

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

ПРОХОРЕНКО ІРИНА ВОЛОДИМИРІВНА

УДК 681.5.015:658.336:004.032.26 (043.3)

**АВТОМАТИЗОВАНЕ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ПІДГОТОВКИ
АВІАЦІЙНИХ КАДРІВ НА ОСНОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ МЕТОДІВ**

Спеціальність 05.13.07. «Автоматизація процесів керування»

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2016

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі автоматизації та енергоменеджменту Національного авіаційного університету Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Касьянов Володимир Олександрович,
Національний авіаційний університет,
професор кафедри механіки.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, старший науковий співробітник
Ланкін Юрій Миколайович,
Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України,
завідувач відділу автоматичного регулювання процесів зварювання і нанесення покриттів;

кандидат технічних наук, доцент
Власенко Лідія Олександрівна,
Національний університет харчових технологій,
доцент кафедри автоматизації та інтелектуальних систем керування.

Захист відбудеться «29» червня 2016 р. о 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.002.04 в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут» за адресою: 03056 м. Київ, просп. Перемоги, 37, корпус 18, ауд. 438.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотечі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» за адресою: 03056 м. Київ, просп. Перемоги, 37.

Автореферат розісланий «27» травня 2016 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради
к.т.н., професор

Л. С. Ямпольський

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В умовах подолання кризових явищ в економіці та кадровій політиці питання якості підготовки технічних кадрів (льотного складу) доволі актуальне. Основною причиною цього є невідповідність якості підготовки фахівців навчальних закладів вимогам їх замовників, відсутність необхідних компетенцій 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 підготовки потрібний високий рівень матеріально-технічного забезпечення та оптимальне використання всіх наявних ресурсів: матеріальних, фінансових, кадрових, часових. Цій проблемі присвячені праці вітчизняних учених, таких як: Е. Г. Винограй, Є. С. Жариков, О. С. Разумовський, Г. А. Ширшин, А. І. Уемов, В. В. Яцкевич. Вирішення цього складного завдання вимагає впровадити математичні методи підтримки прийняття управлінських рішень щодо формування оптимальних стратегій та вчасного коригування поточних методів навчання відповідно до зміни внутрішніх та зовнішніх умов. Основними інструментами для цього можуть стати інтелектуальні методи моделювання та оптимізації, які дають змогу прогнозувати можливий розвиток подій, наслідки тих чи інших впливів на управлінські рішення, а головне, дозволяють знайти найкращі оптимальні рішення щодо підготовки авіаційних кадрів. У цій роботі оптимізація та інтелектуальні методи моделювання процедури підготовки розглянуті на прикладі підготовки льотного складу. Оскільки питання відповідності рівня професійної підготовки льотного складу за постійно зростаючих вимог щодо забезпечення безпеки польотів (БП) стають більш жорсткішими. Аналіз стану БП спонукає до необхідності реформування існуючої системи підготовки авіаційного персоналу. Відповідно до існуючої статистики до 80 % авіаційних подій відбувається з вини персоналу, основні чинники помилкових дій якого прямо або опосередковано пов'язані з рівнем їх професійної підготовки. Ідеї та методи системної оптимізації були запропоновані академіком В. М. Глушковим, розвинені академіком В. С. Міхалевичем, професорами В. Л. Волковичем та К. Д. Жуком. Підвищенню якості підготовки фахівців за рахунок автоматизованого керування, у тому числі і на основі методів і засобів штучного інтелекту присвячені праці Д. А. Поспелова, В. А. Геловані, В. М. Глушкова, І. Ю. Юсупова, Т. А. Гаврилової, Е. А. Трахтенгерца, А. І. Галушкіна, А. Ньюелла, Н. А. Саймона, Б. Алена, Т. Бернерс-Лі, Р. Бергмана та ін.

Водночас недостатньо дослідженою є проблема розроблення інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень під час керування

процесом підготовки авіаційних кадрів, що зумовлює актуальність вибраного напрямку досліджень.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дана робота є складовою частиною досліджень, що проводяться в Національному авіаційному університеті, і спрямована на подальше вдосконалення автоматизованого керування процесом підготовки авіаційних кадрів.

Дисертаційна робота виконувалась у рамках фундаментальної держбюджетної науково-дослідної роботи: № 400-ДБ 07 «Формування системи управління якістю вищих навчальних закладів». Номер державної реєстрації НДР: 0107U002741.

Мета і завдання дослідження. Мета дисертаційної роботи – підвищення ефективності автоматизованого керування процесом підготовки авіаційних кадрів шляхом використання інтелектуальних методів.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі основні завдання:

1. Провести порівняльний аналіз публікацій за темою досліджень та чинників, що впливають на ефективність автоматизованого керування процесом підготовки авіаційних кадрів.

2. Розробити математичні моделі оптимізації розподілу операційного часу для різних рівнів індивідуальних здібностей суб'єктів навчання під час автоматизованого керування процесом підготовки авіаційних кадрів.

3. Обґрунтувати і розробити критерій оцінки якості засвоєння інформації та набуття практичних навичок суб'єктами навчання.

4. Розробити структуру автоматизованої системи керування процесом підготовки авіаційних кадрів та алгоритми її функціонування.

5. Розробити алгоритм автоматизованого керування розподілом операційного часу залежно від інформаційних зв'язків між блоками інформації.

6. Синтезувати нейромережеву модель визначення залежності залишкових знань суб'єктів навчання від їх індивідуальних здібностей.

Об'єкт дослідження – процес автоматизованого керування підготовкою авіаційних кадрів.

Предмет дослідження – методи автоматизованого керування процесом підготовки авіаційних кадрів.

Методи дослідження. Для розв'язання поставлених завдань у роботі використані: методи сучасної теорії автоматизованого керування, системного аналізу, оптимізації, математичного моделювання, нечіткої логіки, положень та теорії ймовірностей.

