибок, аналіз якого буде здійснений у наступному розділі. Розроблений алгоритм синтезу НМ залежності залишкових знань суб'єктів навчання від їх індивідуальних здібностей наведено на (рис. 2).

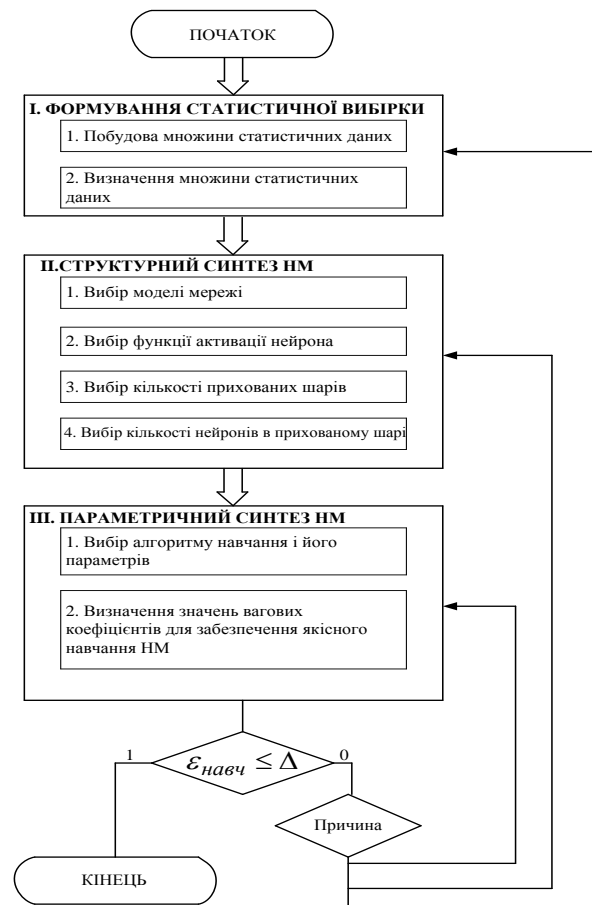


Рис. 2. Алгоритм синтезу НМ залежності залишкових знань суб'єктів навчання від їх індивідуальних здібностей:  $\epsilon_{навч}$  – помилка навчання НМ

Нейромережеву модель залежності залишкових знань суб'єктів навчання від їх індивідуальних здібностей пропонуємо синтезувати з використанням таких етапів:

1) формування множини статистичних даних;  
 2) структурний синтез НМ залежності залишкових знань суб'єктів навчання від їх індивідуальних здібностей:

- вибір параметрів структури нейронної мережі НМ;
- тип функції активації нейронів;
- кількість прихованих шарів;
- визначення кількості нейронів у шарах.

3) параметричний синтез моделі процесу професійної підготовки з навчанням НМ на сформованих ознаках за допомогою навчального алгоритму;

4) перевірка якості навчання НМ залежності залишкових знань суб'єктів навчання від їх індивідуальних здібностей.

Якість навчання суттєво залежить від достовірності отриманих статистичних даних у процесі тестування. Тобто, якщо помилка навчання більше встановленого значення, то навчання продовжується до тих пір поки результат навчання не досягне потрібного значення. У випадку використання інтелектуальних технологій для оцінки якості функціонування системи зменшення помилки поточного стану можна за рахунок: зміни алгоритму навчання або вибору іншої структури НМ.

**4. Нейромережева модель оцінки залишкових знань суб'єктів навчання від їх індивідуальних здібностей**

Розглядається задача побудови НМ процесу професійного навчання авіаційних кадрів для моделювання ринку праці, яка дозволить аналізувати рівень підготовки молодих фахівців по закінченню навчання.

Для побудови НМ підготовки фахівців необхідно врахувати фактори, які впливають на суб'єктів навчання а також визначити ступінь їх впливу. Так як

кожний окремий суб'єкт є, насамперед особистістю то необхідно перш за все аналізувати його особистісні характеристики.

В роботі були проаналізовані фактори, що впливають на суб'єктів навчання при їх підготовці, для цього використані відомі психологічні методи їх аналізу [6].

В результаті для аналізу особистості визначені наступні типи факторів: мотивація суб'єктів навчання до навчання, інтелектуальні здібності суб'єктів навчання, психологічні особливості суб'єктів навчання, фізичні фактори, що впливають на навчання (рис. 3). Кожен з цих типів розбивається на кілька показників, які можна визначити за результатами тестів, опитування [7].

