

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

**САВКОВА ВАЛЕНТИНА ПАВЛІВНА**

УДК 303.732:004.05

**СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОЦІНЮВАННЯ  
ЯКОСТІ ОСВІТИ ВИЩОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ**

01.05.04 – системний аналіз і теорія оптимальних рішень

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Київ-2016

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі системного аналізу та теорії прийняття рішень Київського національного університету імені Тараса Шевченка Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник:** доктор фізико-математичних наук, професор  
**Наконечний Олександр Григорович,**  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, факультет комп'ютерних наук та кібернетики, завідувач кафедри системного аналізу та теорії прийняття рішень.

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Бідюк Петро Іванович,**  
Навчально-науковий комплекс «Інститут прикладного системного аналізу» (НТУУ «КПІ» МОНУ), професор кафедри математичних методів системного аналізу;

доктор технічних наук, старший науковий співробітник  
**Циганок Віталій Володимирович,**  
Інститут проблем реєстрації інформації Національної академії наук України,  
завідувач лабораторії систем підтримки прийняття рішень.

Захист відбудеться «17» листопада 2016 р. о 16<sup>50</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.001.35 Київського національного університету імені Тараса Шевченка за адресою: м. Київ, просп. Академіка Глушкова, 4-Д, факультет комп'ютерних наук та кібернетики, ауд. 01.

Із дисертацією можна ознайомитися у Науковій бібліотеці імені М. Максимовича Київського національного університету імені Тараса Шевченка за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 58.

Автореферат розіслано «13» жовтня 2016 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

П. М. Зінько

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Реформування сфери освіти в Україні є пріоритетним завданням держави, яка передбачає якісні зміни освітньої системи із застосуванням інформаційних технологій. Необхідність удосконалення навчально-виховного процесу (НВП) у вищому навчальному закладі (ВНЗ) як складової системи освіти висуває невідкладні проблеми його комп'ютеризації, впровадження сучасних інформаційних технологій щодо оцінювання рівня якості освіти, формування на їх основі нових стратегій. Під інформаційною технологією оцінювання рівня якості освіти ВНЗ розуміється технологічний процес, що реалізований на персональних електронно-обчислювальних машинах (ПЕОМ), початковими даними якого є моделі, методи і методики, а також значення показників і критеріїв, що впливають на якість організації і проведення НВП у ВНЗ, і у разі його невідповідності вимогам, що висуваються нормативно-правовими документами – надати альтернативи для формування управлінських впливів щодо коригування НВП у ВНЗ для забезпечення рівня якості освіти (ЯО) не нижче заданого.

Вивченню питання управління якістю вищої освіти присвячено багато праць вітчизняних та зарубіжних вчених. Зокрема, щодо управлінням якістю освіти – І.В. Біжан, М. Мескон, К.А. Метешкін, М.М. Поташнік, П.І. Сікорський, О.В. Співаковський, В.В. Ягупов; щодо оцінки якості освіти – В.С. Аванесов, В.П. Беспалько, К. Інгенкамп, А.І. Комишан, В.І. Міхєєв, В.М. Приходько, А.І. Субетто, О.С. Меньяйленко та інші. Проте дослідження, здійснені в сфері управління освітою, показали недостатній рівень впровадження, та використання можливостей існуючих інформаційно-аналітичних систем (ІАС) оцінювання рівня ЯО ВНЗ, які призначені для удосконалення організації і проведення НВП. До основних недоліків ІАС можна віднести: недостатньо ефективне використання узагальненої інформації щодо якості підготовки фахівців при формуванні управлінських впливів для здійснення коригування НВП; використання лише адміністративних функцій; недостатній рівень проведення контролю результатів оцінювання рівня якості організації і проведення НВП у ВНЗ; не в повній мірі задовольняють можливостям оперативного аналізу даних; не враховують специфіку підготовки фахівців.

Таким чином, дане дисертаційне дослідження спрямоване на вирішення актуальної наукової задачі, сутність якої полягає в розробці інформаційної технології оцінювання якості освіти ВНЗ, яка базується на інтелектуалізації процесів формування управлінських впливів щодо здійснення коригування НВП у ВНЗ.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Тема дослідження пов'язана з основними положеннями “Національної доктрини розвитку освіти”, яка затверджена Указом Президента України від 17.04.2002 р. № 347 та Указу Президента України “Про додаткові заходи щодо підвищення якості освіти в Україні” від 20.03.2008 р. № 244/2008.

Наукові та практичні результати дисертаційної роботи отримані при виконанні науково-дослідної роботи “Розробка методики оцінювання якості підготовки військових фахівців в інтегрованій системі військової освіти для вищого військового навчального закладу”, № ДР 0101U001833, а також в рамках науково-дослідної теми

№11БФ015-06 “Проблеми теорії прийняття рішень та системного аналізу стохастичних мереж”, № ДР 0111U006680.