Наукова новизна отриманих результатів. Наукові положення, отримані дисертантом, та їх новизна полягають у такому:

Уперше:

1. Розроблено математичні моделі оптимізації розподілу операційного часу для різних рівнів індивідуальних здібностей суб'єктів навчання, що дало можливість експериментально визначити оптимальний час засвоєння інформації та набуття необхідних для самостійного польоту навичок.

2. Розроблено критерій оцінки якості засвоєння інформації, який дозволив визначати експериментальні показники найбільш ефективного засвоєння інформації та набуття практичних льотних навичок суб'єктами навчання з урахуванням їх індивідуальних здібностей.

Дістав подальшого розвитку:

Алгоритм параметричного та структурного синтезу нейронної мережі, що дозволило автоматизувати процес підтримки прийняття рішень під час керування підготовкою авіаційних кадрів.

Практичне значення отриманих результатів. Воно полягає у розробленні алгоритмічного забезпечення автоматизованого процесу керування розподілом операційного часу залежно від рівня індивідуальних здібностей суб'єктів та розподілом операційного часу відповідно до інформаційних зв'язків між блоками інформації, що дозволяє управляти часовою структурою програм навчання. Запропоновано нейромережеву модель (НМ) процесу професійної підготовки авіаційних кадрів на базі інтелектуальних технологій, що дало змогу прогнозувати рівень підготовки авіаційних кадрів залежно від їх індивідуальних здібностей. Отримані результати розробленої структури та алгоритму можуть бути використані як методичне забезпечення розробки програмних продуктів автоматизованих систем керування процесом підготовки пілотів, а також у навчальному процесі під час підготовки фахівців за спеціальністю «Автоматика та автоматизація на транспорті».

Особистий внесок здобувача. Результати досліджень, які увійшли до дисертаційної роботи, отримано особисто автором. В опублікованих роботах у співавторстві здобувачеві належить: в працях [1,2,7] проведено аналіз аспектів процесу підготовки авіаційних фахівців, наведено класифікацію ресурсів, які реалізуються в процесі їх підготовки, при вирішенні проблемно-ресурсної ситуації; у працях [3,8] наведено моделі формалізації задач навчання з контролем та забування навчальної інформації, які надають можливість визначити оптимальний час для засвоєння інформації залежно від рівня індивідуальних здібностей суб'єктів навчання; в працях [4,10,11] запропоновано методологічні складові, щодо вирішення проблем удосконалення процесу підготовки фахівців шляхом формалізації завдань навчання з контролем і забуванням засвоєної навчальної інформації; в працях [5,6] запропоновано інформаційну зв'язність блоків навчальної інформації та наведено параметричну ідентифікацію, на основі опрацювання статистичних даних успішності суб'єктів навчання; у праці [9] запропоновано застосування

принципу максимуму суб'єктивної ентропії до дослідження процесу підготовки фахівців; у праці [12] розглядається можливість використання моделі нейронних мереж, для оцінки рівня професійної підготовки авіаційних кадрів.

Апробація результатів роботи. Основні результати досліджень, які наведено в дисертаційній роботі, доповідалися автором і обговорювалися на: IV World Congress “Aviation in the XXI Century” – “Safety in Aviation and Space Technologies”; III World Congress “Aviation in the XXI Century” – “Safety in Aviation and Space Technologies”; VI Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених і студентів «ПОЛІТ-2010»; IX Міжнародній науково-технічній конференції «ABIA-2009»; X Міжнародній науково-технічній конференції «ABIA-2011»; XVI Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених і студентів «Політ. Сучасні проблеми науки».

Публікації. За темою дисертаційних досліджень опубліковано 12 наукових праць, з яких 6 статей у наукових фахових виданнях (з них 1 стаття у іноземному виданні та 3 статті у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз) і 6 тез доповідей в збірниках матеріалів міжнародних конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків. Робота містить 134 сторінки основного тексту, 71 рисунок та 14 таблиць. Загальний обсяг дисертації – 141 сторінка, список літературних джерел налічує 106 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету і завдання наукового дослідження, викладено основні наукові та практичні результати, які отримані у дисертації і виносяться на захист, наведено дані про зв'язок роботи з науковими програмами, відомості щодо реалізації і апробації результатів досліджень та публікації автора, визначено особистий внесок у роботах, що виконані у співавторстві.

Перший розділ присвячено аналізу публікацій за темою дисертації, визначено внесок вітчизняних і закордонних учених у науковий напрям досліджень. Показано, що майже 80 % авіаційних подій відбувається з провини персоналу, основні причини помилкових дій якого прямо або опосередковано пов'язані з рівнем його професійної підготовки. Тому питання відповідності рівня професійної підготовки льотного складу є найбільш актуальним в умовах еволюційних змін у теорії забезпечення БП. Наведено аналіз типової структури автоматизованого керування процесом підготовки авіаційних кадрів. На основі аналізу відомих методів та засобів, які

впливають на процес підготовки авіаційних кадрів, визначено такі основні чинники впливу: зміст та структура навчального матеріалу, методи, засоби і матеріально-технічна база, професійний рівень професорсько-викладацького (ПВС) та інструкторського складу. Встановлено, що на процес сприйняття і запам'ятовування інформації впливають: кількість відведеного часу, структура та послідовність навчального матеріалу, утворення інформаційних зв'язків між блоками навчальної інформації, частота використання понять і швидкість передачі інформації, готовність ПВС якісно передавати інформацію з навчальних дисциплін і готовність суб'єктів навчання якісно її сприймати та засвоювати [1,10]. На підставі аналізу процесу підготовки авіаційних кадрів проведено його структуризацію, визначені керувані та керуючі впливи на процес підготовки авіаційних кадрів, як істотну керуючу змінну в роботі за основу взято розподіл операційного часу.