Фактори, що впливають на засвоєння навчального матеріалу систематизувались так, як це показано на (рис. 3). Аналіз цих факторів дозволяє вивчати особистість суб'єктів навчання з різних напрямків, виявляти найбільш вагомні індивідуальні особливості, що впливають на успішність суб'єктів навчання [8]. Результати оцінки кожного із перерахованих вище параметрів систематизовані та стандартизовані. Дані параметри створюють систему, яка визначає ментальний портрет суб'єктів навчання (табл. 1).

Успішність навчання фіксується в екзаменаційній відомості. НМ процесу навчання повинна формувати на виході залишкові знання суб'єктів навчання по окремим дисциплінам, з якими вони виходить на ринок праці [9], а роботодавці вирішують питання про працевлаштування кандидатів на вакантні посади. Структура НМ, яка реалізує дану задачу наведена на (рис. 4). НМ формування залишкових знань суб'єктів навчання з урахуванням їх індивідуальних здібностей будуватиметься на базі багат шарового перцептрона з нелінійною функцією активації.

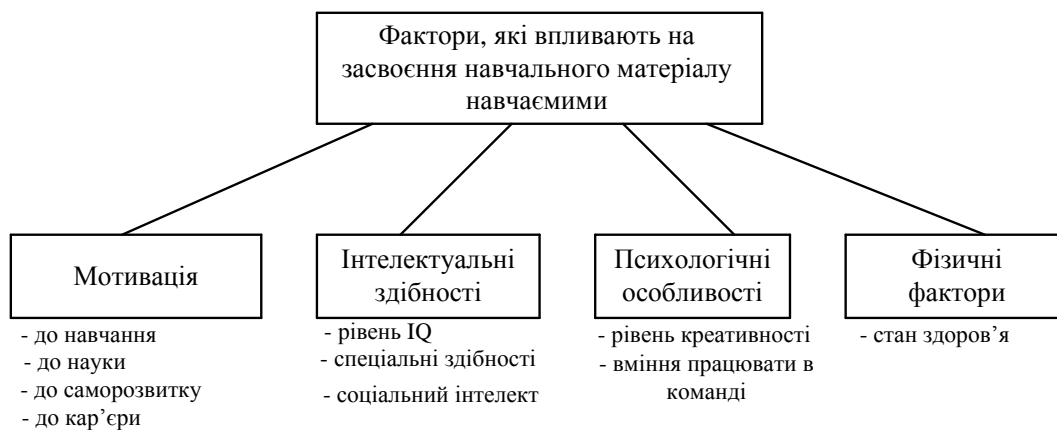


Рис. 3. Фактори, які впливають на рівень запам'ятовування навчального матеріалу суб'єктами навчання

Таблиця 1

Систематизація характеристик суб'єктів навчання

Характеристика ментальності	Спосіб визначення	Оригінальна градація
Рівень інтелекта	Тест на IQ Айзенка	від 0 до 25 балів
Рівень спеціальних здібностей (в даному випадку фундаментальних)	Самостійно розроблений тест	від 0 до 100 балів
Вміння працювати в команді	Самостійно розроблений тест	від 0 до 100 балів
Етична оцінка	Самостійно розроблений тест	від 0 до 100 балів
Перспектива посісти позицію лідера колективу	Самостійно розроблений тест	від 0 до 100 балів
Інтегральний рейтинг	Самостійно розроблений тест	від 0 до 100 балів

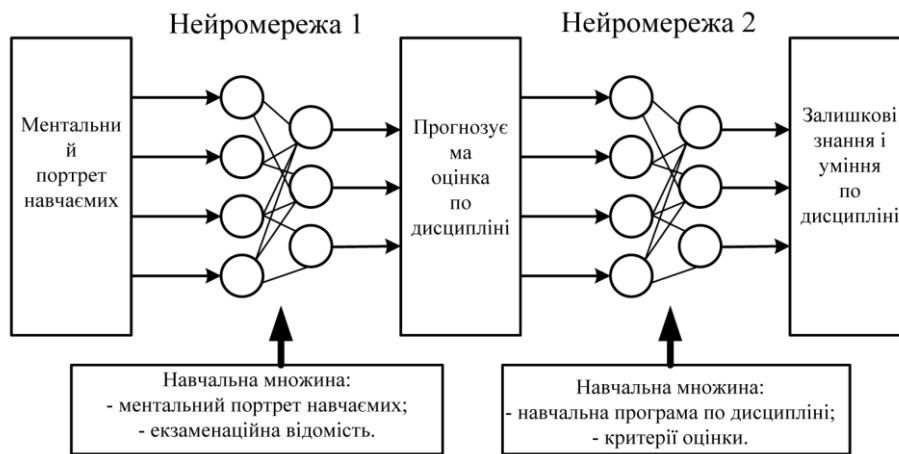


Рис. 4. Структура нейронної мережі

Для навчання НМ є в розпорядженні наступна об'єктивна інформація:

- психологічний портрет індивідуальних здібностей, що характеризує ментальність суб'єктів навчання;
- навчальна програма дисципліни;
- критерії оцінки знань;
- екзаменаційна відомість, яка відображає успішність суб'єктів навчання.

Прогноз залишкових знань по одній конкретно взятій дисципліні для одного суб'єкта навчання здійснюється у два етапи. На першому етапі прогнозується екзаменаційна оцінка на підставі індивідуальних здібностей суб'єктів навчання.

На другому етапі, виходячи з прогнозованої оцінки, формується усереднений набір залишкових знань і вмінь, що відповідає даній оцінці.

Перша НМ буде навчатися на підставі індивідуальних здібностей групи суб'єктів навчання і екза-

менаційної відомості [10]. Вхідні параметри для першої НМ наведені в (табл. 2). Вхідні параметри другої НМ являють собою екзаменаційну оцінку, отриману з виходу першої НМ. Вихідні сигнали другої НМ утворюють вектор, компоненти якого фіксують наявність або відсутність відповідного залишкового знання або вміння. Навчальну множину для другої НМ формує викладач-професіонал (експерт) зі своєї дисципліни, використовуючи затвержені критерії оцінки та навчальну програму дисципліни, яка містить перелік знань і вмінь (табл.3). Розмір вектора визначається сумарною кількістю знань і вмінь, передбачених навчальною програмою дисципліни. Вони представлені вектором:

$$Y = (y_1, y_2, \dots, y_n), \quad (1)$$

де  $y$  – кількість знань і вмінь;  $y_i \in [0,1]$ . Вихідні сигнали знань та вмінь для другої НМ показані в (табл.3).

Таблиця 2

Вхідні параметри першої нейромережі

Тип ментальної характеристики	Вхідний сигнал нейромережі	Код
Інтелектуальні здібності	Рівень IQ	x1
	Рівень спеціальних здібностей (в даному випадку фундаментальних)	x2
Психологічні здібності	Вміння працювати в команді	x3
	Етична оцінка	x4
	Перспектива посісти лідера колективу	x5
Інтегральний рейтинг навчаємого		x6

Таблиця 3

Вилучення знань та вмінь для навчання НМ

$x_i$	Знання					Вміння					
	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$	$y_6$	$y_7$	$y_8$	$y_9$	$y_{10}$	$y_{11}$
$x_1$	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
$x_2$	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
$x_3$	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0
$x_4$	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1

Навчання НМ проводилося з стратегією «навчання з учителем» за алгоритмом зворотного поширення помилки.

На (рис. 5) схематично представлено процедуру навчання багат шарової НМ. Навчання НМ проводилось наступним чином, база даних містить набір навчаючих пар, які діляться на дві нерівні частини.

Велику частину використовують як навчаючу, а меншу, як тестуючи. Навчаюча база вводиться в НМ а вона дає відповідь, якщо відповідь співпадає з експертною оцінкою то НМ навчена. Якщо помилка велика, то процес навчання повторюється до тих пір поки не будуть отримані результати, які задовольняють користувача.