**Мета і задачі дослідження.** Метою роботи є системний аналіз інформаційної технології оцінювання якості освіти ВНЗ, яка базується на інтелектуалізації процесів формування управлінських впливів щодо здійснення коригування навчально-виховного процесу (НВП) у ВНЗ.

Задачі, які необхідно розв’язати для досягнення поставленої мети:

1. Аналіз існуючої нормативно-правової бази, підходів і ІАС оцінювання рівня якості освіти ВНЗ.
2. Вибір та обґрунтування показників, що впливають на якість освіти ВНЗ.
3. Розробка математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ.
4. Розробка методики оцінювання рівня якості освіти ВНЗ на основі системного аналізу інформаційної технології.
5. Розробка програмного комплексу щодо реалізації методики оцінювання рівня якості освіти ВНЗ на основі системного аналізу інформаційної технології.

*Об’єкт дослідження* – інформаційні потоки навчально-виховного процесу у ВНЗ.

*Предметом дослідження* є математичні моделі, алгоритми, методи інформаційної технології оцінювання рівня якості організації і проведення НВП у ВНЗ.

*Методи дослідження.* Методологічною основою дослідження обрано «системний підхід», тому об’єкт дослідження НВП у ВНЗ інтерпретований як складна система, визначені його системні ознаки, властивості та характеристики.

У дисертації використовуються наступні методи дослідження. Для побудови математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ: метод аналізу ієрархій, метод експертного оцінювання, метод максимальної вірогідності та мінімізації усередненої середньоквадратичної похибки, метод гарантованої оцінки матриць за спостереженнями, теорія автоматичного управління, теорія нечітких множин. Для розробки методу оцінювання якості організації і проведення НВП у ВНЗ: метод аналізу ієрархій, метод експертного оцінювання, методи теорії нечітких множин. Для розробки методики оцінювання рівня якості освіти ВНЗ: метод аналізу ієрархій, метод аналогій, метод експертного оцінювання, методи теорії автоматичного управління, методи теорії нечітких множин, методи теорії математичного моделювання.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в наступному:

- запропоновані та досліджені нові методи обробки експертної інформації;
- вперше розроблено математичну модель оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ, сутність якої полягає в представленні НВП у ВНЗ з’єднаних між собою блоків системи за допомогою динамічних ланок з відповідними передавальними функціями і параметрами. Відрізняється від існуючих тим, що дана математична модель представлена з застосуванням методу простору станів. Дозволяє визначати значення змінної на виході кожного структурного елементу математичної моделі для оцінювання відповідності характеристик перехідного процесу щодо організації і проведення НВП у ВНЗ;

- вперше розроблено метод оцінювання якості організації і проведення НВП у ВНЗ. Сутність методу полягає в побудові еталонних функцій приналежності показників, що впливають на ЯО ВНЗ за допомогою яких здійснюється оцінювання реального рівня відповідності кожного з показників до еталонних та вибору альтернатив для формування управлінських впливів. Метод відрізняється від існуючих тим, що дозволяє здійснити аналіз невідповідності параметрів організації і проведення НВП у ВНЗ, визначити необхідні параметри коригування для забезпечення рівня ЯО ВНЗ не нижче заданого. Це в цілому дозволяє оцінити отримані результати щодо прийняття альтернативних рішень на основі інтелектуалізації процесів формування управлінських впливів;

- вперше запропоновано методику оцінювання рівня ЯО ВНЗ на основі системного аналізу інформаційної технології. Сутність методики полягає в використанні і узгодженні розробленої математичної моделі і методу оцінювання якості організації і проведення НВП у ВНЗ для забезпечення рівня ЯО ВНЗ не нижче заданого. Вона відрізняється від існуючих можливістю проведення всебічного контролю рівня ЯО ВНЗ і інтелектуалізацією процесу формування управлінських впливів.

Розроблена математична модель, метод і методика орієнтовані на автоматизацію процесу оцінювання ЯО ВНЗ, а також на підвищення оперативного та адекватного оцінювання якості організації і проведення НВП у ВНЗ, що має за мету формування управлінських впливів для їх коригування за допомогою системного аналізу інформаційних технологій.

**Практичне значення одержаних результатів** роботи полягає в тому, що результати наукового дослідження методів та алгоритмів оцінювання якості організації і проведення НВП в ВНЗ для розв'язування прикладних задач в сучасних інформаційних системах, отримані в рамках підготовки кандидатської дисертації Савкової Валентини Павлівни «Системний аналіз інформаційної технології оцінювання якості освіти вищого навчального закладу», впроваджені у 2013-2014 н.р. у навчальний процес кафедри системного аналізу та теорії прийняття рішень факультету кібернетики Київського національного університету імені Тараса Шевченка при викладанні курсу «Обробка інформації в умовах невизначеності» для студентів 1 курсу магістратури за спеціальністю «Системи і методи прийняття рішень», а також у навчальний процес кафедри фінансів і права військового факультету фінансів і права Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка при організації і проведенні навчально-виховного процесу підготовки студентів за освітньо-кваліфікаційним рівнем «бакалавр» і «магістр», спеціальність «фінанси» в період з 2012 по 2015 н. р.