У другому розділі наведено оптимізацію розподілу операційного часу для різних рівнів індивідуальних здібностей суб'єктів навчання. Для цього розроблено математичні моделі оптимізації розподілу операційного часу в процесі автоматизованого керування підготовкою фахівців для двох задач: для різних рівнів індивідуальних здібностей суб'єктів навчання та для двох видів інформаційного зв'язку між блоками інформації. Для цього в роботі був розроблений критерій оптимальності:

$$F(\Delta) = \frac{\Delta_1}{1 + \Delta_1} + \frac{\Delta_2}{1 + \Delta_2} \cdot \sigma_{\text{інвал.}} \quad (1)$$

де Δ_1, Δ_2 – проміжки часу, протягом яких засвоюється інформація.

Даний критерій був розроблений для спрощених схем автоматизованого керування. На (рис.1,а) зображено схему автоматизованого керування процесом підготовки фахівців з контролем і забуванням інформації [2].

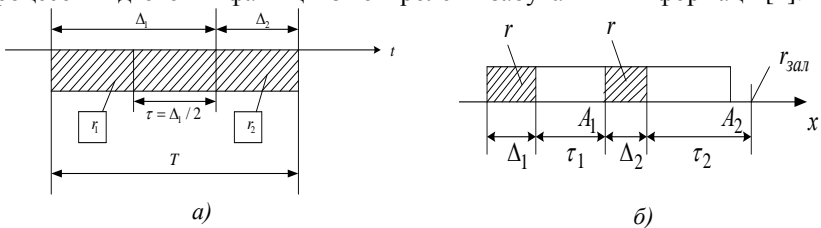


Рис.1. Схеми автоматизованого керування процесом підготовки авіаційних фахівців з контролем і забуванням (а) та з повторюванням інформації (б)

У схемі розглядаються два блоки навчальної інформації r_1 і r_2 та проміжки часу Δ_1 і Δ_2 , протягом яких засвоюються ці блоки інформації. Загальний час вивчення інформації фіксований T . На рис.1,б наведено схему автоматизованого керування навчанням з повторюванням інформації, де на

проміжку Δ , здійснюється її вивчення, а на проміжку τ_1 , контроль її засвоєння [3]. За результатами аналізу наведених схем виконано моделювання задач з метою визначення оптимального часу засвоєння інформації залежно від рівня індивідуальних здібностей суб'єктів. Першу задачу щодо оптимального часу засвоєння інформації, залежно від індивідуальних здібностей суб'єктів подано у вигляді моделі:

$$\sigma_N = \xi_{NK} \sigma_K, \quad (2)$$

де σ_K – ступінь володіння даним фрагментом навчальної інформації в момент часу t_K ; ξ_{NK} – коефіцієнт втрати інформації за проміжок часу $t_N - t_K$ за рахунок її забуття. Для визначення σ_K скористаємося виразами:

$$\sigma_{NK} = \frac{\eta}{N - K + 1}; \quad (3)$$

$$\sigma_{NK} = \eta \left(1 - \ln \frac{1}{N - K + 1} \right). \quad (4)$$

Критерій оптимальності $F(\Delta)$ (1), розроблено з урахуванням різних рівнів індивідуальних здібностей суб'єктів навчання – η . У попередніх моделях основне завдання полягало в дослідженні залежності часу засвоєння інформації від рівнів індивідуальних здібностей суб'єктів завдяки побудові критерію оптимальності. Наступна модель визначає ступінь залежності засвоєння інформації σ від швидкості її передавання v_i і має вигляд:

$$\sigma = f v_i e^{-\lambda v_i}. \quad (5)$$

Застосування розроблених моделей до різних схем автоматизованого керування процесом підготовки авіаційних кадрів, дає змогу забезпечити формування взаємопов'язаних блоків навчального матеріалу [3,8]. Розглянемо випадок під час вивчення двох блоків інформації з двома видами зв'язку.

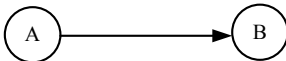


Рис. 2. Жорсткий зв'язок



Рис. 3. Гнучкий зв'язок

При жорсткому зв'язку (рис. 2) засвоєння блоку інформації B не можливе без засвоєння блоку інформації A . При гнучкому зв'язку (рис.3) блок інформації B можна засвоювати без засвоєння блоку інформації A . Визначення оптимального часу засвоєння інформації для двох видів зв'язку пропонується за допомогою такої моделі.

$$P(A) = 1 - e^{-at}. \quad (6)$$

За даними, отриманими за виразом (6), побудовано графік (рис.4) залежності оцінок імовірностей засвоєння блоку інформації $P(A)$ від часу t .

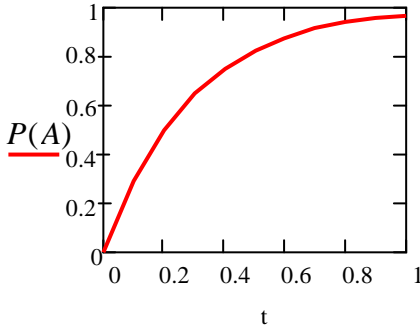


Рис.4. Графік залежності ймовірності засвоєння блоків інформації

Визначення оцінок імовірностей засвоєння блоку інформації B за умови, що блок A вже засвоєно, здійснено за моделлю (6):

$$P(B/A) = 1 - e^{-bt_2}. \quad (7)$$

Оцінка ймовірності незасвоєння блоку \bar{A} :

$$P(\bar{A}) = 1 - P(A) = e^{-at_1}. \quad (8)$$

Тоді оцінка ймовірності засвоєння B при не засвоєному блоці інформації \bar{A} визначається як:

$$P(B/\bar{A}) = (1 - e^{-b_2(T-t_1)}). \quad (9)$$

Отже, оцінка ймовірності одночасного засвоєння блоків A і B становитиме:

$$P(A \wedge B) = P(A)P(B/A) = (1 - e^{-at_1})(1 - e^{-b_1(T-t_1)}). \quad (10)$$

Відповідно інформація при нежорсткому зв'язку між A і B визначається:

$$\begin{aligned} I_{A,B}^* &= P(A)P(B/A) \ln \frac{P(B/A)}{P(A)P(B/A) + P(\bar{A})P(B/\bar{A})} = \\ &= \frac{1 - e^{-b_1(T-t_1)}}{(1 - e^{-at_1})(1 - e^{-b_1(T-t_1)}) + e^{-at_1}(1 - e^{-b_2(T-t_1)})}. \end{aligned} \quad (11)$$

При гнучкому зв'язку $P(\bar{A})P(B/\bar{A}) = 0$. Параметри a, b_1, b_2 залежать як від складності тем A і B , так і від рівня індивідуальних здібностей суб'єктів навчання:

b_1 – застосовується при засвоєнні блоку інформації A ;

b_2 – застосовується при не засвоєнні блоку інформації \bar{A} .