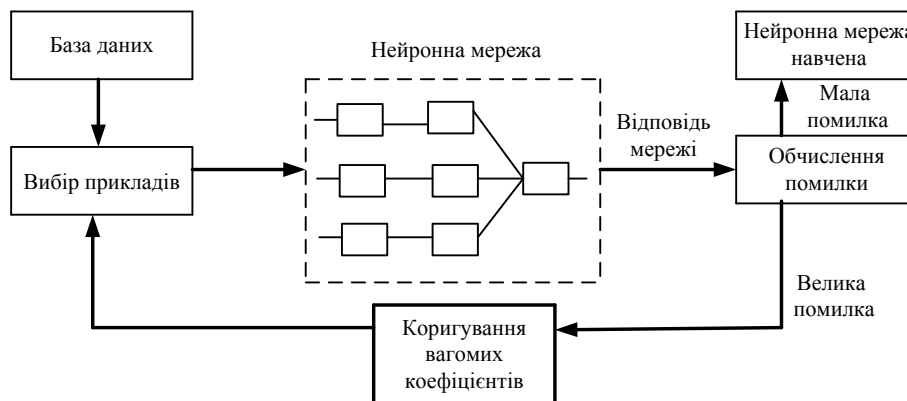


Рис. 5. Процедура навчання багат шарової НМ

**5. Результати дослідження**

В якості середовища моделювання штучних нейронних мереж використовувався пакет Neural Network Toolbox, який входить в стандартну поставку MATLAB [10]. Пакет Neural Network Toolbox забезпечує всебічну підтримку типових нейромережових парадигм і має відкриту модульну архітектуру. Пакет містить функції командного рядка і графічний інтерфейс користувача для швидкого покрокового створення різних програмних моделей нейромереж [11]. При побудові навчальної множини для першої нейромережі були обрані 10 навчаємих (табл. 4), які прослухали навчальний курс «Автоматика та автоматизація на транспорті» і вже отримали екзаменаційні оцінки.

Для навчаючої множини були взяті дані перших 9 суб'єктів навчання. Результати суб'єкта під номером 10 використовувались для перевірки навчаємої НМ. Як видно із (рис. 6), для навчання двух шарової НМ достатньо було 5 епох при нульовій похибці.

На (рис. 6) представлено тестування та гістограма помилок для 10 суб'єкта, значення якого використовувались для перевірки НМ.

На (рис. 7) представлені результати моделювання першої НМ.

Представлений результат співпадає з тією оцінкою яку дійсно отримав 10 суб'єкт з дисципліни

(табл. 4). В таблиці представлені вихідні дані з першої НМ (табл. 5). По аналогії з попередньою НМ була побудована модель другої трьох шарової НМ. Вхідні сигнали НМ – це вектор оцінок, а вихідні – вектор усереднених знань та вмій, які готував викладач, який викладає суб'єктам навчання дану дисципліну.

З початкової програми по даній дисципліні були взяті знання та вміння якими суб'єкти навчання повинні володіти після вивчення даної дисципліни, і для цього викладачем була сформована (табл. 3), яка показує за які знання і вміння ставиться певна оцінка. Сумісна робота двох навчаємих НМ оцінювалась на характеристиках ментальності суб'єктів навчання з номером 10 (табл. 4), який не приймав участі в навчанні. Аналіз роботи першого каскаду показав, що значення компонент вихідного сигналу наближені до коду (1110111111). Це кодування відповідає екзаменаційній оцінці «відмінно», яку дійсно отримав даний суб'єкт на екзамені (табл. 4).

Розглянемо як змінилась похибка при моделюванні другої НМ (рис. 8).

Прогнозована оцінка виходу першої НМ (табл. 5) подавалась на вхід другої НМ, яка формувала результативні вектори Y кінцевих знань та вмій даних суб'єктів (табл. 6).

Таблиця 4

Результати тестування суб'єктів навчання

Характеристика	Студенти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Рівень інтелекту	18	23	16	15	19	15	14	18	21	24
Рівень спеціальних здібностей (в даному випадку фундаментальних)	40	75	30	40	40	20	75	70	95	90
Вміння працювати в команді	15	80	30	50	40	40	40	40	70	50
Етична оцінка	10	90	70	50	40	40	70	50	70	60
Перспектива посісти лідера колективу	10	85	10	10	10	10	30	30	50	40
Інтегральний рейтинг	15	90	90	70	30	15	50	100	100	95
Стать	ч	ж	ч	ч	ч	ч	ч	ж	ч	ж
Отримана оцінка	3	5	4	3	3	2	5	3	5	5