**Особистий внесок здобувача.** Основні наукові результати теоретичних і практичних досліджень, викладені в дисертаційному дослідженні, одержані автором особисто. У працях, опублікованих у співавторстві, автору належить: у [2] - розроблена математична модель вибору показників оцінки якості освіти ВНЗ; у [3] - проаналізовано загальні принципи реалізації апаратно-програмних засобів, які має

використовувати особа, яка приймає рішення про подальше функціонування кластерних систем; у [4] - розглянуто особливості створення системи інформаційного забезпечення експлуатації військової техніки, розроблена її структурно-функціональна схема у [5] - доведено, що коли елементи матриці порівнянь випадкові з частково невідомими ймовірностями, то оцінки максимальної вірогідності ймовірностей визначаються із деякого рівняння, що має єдиний розв'язок. Для оптимальних усереднених оцінок ймовірностей одержані явні формули.

**Апробація результатів дисертаційного дослідження.** Результати дисертаційного дослідження оприлюднені в доповідях міжнародних наукових конференцій, зокрема: XVII міжнародна конференція «Проблеми прийняття рішень в умовах невизначеності (PDMU)» (Східниця, 2011), Практична конференція молодих учених і студентів «Інформаційно-вимірювальні технології, технічне регулювання та менеджмент якості: стан, досягнення і перспективи» (Одеса, 2012), XIX Міжнародна конференція «Проблеми прийняття рішень в умовах невизначеності (PDMU)» (Мукачево, 2012), Всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених, ад'юнктів, слухачів, курсантів і студентів «Сучасні проблеми розбудови Збройних Сил України» (Київ, 2013), IX міжнародна конференція «Стратегія якості в промисловості і освіті» (Варна, 2013), IX міжнародна науково-практична конференція «Військова освіта та наука: сьогодні та майбутнє» (Київ, 2013), X міжнародна науково-практична конференція «Військова освіта та наука: сьогодні та майбутнє» (Київ, 2014), XXIV міжнародна конференція «Проблеми прийняття рішень в умовах невизначеності (PDMU)» (Чеський Рудолець, 2014).

**Публікації.** Основні результати дисертаційної роботи опубліковані в 16 наукових публікаціях загальним обсягом 2,4 д.а. (з них 1,7 д.а. належать особисто автору), із них 6 наукових статей у фахових виданнях (1,64 д.а., з них 1,18 д.а. – авторські) та 9 матеріалів і тез доповідей на наукових конференціях.

**Структура дисертації.** Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел (150 найменувань на 16 стор.) і 4 додатків на 19 стор. Загальний обсяг дисертації становить 162 сторінки.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ

**Вступ** містить обґрунтування актуальності тематики дисертаційної роботи, визначено об'єкт та предмет досліджень, сформульовані наукові задачі, які необхідно розв'язати для досягнення поставленої мети, визначена наукова новизна та практична цінність отриманих результатів, а також відомості про апробацію результатів роботи.

**У першому розділі** проведено аналіз існуючих автоматизованих ІАС в Україні та інших держав, визначені їх функціональні складові та основні недоліки. Розглянуто існуючі підходи щодо здійснення оцінювання рівня ЯО ВНЗ. Показано, що одним із можливих шляхів підвищення рівня якості вищої освіти ВНЗ, є розробка та впровадження системи управління ЯО відповідно до вимог міжнародного стандарту

ISO 9001:2009 «Системи управління якістю. Вимоги».

Основні умови нормального функціонування ВНЗ спрямовані на підтримку показників, що впливають на ЯО ВНЗ  $y(t) = (y_1(t), y_2(t), \dots, y_i(t), \dots, y_n(t))$  на рівні, не нижче заданого, де  $y(t)$  – комплексний показник, що впливає на ЯО ВНЗ,  $y_1(t), \dots, y_n(t)$  – його складові. Якщо один або кілька показників починають відхилятися від заданого рівня  $y_n(t)$ , то виникає необхідність своєчасного виявлення  $t_1$  (контрольної часової точки) й усунення причин цих відхилень  $\Delta y_i$  за найменший час  $t_2$  шляхом формування управлінських впливів на відповідну складову організації і проведення НВП у ВНЗ, яка підлягає корегуванню. Це забезпечується шляхом безперервного контролю показників, що впливають на ЯО ВНЗ і при їх погіршенні – розпізнавання причини цього погіршення та надавання керівнику альтернативи для формування управлінських впливів. На рис. 1 показаний процес набуття знань фахівцем з відповідним процесом коригування НВП у ВНЗ для досягнення рівня знань студента (або кого навчають) не нижче заданого  $y_n(t)$ , який відбувається по кривій навчання і описується експоненціальною функцією.