У роботі було проведено параметричну ідентифікацію параметрів a, b_1, b_2 . Ідентифікація параметрів a, b_1, b_2 для моделі (6) за виразом:

$$\alpha = \frac{1}{t} \cdot \left(\frac{1}{\ln(1 - P(A))} \right). \quad (12)$$

Для цього були взяті та опрацьовані статистичні дані результатів модульного контролю студентів першого курсу механіко-енергетичного факультету (табл.1). У таблиці наведені кількісні оцінки ймовірностей засвоєння інформації, отримані за виразами (7) – (12). На підставі аналізу цих результатів були отримані залежності ймовірностей засвоєння блоку інформації B від часу при гнучкому та жорсткому зв'язках [5].

Кількісні оцінки ймовірностей засвоєння інформації

101 Група						
$P(A) = 0.33$	$P(\bar{A}) = 0.66$	$P(B/\bar{A}) = 0.125$	$P(B/A) = 1$	$a = 0.756$	$b_1 = 9.798$	$b_2 = 0.284$
102 Група						
$P(A) = 0.87$	$P(\bar{A}) = 0.13$	$P(B/\bar{A}) = 0$	$P(B/A) = 1$	$a = 3.849$	$b_1 = 9.798$	$b_2 = 0$
103 Група						
$P(A) = 0.3$	$P(\bar{A}) = 0.7$	$P(B/\bar{A}) = 0.093$	$P(B/A) = 0.89$	$a = 0.673$	$b_1 = 4.696$	$b_2 = 0.212$
104 Група						
$P(A) = 0.43$	$P(\bar{A}) = 0.57$	$P(B/\bar{A}) = 0$	$P(B/A) = 0.83$	$a = 1.061$	$b_1 = 3.77$	$b_2 = 0$
105 Група						
$P(A) = 0.57$	$P(\bar{A}) = 0.43$	$P(B/\bar{A}) = 0.17$	$P(B/A) = 0.875$	$a = 1.592$	$b_1 = 4.424$	$b_2 = 0.396$

На підставі ідентифікації параметрів a, b_1, b_2 та залежностей оцінок ймовірностей отримані оптимальні значення часу для засвоєння блоків інформації.

У роботі розроблено критерії оцінки якості засвоєння інформації:

$$Q(t) = \alpha_1 PA(t) + \alpha_2 PB(t), \quad (13)$$

де $\alpha_1, \alpha_2 = 1$ – параметри, які характеризують цінність блоку інформації; $P(A), P(B)$ – оцінки ймовірності засвоєння інформації, взяті відповідно до оптимального часу засвоєння інформації. Частину отриманих залежностей критерію якості від часу наведено на рис.5.

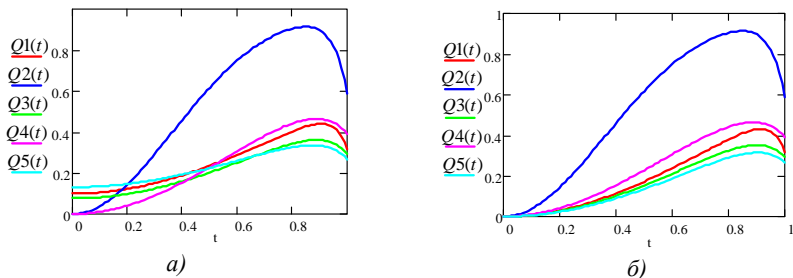


Рис.5. Залежність критерію оцінки якості засвоєння інформації від часу при гнучкому (а) та жорсткому (б) зв'язках

Аналіз залежностей виявляє основні закономірності змін критерію якості, що надає можливість використовувати накопичену статистику під час

розв'язання задач автоматизованого процесу керування підготовкою авіаційних кадрів, та визначити наявність оптимального часу засвоєння блоків інформації навчальними групами, потоками.

Третій розділ присвячено розробленню НММ та визначенню залежності оцінки залишкових знань та вмінь суб'єктів навчання від їх індивідуальних здібностей а також алгоритм параметричного та структурного синтезу НМ. За

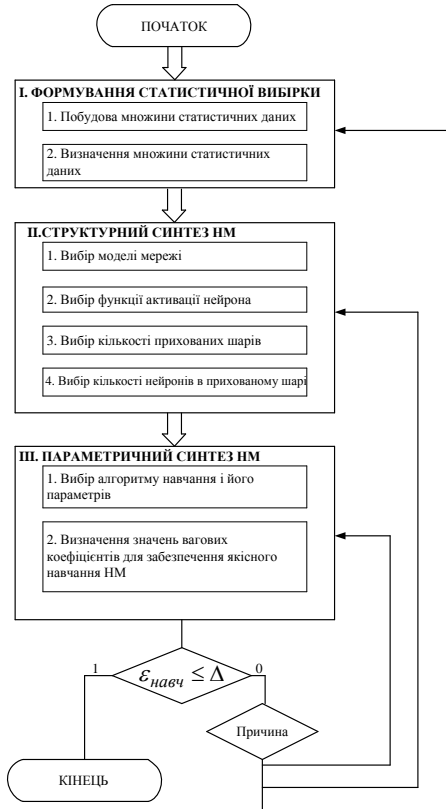


Рис.6. Алгоритм синтезу НМ:

$\epsilon_{\text{навч}}$ – похибка навчання НМ

результатами синтезу архітектур НМ щодо моделювання процесу підготовки авіаційних кадрів у роботі було обґрунтовано і взято за основу багатшарову мережу прямого розповсюдження. Навчання НМ проведено за методом «навчання з учителем» за алгоритмом зворотнього розповсюдження помилок. Розроблений алгоритм синтезу НМ оцінки залишкових знань суб'єктів за їх індивідуальними здібностями наведено на рис. 6. У цьому алгоритмі визначені етапи синтезу НМ. Для побудови потрібної НММ необхідно враховувати чинники, що впливають на суб'єктів, а також визначити ступінь їх впливу. Оскільки кожний окремий суб'єкт є насамперед особистістю, то необхідно, перш за все, проаналізувати його особистісні властивості. У роботі виявлені основні чинники, що впливають на суб'єктів під час їх

підготовки. Для аналізу особистостей були визначені такі чинники: мотивація суб'єктів щодо навчання, інтелектуальні здібності суб'єктів, їх соціально-психологічні особливості, фізіологічні чинники, що впливають на навчання. Кожен з цих типів розбивається на кілька показників, які можна визначити за результатами тестових опитувань.

Чинники, що впливають на засвоєння суб'єктами навчального матеріалу систематизовано так, як це показано на рис. 7. Для визначення оцінки залишкових знань суб'єктів в залежності від їх індивідуальних здібностей розроблено НММ, структуру якої зображено на рис.8.



Рис. 7. Чинники, які впливають на рівень запам'ятовування навчального матеріалу суб'єктами навчання

Структуру НММ оцінки залишкових знань суб'єктів від їх індивідуальних здібностей побудовано на базі багатоваріантного перцептрона з нелінійною функцією активації. Для навчання НМ використовувалася така об'єктивна інформація:

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

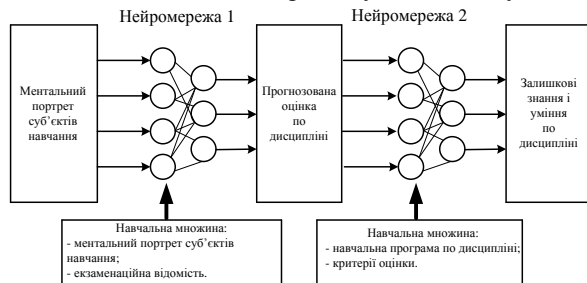


Рис. 8. Структура нейронної мережі

Прогнозування залишкових знань по одній конкретно взятій дисципліні для одного суб'єкта здійснювалося у два етапи. На першому етапі прогнозується екзаменаційна оцінка на підставі індивідуальних здібностей суб'єктів. 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 і екзаменаційної відомості.

Вхідні параметри для першої НМ наведено 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.

Таблиця 2

Вхідні параметри першої НМ

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

Результати анкетування та тестування суб'єктів навчання наведено в табл. 3.

Таблиця 3

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 (у даному випадку фундаментальних)	40	75	30	40	40	20	75	70	95	90
Уміння 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

Навчальну множину для другої НМ формує викладач зі своєї дисципліни, використовуючи затверджені критерії оцінки та навчальну програму дисципліни, яка містить перелік знань і навичок. Розмір вектора визначається

сумарною кількістю знань і умінь, передбачених навчальною програмою дисципліни:

$$Y = (y_1, y_2, \dots, y_n), \quad (14)$$

де y – кількість знань і умінь; $y_i \in [0,1]$.

Навчання НМ проводилося за стратегією «навчання з учителем» за алгоритмом зворотного поширення помилки. Середовища моделювання ШНМ використовувався пакет Neural Network Toolbox, який входить у стандартну настанову MATLAB. При побудові навчальної множини для першої НМ були обрані 10 суб'єктів, які прослухали навчальний курс «Автоматика та автоматизація на транспорті» і вже отримали екзаменаційні оцінки. Для навчаючої множини були взяті дані перших 9-ти суб'єктів. Результати суб'єкта за номером 10 використовувались для перевірки навчальної множини. На рис. 9 показано гістограму помилок навчаючої та тестуючої множини. Аналіз даних графіків показав, що для навчання двошарової НМ достатньо було п'яти епох при нульовій похибці.

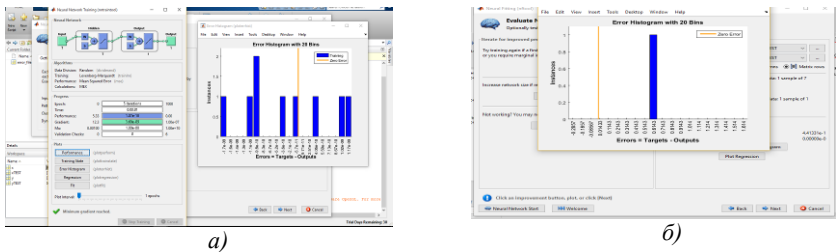


Рис.9. Гістограма похибок навчаючої (а) та тестуючої множин (б)

За аналогією з попередньою НМ було побудовано модель другої тришарової НМ. Вхідні сигнали НМ – це вектор оцінок, а вихідні – вектор усереднених знань та умінь, які готував викладач та інструктор, які навчають суб'єкта даним теоретичним та практичним навичкам [10].