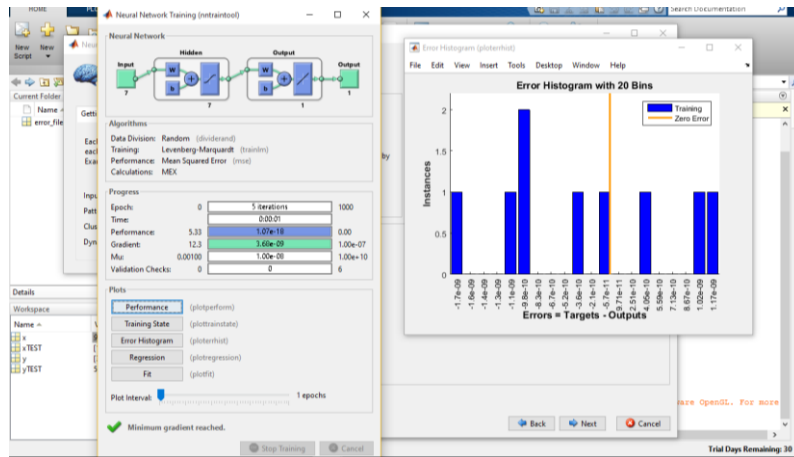


Рис. 6. Тестування та гистограма помилок

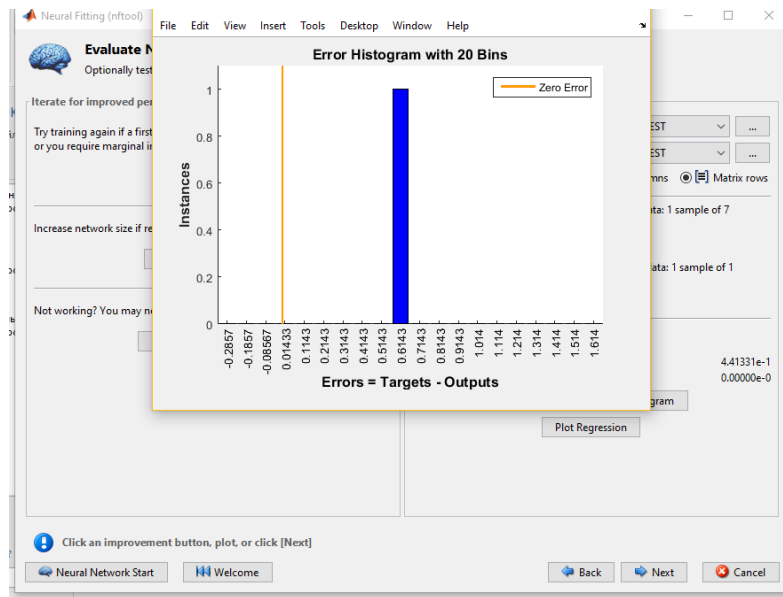


Рис. 7. Гистограма помилок тестуючої множини

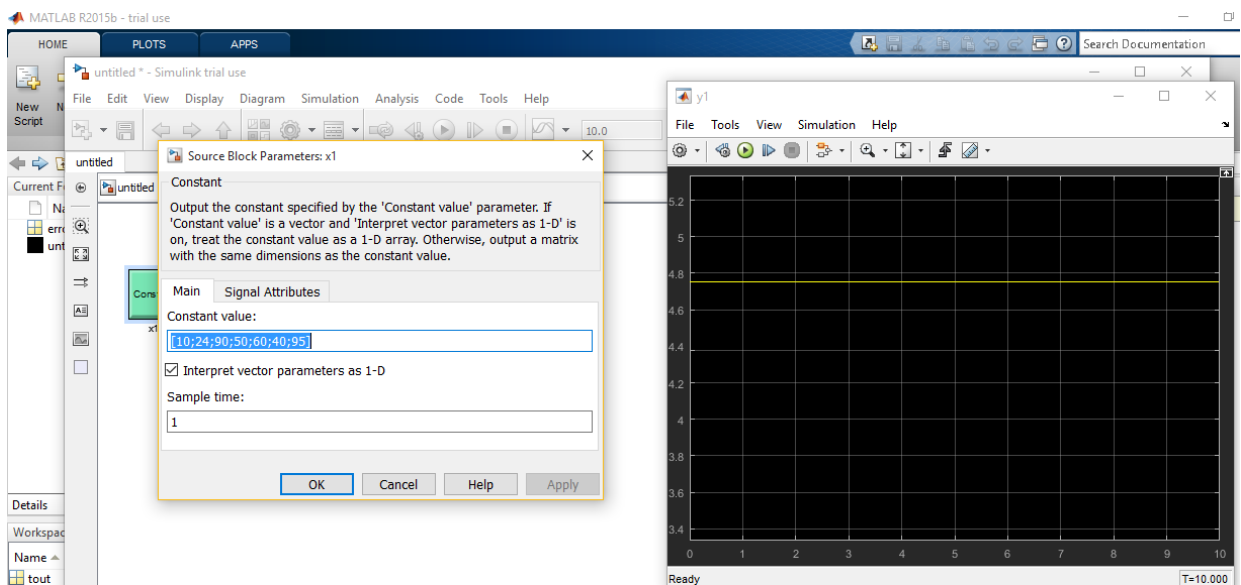


Рис. 7. Результати моделювання першої НМ

Таблиця 5

Вихідні дані з першої НМ

Студент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Оцінка	3	5	3	3	3	2	5	3	5	4,78