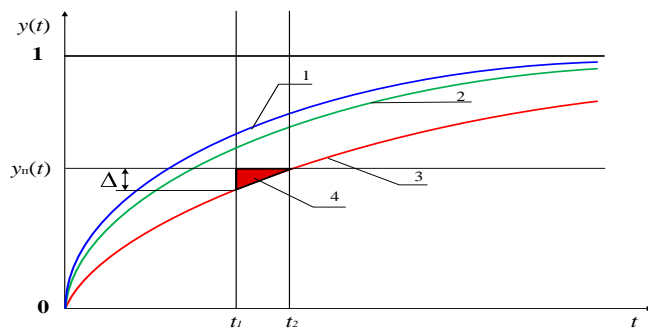


Рис. 1. Криві навчання: 1 – “ідеальний” НВП; 2 – очікуваний (запланований) НВП; 3 – НВП, який потребує коригування; 4 – частина НВП, що корегується

Причини відхилення від заданого рівня  $y_n(t)$  набуття знань в контрольній часовій точці  $t_1$  можливі через вплив різних збурених чинників, що ведуть до погіршення рівня якості організації і проведення НВП у ВНЗ. Відхилення  $\Delta$  під впливом різних причин може досягати недопустимо великих значень, при яких порушується забезпечуваний об'єктом управління НВП. Тому виникає задача зменшення відхилень вихідних величин об'єктів від потрібних значень.

Також у першому розділі представлено модель «Система управління якістю успішності студентів вищого навчального закладу», розроблену з використанням підходу дизайн-концептуального дослідження (та відповідно до міжнародного стандарту ISO 9001 IWA 2: 2007 і міжнародних літературних джерел), який включає: підхід системно-динамічного моделювання; діаграми причинно-наслідкових контурів; групові системи підтримки прийняття рішень. Проаналізувавши дані підходи, робиться висновок, що вони є недосконалими – занадто формальними і не дієвими.

На основі проведеного аналізу виконано постановку задачі і окреслено підходи для розробки інструментальних засобів щодо проведення оцінювання рівня ЯО ВНЗ за допомогою інформаційних технологій.

У другому розділі обґрунтовані показники, що впливають на ЯО ВНЗ, розроблена математична модель оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ, здійснена перевірка адекватності розробленої математичної моделі.

З метою знаходження показників впливу на ЯО ВНЗ була сформована друга задача дослідження – обґрунтування вибору показників, що впливають на ЯО ВНЗ. Вирішення задачі полягає в реалізації наступних етапів:

1. **Аналіз існуючих показників, що впливають на ЯО ВНЗ.** Проведення аналізу існуючих показників, що впливають на ЯО ВНЗ здійснюється шляхом аналізу нормативно-правової бази і інформації, яка регламентує життєдіяльність ВНЗ.

2. **Вибір показників впливу на ЯО ВНЗ.** Вибір показників впливу на ЯО ВНЗ проводиться за допомогою методу експертного оцінювання. При цьому були вибрані основні показники, які поділені у відповідності до особливості організації і проведення НВП у ВНЗ на три блоки. **Блок 1** – показники впливу на організацію і проведення вступної кампанії ( $A_{11} - A_{15}$ ):  $A_{11} = \{\text{вимоги до наявності і відповідності документів}\}$ ;  $A_{12} = \{\text{вимоги до кількості балів в сертифікаті Українського центру оцінювання ЯО}\}$ ;  $A_{13} = \{\text{вимоги до кількості балів для участі у конкурсі}\}$ ;  $A_{14} = \{\text{вимоги до результатів медичного огляду – (наприклад довідка форми 086У)}\}$ ;  $A_{15} = \{\text{наявність пільгових привілеїв в правилах прийому}\}$ ; **Блок 2** – показники впливу на організацію і проведення НВП у ВНЗ ( $A_{16} - A_{23}$ ):  $A_{16} = \{\text{організація самостійної підготовки}\}$ ;  $A_{17} = \{\text{організація поточного контролю знань}\}$ ;  $A_{18} = \{\text{рівень фінансового забезпечення}\}$ ;  $A_{19} = \{\text{наявність підручників і навчальних посібників (в т.ч. в електронному вигляді) з навчальних дисциплін, їх якість}\}$ ;  $A_{20} = \{\text{контролююча діяльність керівництва за організацією і відвідуванням занять}\}$ ;  $A_{21} = \{\text{наявність і обладнання читальних залів, лабораторій, класів, спец. аудиторій}\}$ ;  $A_{22} = \{\text{рівень підготовки викладачів}\}$ ;  $A_{23} = \{\text{організованість, дисциплінованість, мотивація і сумлінне ставлення до навчання студента}\}$ ; **Блок 3** – проходження стажування / робота за спеціальністю ( $A_{24} - A_{28}$ ):  $A_{24} = \{\text{професійні якості}\}$ ;  $A_{25} = \{\text{ділові якості}\}$ ;  $A_{26} = \{\text{особистісні якості}\}$ ;  $A_{27} = \{\text{рівень дисциплінованості}\}$ ;  $A_{28} = \{\text{морально-етичні якості}\}$ .