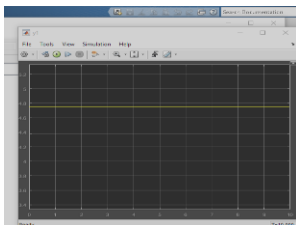


Рис. 10. Результати моделювання першої НМ

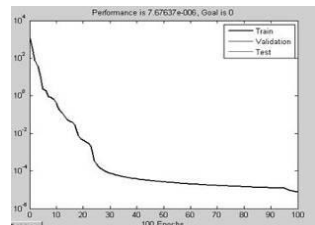


Рис.11. Зміна похибки під час моделювання другої НМ

На рис. 10 наведено результати моделювання першої НМ. Аналіз роботи першого каскаду показав, що значення компоненти вихідного сигналу

наближені до коду (1110111111). Це кодування відповідає екзаменаційній оцінці «відмінно», яку насправді отримав даний суб'єкт на іспиті (див. табл.3). На рис. 11 показано частину результатів навчання другої НМ. У табл.4 наведено вихідні дані з першої НМ.

Таблиця 4

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

Прогнозована оцінка з виходу першої НМ подавалась на вхід другої НМ, яка формувала результуючий вектор Y кінцевих знань та вмінь даного суб'єкта. Значення вектора Y можна трактувати як ступінь упевненості в тому, що в пам'яті у даного суб'єкта зберігаються відповідні знання та навички [11]. Якщо зіставити отриманий результат із критеріями оцінки за даною дисципліною, то наведена в табл.5 сукупність із прогнозованих знань та вмінь відповідає оцінці «відмінно». Що підтверджує правильність запропонованих ідей щодо розв'язання поставленої задачі.

Таблиця 5

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	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

Отже, запропонована НМ надає можливість із достатньо високою точністю прогнозувати рівень професійної підготовки пілотів [12].

Четвертий розділ дисертації присвячено розробленню алгоритмів автоматизованого керування процесом розподілу операційного часу залежно від рівня індивідуальних здібностей суб'єктів навчання та інформаційного зв'язку між блоками інформації щодо вдосконалення системи автоматизованого керування процесу підготовки авіаційних кадрів. Визначення експериментальних значень розподілу операційного часу відповідно до рівня індивідуальних здібностей суб'єктів представлено

графіками залежності критерію оптимальності від часу засвоєння інформації суб'єктами навчання (рис.12).

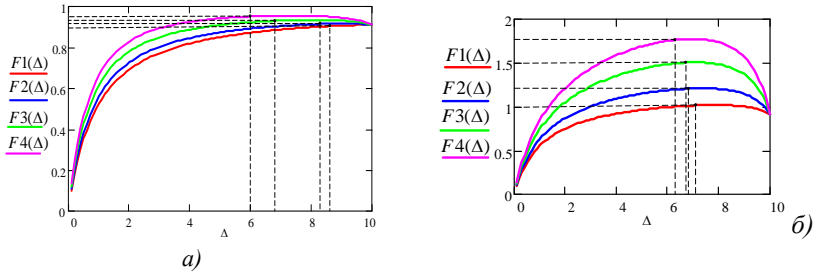


Рис.12. Графіки залежності критерію оптимальності від часу засвоєння суб'єктами інформації для виразу (3) (а) та для виразу (4) (б)

Графічні залежності представлені на рис.12, базуються на розроблених моделях (3)-(4). Аналіз отриманих результатів залежностей вказує на таку закономірність: зі зменшенням рівня індивідуальних здібностей суб'єктів η , збільшується час засвоєння навчальної інформації та зменшується критерій оптимальності. У табл.6 наведено оптимальний час засвоєння інформації для різних рівнів індивідуальних здібностей суб'єктів навчання.

Таблиця 6

Оптимальні значення операційного часу відповідно до рівнів індивідуальних здібностей суб'єктів навчання

Рівень IQ	$\eta_1 = 0,29$	$\eta_2 = 0,45$	$\eta_3 = 0,62$	$\eta_4 = 0,74$
t_{opt} для моделі 3	9	8	7	6
t_{opt} для моделі 4	7	6,8	6,7	6,5

Визначення експериментальних значень операційного часу залежно від інформаційного зв'язку між блоками інформації було отримано за допомогою залежностей імовірності засвоєння блоків навчальної інформації B від часу при гнучкому та жорсткому зв'язках (рис.13) [4].

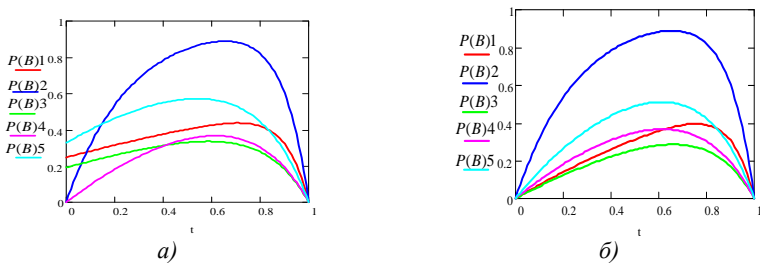


Рис. 13. Залежності ймовірностей засвоєння блоків навчальної інформації B від часу при гнучкому (а) та жорсткому (б) зв'язках

З аналізу кривих (рис.13) робимо висновок, що дані залежності дозволяють визначити оптимальний час засвоєння навчальної інформації залежно від інформаційного зв'язку між блоками інформації.

Таблиця 7

Порівняльний аналіз оптимального часу при гнучкому зв'язку

Група	$t_{пр}$ по програмі	$t_{орт}$ експериментальне	Імовірність засвоєння блоку інформації $\Delta P(B)$ %	Тижні по програмі	Тижні експериментальні
101	0,53	0,76	7,5	9	12
102		0,65	3		11
103		0,59	3		10
104		0,61	3		10
105		0,61	5		10

Таблиця 8

Порівняльний аналіз оптимального часу при жорсткому зв'язку

Група	$t_{пр}$ по програмі	$t_{орт}$ експериментальне	Імовірність засвоєння блоку інформації $\Delta P(B)$ %	Тижні по програмі	Тижні експериментальні
101	0,53	0,71	7	9	12
102		0,65	3		11
103		0,66	7		11
104		0,61	3		10
105		0,61	2		10