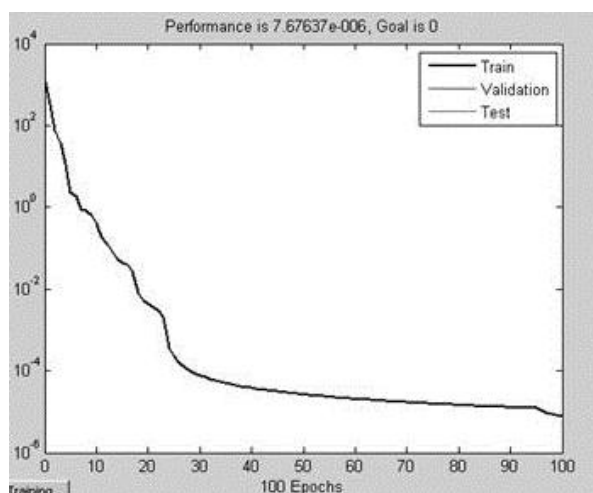


Рис. 8. Зміна похибки при моделюванні другої НМ

Таблиця 6

## Результат моделювання другої НМ

y1	y2	y3	y4	y5	y6	y7	y8	y9	y10	y11
1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1

Де складову вектора  $Y$  можна трактувати, як ступінь упевненості в тому що, у даного суб'єкта навчання зберігаються в його паняті відповідні знання та вміння. Якщо спів ставити отриманий результат з критеріями оцінки по даній дисципліні, то сукупність з прогнозованих знань та вмінь відповідає оцінці «відмінно» (табл. 6). Що підтверджує правильність запропонованих ідей по вирішенню поставленої задачі.

### 6. Висновки

Запропонований підхід до НМ моделювання слабоформалізованого процесу підготовки авіаційних фахівців, заснований на передачі професійних навичок та набутих знань в залежності від індивідуальних здібностей суб'єктів навчання. Після отримання ментального портрету суб'єктів навчання, який відображає їх індивідуальні здібності був розроблений алгоритм синтезу двухаскадної НМ імітуючої результат професійного навчання шляхом виявлення кінцевих знань та вмінь суб'єктів навчання з якими вони буде виходити на ринок праці.

На основі даної НМ можуть бути розроблені програмні продукти для автоматизованих систем керування навчанням та контролю знань при підготовці авіаційних кадрів.

### Література

1. Жулев, В. И. Безопасность полетов летательных аппаратов [Текст] / В. И. Жулев, В. С. Иванов. – М.: Транспорт, 1986. – 224 с.
2. Овчаров, В. Е. Человеческий фактор в авиационных происшествиях [Текст] / В. Е. Овчаров. – М.: МАК, 2005. – 80 с.
3. Морозов, А. Н. Состояние безопасности полетов в гражданской авиации государств – участников «Соглашения о гражданской авиации и об использовании воздушного транспорта» в 2008 году [Текст] / А. Н. Морозов // Труды общества независимых расследований авиационных происшествий. – 2009. – № 21. – С. 7–28.
4. Казак, В. М. Системні методи відновлення живучості літальних апаратів в особливих ситуаціях у польоті [Текст] / В. М. Казак. – К.: НАУ, 2010. – 284 с.
5. Савінов, О. М. Моделювання та управління якістю підготовки авіаційних фахівців [Текст]: монографія / О. М. Савінов. – К.: Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2010. – 172 с.
6. Ильин, Е. П. Психология творчества, креативности одаренности [Текст] / Е. П. Ильин. – СПб.: Питер, 2004. – 537 с.
7. Айзенк, Г. Новые тесты IQ [Текст] / Г. Айзенк. – М.: Изд-во «Эскмо», 2003. – 189 с.
8. Дейнека, А. В. Современные тенденции в управлении персоналом [Текст]: уч. пос. / А. В. Дейнека. – М.: Изд-во «Академия естествознания», 2009. – 294 с.