3. **Формування експертної матриці попарних порівнянь.**

4. **Визначення ваги або кількісної міри ступеня вагомості та пріоритетності кожного із показників.** В результаті виконання етапу отримано значення показників і їх вагові коефіцієнти. При цьому ступінь довіри до рішення становить 97,8 %.

5. **Встановлення внутрішніх зв'язків щодо впливу керівництва ВНЗ на досягнення рівня ЯО ВНЗ не нижче заданого.** Побудова ієрархії впливу показників, що впливають на ЯО ВНЗ.

6. **Визначення кількісної міри ступеня вагомості і пріоритетності кожного із показників впливу керівництва ВНЗ на ЯО ВНЗ.**

Виконання п. 3–6 здійснено за допомогою методу аналізу ієрархій. Також проаналізоване та описане їх проведення за допомогою: методу гарантованої оцінки матриць за спостереженнями, методу експертного оцінювання, в умовах

невизначеності з ймовірнісним підходом (методу максимальної вірогідності та мінімізації усередненої середньоквадратичної похибки).

В методі гарантованої оцінки матриць припускається, що  $N$  експертів дають значення невідомої матриці  $A$  з похибками, тобто відомі матриці  $Y_k$ ,  $k = \overline{1, N}$ , що мають вигляд:

$$Y_k = A + V_k, k = \overline{1, N}, \quad (1)$$

де  $A$  – матриця з елементів  $a_{ij}$ ,  $i = \overline{1, N_1}$ ,  $j = \overline{1, N_2}$ ,  $V_k$  – матриці похибок.

Знайдено оцінку матриці  $A$  по спостереженням (1), якщо відомо, що  $(V_1, \dots, V_N)$  належать множині  $G$ , яка має вигляд:  $G = \{(V_1, \dots, V_N) : \sum_{k=1}^N sp V_k V_k^T \leq q^2\}$ ,

де  $q$  – відоме число, а  $sp V_k V_k^T = \sum_{i,j} v_{ij}^2$ .

**Означення 1:** Множину  $G_y^{(1)}$  вигляду:

$$G_y^{(1)} = \{A : \sum_{k=1}^N sp(Y_k - A)(Y_k - A)^T \leq q^2\},$$

назвемо апостеріорною множиною. Позначимо через  $I(A)$  величину

$$I(A) = \sum_{k=1}^N sp(Y_k - A)(Y_k - A)^T.$$

**Твердження 1.** Множина  $G_y^{(1)}$  має вигляд:

$$G_y^{(1)} = \{A : sp(A - \hat{A}_N)(A - \hat{A}_N) \leq [q^2 - I(\hat{A}_N)]N^{-1}\},$$

де  $\hat{A}_N = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N Y_k$ .

Припускається, що елементи матриці  $A$  належать множині  $G_{ij} \subseteq R^1$ . Через  $y_{ij}^{(k)}$  позначено елементи матриці  $Y_k$ . Нехай також  $\hat{a}_{ij}(N)$  визначається із умови

$$\min_{a_{ij}} \left| a_{ij} - \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N y_{ij}^{(k)} \right| = \left| \hat{a}_{ij}(N) - \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N y_{ij}^{(k)} \right|.$$

**Твердження 2.** Має місце оцінка  $\left| \hat{a}_{ij}(N) - \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N y_{ij}^{(k)} \right| \leq (q^2 - I(\hat{A}_N))^{\frac{1}{2}} N^{-\frac{1}{2}}$ .

**Наслідок 1.**  $\lim_{N \rightarrow \infty} \left| \hat{a}_{ij}(N) - \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N y_{ij}^{(k)} \right| = 0$ .

Оцінка матриці порівнянь при не однаковій компетенції експертів здійснюється наступним чином.

Нехай у нас є  $N$  експертів, які дали значення матриці порівнянь з похибками, тобто  $k$ -тий експерт дав значення елементу  $a_{ij}$  у вигляді:

$$y_{ij}^{(k)} = a_{ij} + \eta_{ij}^{(k)},$$

де  $k = \overline{1, N}$ ,  $i = \overline{1, N_1}$ ,  $j = \overline{1, N_2}$ .