З аналізу даних табл.7 – 8 робимо висновок, що в результаті застосування оптимального часу, отриманого експериментальним шляхом, імовірність засвоєння інформації збільшується в залежності від групи від 3 до 7.5 %, при гнучкому зв'язку та від 2 до 7 % при жорсткому зв'язку між блоками інформації [6]. У розділі також отримано покрокові алгоритми оптимізації розподілу операційного часу залежно від рівня індивідуальних здібностей суб'єктів навчання та інформаційного зв'язку між блоками інформації, які надають можливість у логічній послідовності виконання дій щодо вдосконалення системи автоматизованого керування процесу підготовки авіаційних кадрів.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз публікацій за темою досліджень дозволив визначити основні чинники, які впливають на ефективність керування. Із урахуванням цього розроблено математичні моделі оптимізації розподілу операційного часу для різних рівнів індивідуальних здібностей суб'єктів навчання, що дало змогу отримати залежності ступеня засвоєння суб'єктами інформації та набуття необхідних практичних навичок від операційного часу при різних рівнях їх індивідуальних здібностей.

2. Розроблено критерій оцінки якості засвоєння інформації та набуття практичних навичок при керованому процесі підготовки авіаційних кадрів. За допомогою даного критерію було визначено експериментальні показники найбільш ефективного засвоєння суб'єктами інформації та набуття необхідних практичних навичок.

3. Обґрунтовано і розроблено структуру та алгоритм автоматизованого керування розподілом операційного часу залежно від рівня індивідуальних здібностей суб'єктів, що дозволило автоматизувати процес керування часовою структурою програм навчання.

4. Розроблено алгоритм автоматизованого керування розподілом операційного часу відповідно до інформаційних зв'язків між блоками інформації, що дозволило використовувати накопичену статистичну інформацію успішності навчання суб'єктів для формування бази підказувань пілоту в потрібних діях в особливих ситуаціях під час польоту.

5. За результатами моделювання процесу навчання виявлено існування оптимальних значень операційного часу, на базі яких є реальна можливість підвищення глибини засвоєння інформації та набуття суб'єктами необхідних практичних навичок при автоматизованому процесі керування підготовкою авіаційних кадрів. На вибірках, на яких проводився статистичний аналіз, показано, що ефект від оптимізації розподілу операційного часу може становити від 12 до 17,5 %.

6. У дисертаційній роботі на основі проведених досліджень розв'язано актуальне завдання – розроблено та обґрунтовано нейромережеву модель оцінки залишкових знань та вмінь суб'єктів навчання від їх особистісних здібностей, а також алгоритм параметричного та структурного синтезу НМ для автоматизованого процесу оцінки рівня знань суб'єктів навчання, з якими вони виходять на ринок праці. Результати виконаного моделювання на програмних моделях показали дієздатність запропонованої НМ щодо вирішення поставленого завдання.

7. Розроблені структура та алгоритм можуть бути використані як методичне забезпечення розробки програмних продуктів автоматизованих систем керування процесом підготовки пілотів. Крім того, результати дисертаційних досліджень упроваджені в навчальний процес при викладанні

навчальних дисциплін «Автоматизація управління ресурсами» та «Автоматизація проектування систем і засобів керування» спеціальності 05020203 «Автоматика та автоматизація на транспорті».

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. *Касьянов В. О.* Використання проблемно-ресурсного методу в начальному процесі [Текст] / В. О. Касьянов, Ю. Т. Гуз, І. В. Прохоренко // Вісник НАУ. – 2008. – №1(35). – С.51–57.

2. *Прохоренко І. В.* Теоретичні проблеми підготовки фахівців. Проблемно-ресурсна інтерпретація [Текст] / І. В. Прохоренко // Зб. наук. проблеми інформатизації та управління. –2009.– № 4 (28). — С. 116 – 119.

3. *Прохоренко І. В.* Формалізація задач навчального процесу з контролем і забуванням навчальної інформації [Текст] / І. В. Прохоренко, Ю. Т. Гуз // Східно-європейський журнал передових технологій. – 2010 №3/6(45). – С.54-56.

Наукометрична база: РИНЦ.

4. *Прохоренко І. В.* Моделі формалізації задач навчання з контролем і забуванням інформації [Текст] / І. В. Прохоренко // Східно-європейський журнал передових технологій. – 2011 №2/2(50). – С.35-39.

Наукометрична база: РИНЦ.

5. *Касьянов В. О.* Інформаційна зв'язність блоків навчальної інформації [Текст] / В. О. Касьянов, І. В. Прохоренко, Т. В. Шипитяк // Східно-європейський журнал передових технологій. – 2012. – № 1/2 (55). – С. 7–11.

Наукометрична база: РИНЦ.

6. *Prohorenko I.* Optimizing distribution operational time during the preparation of engineering aviation training [Text] / Prohorenko I. // Selected problems of air transport. – 2013. – №228. – P.22–27 (*іноземне видання*).

7. *Kasyanov V.O.* The elements of the subjective analysis,the possibility of the training process problems application / Kasyanov V.O. Prohorenko I.V. Pakhnenko V.V. Guz Y. T. // Proceedings the third world Congress “Aviation in the XXI Century”, “Safety in Aviation and Space Technologies”, Kyiv, September 21-23, 2008, Vol. 2. P.16 – 23.

8. *Касьянов В. О.* Модель віртуального суб'єкта / В. О.Касьянов, Ю. Т. Гуз, І. В. Прохоренко // Авіа-2009: IX міжнародна науково-технічна конференція, 21-23 вересня 2009 р.: тези доповіді. – К., 2009. – Т.ІІ. – С.1– 4.

9. *Kasyanov V. O.* Principle of the subjective entropy maximum and safety of active systems / Kasyanov V. O. Prohorenko I.V. Perzhynskaya T.V. // Proceedings the fourth world Congress “Aviation in the XXI Century”, “Safety in Aviation and Space Technologies”, Kyiv, September 21-23, 2010, Vol. 2. P. 17–20.