Припускається, що похибки експертів  $\eta_{ij}^{(k)}$  такі, що виконується нерівність:

$$\sum_{i,j} \sum_{k=1}^N q_{ij}^{(k)} (\eta_{ij}^{(k)})^2 \leq q^2(N), \text{ де } q_{ij}^{(k)} > 0, q(N) - \text{відомі числа. Невідомі значення } a_{ij}$$

належать множині  $G_y$ , що має вигляд:  $G_y = \{a_{ij} : \sum_{i,j} \sum_{k=1}^N (y_{ij}^{(k)} - a_{ij})^2 q_{ij}^{(k)} \leq q^2(N)\}$ .

**Твердження 3.** Множину  $G_y$  можливо подати у вигляді:

$$G_y = \{a_{ij} : \sum_{i,j} p_{ij} (a_{ij} - \hat{a}_{ij})^2 \leq (q^2(N) - I(\hat{a}_{ij}))\}, \quad \text{де} \quad p_{ij} = \sum_{k=1}^N q_{ij}^{(k)},$$

$$\hat{a}_{ij} = p_{ij}^{-1} \sum_k q_{ij}^{(k)} y_{ij}^{(k)}, \quad I(a_{ij}) = \sum_{i,j} \sum_{k=1}^N (y_{ij}^{(k)} - a_{ij})^2 q_{ij}^{(k)}.$$

**Твердження 4.** Має місце оцінка  $\sum_{i,j} (a_{ij} - \hat{a}_{ij})^2 \leq (q^2(N) - I(a_{ij})) (\min_{i,j} p_{ij})^{-1}$ .

*Застосування до методу аналізу ієрархій.*

Нехай  $N$  експертів сформуvalи  $N$  матриць порівнянь  $N_1$  об'єктів. Будемо вважати, що є "об'єктивні" порівняння з матрицею  $A = (a_{ij})$ ,  $i, j = \overline{1, N_1}$ ,

$a_{ij} \in \{1, \dots, 9\} = G_{ij}$ ,  $j > i$ ,  $a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}$ . Позначимо через  $Y^{(k)}$  матрицю порівнянь  $k$ -го

експерта, що має елементи  $y_{ij}^{(k)}$ , причому  $y_{ij}^{(k)} = a_{ij} + \eta_{ij}^{(k)}$ ,  $j > i$ ,  $i = \overline{1, N_1}$ .

Припустимо, що похибки експертів задовольняють нерівності:

$$\sum_{i < j} \sum_{k=1}^N (\eta_{ij}^{(k)})^2 q_{ij}^{(k)} \leq q^2(N) \quad \text{і} \quad \text{виконується умова} \quad \lim_{N \rightarrow \infty} q^2(N) (\min_{i,j} p_{ij})^{-1} = 0.$$

Сформуємо матрицю порівнянь  $\hat{A}$  із оцінок  $\hat{a}_{ij}$ ,  $j > i$ ,  $\hat{a}_{ji} = \frac{1}{\hat{a}_{ij}}$ . Визначимо

максимальне власне число  $\hat{\lambda}$  та власний вектор, що відповідає максимальному власному числу  $\lambda_{\max}(\hat{A})$ .

**Твердження 5.** Нехай  $\lim_{N \rightarrow \infty} q^2(N) (\min_{i,j} p_{ij})^{-1} = 0$ , тоді  $\lim_{N \rightarrow \infty} \lambda_{\max}(\hat{A}) = \lambda_{\max}(A)$ .

Позначимо через  $w(\hat{A}) = (w_1, \dots, w_{N_1})$  власний вектор, що відповідає  $\lambda_{\max}(\hat{A})$  і

компоненти якого задовольняють рівності  $\sum_{k=1}^{N_1} w_k(\hat{A}) = 1$ . Згідно з методом ієрархій

$w_k(\hat{A})$  – визначають вагові коефіцієнти об'єктів, і об'єкти впорядковуються за величиною вагових коефіцієнтів.

Також в дисертаційній роботі розглянуто випадок, коли *елементи матриці порівнянь випадкові з частково невідомими ймовірностями*. Для їх визначення застосовується метод максимальної вірогідності та метод мінімізації усередненої середньоквадратичної похибки. Показано, що оцінки максимальної вірогідності ймовірностей визначаються із деякого рівняння, що має єдиний розв'язок. Для оптимальних усереднених оцінок ймовірностей одержані явні формули.

Нехай на множині альтернатив  $X = \{x_1, \dots, x_m\}$  задано  $N$  бінарних відношень  $B_k$ ,  $k = \overline{1, N}$ . Поставимо у відповідність кожному бінарному відношенню  $B_k$  матрицю попарних порівнянь.  $A_k = \{a_{ij}^{(k)}\}$   $i, j = \overline{1, m}$ , при цьому  $a_{ij}^{(k)} = 1$ , якщо  $x_i B_k x_j$  і  $a_{ij}^{(k)} = -1$ , якщо  $x_i \overline{B_k} x_j$ . Будемо вважати, що  $a_{ij}^{(k)}$  при фіксованих  $i, j$  є реалізаціями (послідовністю) випадкових незалежних величин, причому:

$$P\{a_{ij}^{(k)} = 1\} = \gamma_{ij}^{(k)} p_{ij}, \quad P\{a_{ij}^{(k)} = -1\} = 1 - \gamma_{ij}^{(k)} p_{ij},$$

де  $k = \overline{1, N}$ ,  $\gamma_{ik}^{(k)}$  – відомі додатні величини  $\gamma_{ij}^{(k)} \leq 1$ ,  $p_{ij}$  – невідомі параметри,  $0 \leq p_{ij} \leq 1$ .

Через  $y_{ij}^{(k_s)}$ ,  $s = \overline{1, N}$  позначено реалізації випадкових величин  $a_{ij}^{(k)}$ . Тоді якщо  $k_1, \dots, k_r$  такі що  $y_{ij}^{(k_s)} = 1$ ,  $s = \overline{1, r}$ , а  $y_{ij}^{(k_s)} = -1$ ,  $s = \overline{r+1, N}$ , то має місце наступне твердження:

**Твердження 6.** Нехай  $\hat{\lambda}_{ij}^{\$}$  – корінь рівняння:  $r = \sum_{s=r+1}^N (\lambda_{ij} - \gamma_{ij}^{k_s})^{-1}$  на

множині  $[1, \infty)$ , тоді єдина оцінка максимальної вірогідності має вигляд:  $\hat{p}_{ij} = \frac{1}{\hat{\lambda}_{ij}^{\$}}$ .

В дисертації досліджуються лінійні оцінки, що мінімізують середньоквадратичну похибку. При деяких умовах знайдено їх явний вигляд та похибки оцінювання. Має місце наступне твердження:

**Твердження 7.** Усереднена лінійна оцінка має вигляд:  $\hat{p}_{ij} = \sum_{k=1}^N \hat{u}_k (y_{ij}^{(k)} + 1)$ ,

$$\hat{u}_k = \frac{1}{2} \delta_{ij}^{(k)} \left( \sum_{k=1}^N \gamma_{ij}^{(k)} \delta_{ij}^{(k)} \right)^{-1}, \quad \delta_{ij}^{(k)} = \frac{\gamma_{ij}^{(k)}}{\beta_{ij}^{(k)}}, \quad \beta_{ij}^{(k)} = \mu_1 \gamma_{ij}^{(k)} - \mu_2 (\gamma_{ij}^{(k)})^2.$$

При цьому:  $\min \sigma_1^2(\gamma_{ij}) = \sum_{k=1}^N (\mu_1 \gamma_{ij}^{(k)} - \mu_2)^{-1}$ , де  $\mu_1 = \int_{p_{ij}^-}^{p_{ij}^+} p \mu(dp)$ ,  $\mu_2 = \int_{p_{ij}^-}^{p_{ij}^+} p^2 \mu(dp)$ .

Таким чином були обґрунтовані та вибрані показники, що мають найбільший вплив на оцінку рівня ЯО ВНЗ, і визначені їх вагові коефіцієнти. Обґрунтовані показники є складовим елементом для розробки математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ.

*Розробка математичної моделі організації і проведення НВП у ВНЗ складається з наступних етапів:*

*1. Аналіз існуючого процесу організації і проведення НВП у ВНЗ.*

Здійснюється аналіз нормативно-правової бази керівних документів з питань організації і проведення НВП у ВНЗ; аналіз типової організаційно-штатної структури ВНЗ. При цьому виділяються складові системи організації і проведення НВП у ВНЗ, внутрішні взаємозв'язки і зовнішні чинники, які впливають на забезпечення рівня ЯО ВНЗ не нижче заданого. Розробляється узагальнена формалізована функціональна схема організації і проведення НВП у ВНЗ.

Для досягнення повної і адекватної оцінки рівня відповідності організації і проведення НВП, а також з метою перевірки відповідності рівня теоретичної та практичної підготовленості фахівця на посаді первинного призначення з вимогами замовника, запропоновано додати до функціональної схеми організації і проведення НВП у ВНЗ блок «Вступна кампанія» і блок «Проходження стажування/Робота за спеціальністю», який протягом першого року відстежує процес стажування або роботи за спеціальністю випускника.