10. *Прохоренко І. В.* Навчання як об'єкт суб'єктивного аналізу / І. В. Прохоренко // ПОЛІТ-2010: VI міжнародна наукова конференція молодих вчених і студентів, 7-9 квітня 2010 р.: тези доповіді. – К., 2010. – С.23

11. *Гуз Ю. Т.* Формалізація задач навчання з контролем і забуванням навчальної інформації / Ю. Т. Гуз, І. В. Прохоренко // Авіа-2011: X міжнародна науково-технічна конференція, 19-21 квітня 2009 р.: тези доповіді. – К., 2011. – Т. II. – С.42–45.

12. *Прохоренко І. В.* Застосування нейронних мереж штучного інтелекту для моделювання процесу підготовки авіаційних кадрів / І. В. Прохоренко // Політ. Сучасні проблеми науки: XVI міжнародна науково-практична конференція молодих учених і студентів, 6-8 квітня 2016 р.: тези доповіді. – К., 2016. – С.10.

АНОТАЦІЯ

Прохоренко І. В. Автоматизоване керування процесом підготовки авіаційних кадрів на основі інтелектуальних методів. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07 «Автоматизація процесів керування», Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, 2016.

Дисертацію присвячено вирішенню завдання підвищення ефективності автоматизованого керування процесом підготовки авіаційних кадрів шляхом розроблення математичних моделей оптимізації розподілу операційного часу між блоками інформації залежно від рівнів індивідуальних здібностей суб'єктів навчання Удосконалено методи параметричного та структурного синтезу НМ, що дозволило прогнозувати рівень професійних знань та навичок суб'єктів навчання, з якими вони виходять на ринок праці.

Проведено аналіз типової структури автоматизованого керування процесом підготовки фахівців. Визначено основні чинники, які впливають на процес підготовки фахівців. Розроблено критерій оцінки якості засвоєння інформації, який дав змогу визначати експериментальні показники найбільш ефективного засвоєння інформації та набуття практичних навичок суб'єктами навчання з урахуванням їх індивідуальних здібностей. Розроблено алгоритмічне забезпечення для вдосконалення системи автоматизованого керування процесом підготовки авіаційних кадрів.

Ключові слова: автоматизація, підготовка авіаційних кадрів, інтелектуальні методи, нейронні мережі.

АННОТАЦИЯ

Прохоренко И. В. Автоматизированное управление процессом подготовки авиационных кадров на основе интеллектуальных методов. — Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.07 «Автоматизация процессов управления», Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, 2016.

Диссертация посвящена решению задачи повышения эффективности автоматизированного управления процессом подготовки авиационных кадров путем разработки математических моделей оптимизации распределения операционного времени между блоками информации в зависимости от уровней индивидуальных способностей субъектов обучения. усовершенствованы методы параметрического и структурного синтеза НС, что позволило прогнозировать уровень профессиональных знаний и навыков субъектов обучения, с которыми они выходят на рынок труда.

В первом разделе приведен сравнительный анализ факторов, влияющих на качество процесса подготовки авиационных кадров. На основе анализа процесса подготовки авиационных кадров проведено его структуризацию, определены управляемые и управляющие воздействия на процесс подготовки авиационных кадров. В качестве существенной управляющей переменной в работе за основу взято распределение операционного времени.

Во втором разделе приведены разработанные математические модели оптимизации распределения операционного времени между блоками информации для разных уровней индивидуальных способностей субъектов обучения. На основе данных моделей были разработаны рекомендации относительно создания оптимальной временной структуры управления распределением операционного времени при подготовке авиационных специалистов. Предложена информационная связность блоков учебной информации и проведена ее параметрическая идентификация на основе обработки статистических данных успеваемости субъектов обучения.

В третьем разделе разработана НСМ, а также определена оценка зависимости остаточных знаний и умений субъектов обучения от их индивидуальных способностей, алгоритм параметрического и структурного синтеза НСМ. НСМ дает возможность с достаточно высокой точностью прогнозировать уровень профессиональной подготовки специалистов с которыми они будут выходить на рынок труда.

В четвертом разделе разработаны алгоритмы автоматизированного процесса управления распределением операционного времени в зависимости от уровня индивидуальных способностей субъектов обучения а, также алгоритм автоматизированного управления распределением операционного

времени в зависимости от информационных связей между блоками информации. Результаты разработанных алгоритмов могут быть предложены в качестве методического пособия при разработке программных продуктов для автоматизированных систем обучения и контроля знаний и многоуровневой подготовки в высших и средних авиационных учебных заведениях.

Ключевые слова: автоматизация, подготовка авиационных кадров, интеллектуальные методы, нейронные сети.

ABSTRACT

Prohorenko I.V. Automatic control process of aviation specialist training based on the intellectual methods. – Manuscript.

Dissertation for a candidate degree by specialty 05.13.07 – Automation of control processes, National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, 2016.

PhD thesis is devoted to the improvement of the efficiency of the automated control processes of the aviation specialist training based on the development of mathematical models of optimization of operational time distribution between information blocs. It depends on the level of intellectual faculties of training subjects, on improved method of neuron network structural-parametric synthesis. It gives the possibility to predict the level of professional knowledge and skills of training subjects when they go to the labor market.

It has been analyzed the main factors which are influenced on the specialist training process. It has been developed evaluation criterion of the quality of information understanding, which gives the possibility to measure the experimental indices of more effective information understanding and assimilation of practical skills by the training subjects taking into account their intellectual faculties. It has been conducted the algorithmic ware for the improvement of automated control process of aviation specialist training.

Key words: automatization, aviation specialist training, intellectual methods, neuron networks.

Підп. до друку 19.05.16. Формат 60×84/16. Папір офс.
Офс. друк. Ум. друк. арк. 1,16. Обл.-вид. арк. 1,25.
Тираж 100 пр. Замовлення № 1-1.

Видавець і виготівник
Національний авіаційний університет
03680, Київ–58, проспект Космонавта Комарова, 1.

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру серія ДК № 977 від 05.07.2002