*2. Розробка функціональної схеми організації і проведення НВП у ВНЗ.*

Розробка функціональної схеми організації і проведення НВП у ВНЗ проводилась за ієрархічним принципом. Сутність цього принципу полягає в декомпозиції структурних об'єктів ВНЗ, які впливають на ЯО ВНЗ, і її складові елементи. Це дозволяє здійснити встановлення місця і ролі кожного з них у функціонуванні структури об'єкта за умови збереження ними своєї цілісності у взаємодії як із зовнішнім середовищем, так із внутрішнім та визначенню параметрів складових елементів моделі.

На рис. 2 представлено розроблену узагальнену формалізовану функціональну схему організації і проведення НВП у ВНЗ:

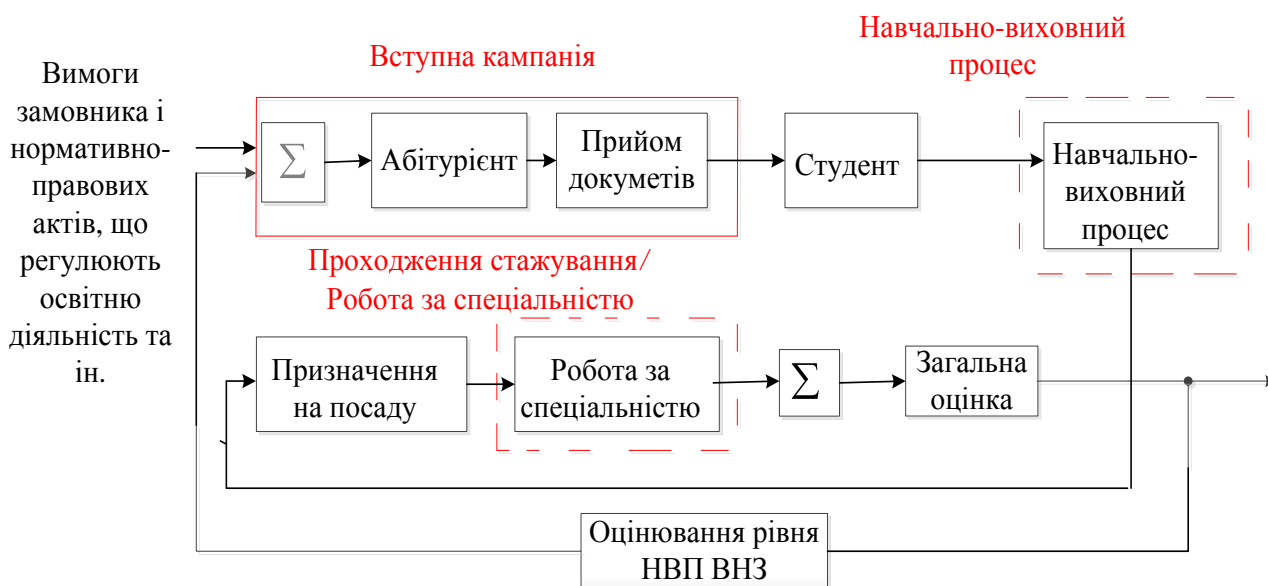


Рис. 2. Узагальнена формалізована функціональна схема організації і проведення НВП у ВНЗ

Узагальнена формалізована функціональна схема складається з трьох блоків: “Вступна кампанія”; “Навчально-виховний процес”; “Проходження стажування/Робота за спеціальністю”. Для розробки математичної моделі організації і проведення НВП у ВНЗ використано математичний апарат теорії автоматичного регулювання з використанням теорії прийняття рішень.

Проводиться декомпозиція блоків узагальненої формалізованої функціональної схеми організації і проведення НВП у ВНЗ на складові елементи.

3. *Обґрунтування динамічних ланок та їх параметрів для розробки структурної схеми організації і проведення НВП у ВНЗ.*

Обґрунтування динамічних ланок та їх параметрів для розробки структурної схеми організації і проведення НВП у ВНЗ здійснено за допомогою експертного оцінювання відповідно до вимог нормативно-правових документів з питань освітньої діяльності у ВНЗ; аналізу існуючих статистичних даних; фізики процесу, що проходить у відповідному структурному елементі, з подальшим порівнянням цього процесу існуючим з використанням методу аналогій.

Розробка структурної схеми організації і проведення НВП у ВНЗ здійснена шляхом еквівалентного перетворення функціональної схеми організації і проведення НВП у ВНЗ у структурну схему у вигляді з'єднаних між собою динамічних ланок.

За допомогою проведення експертного оцінювання здійснено визначення параметрів динамічних ланок структурних елементів системи. Складено рівняння динаміки елементів системи. Функціональну схему організації і проведення НВП у ВНЗ по елементах перетворено в структурну схему. На рис. 3 представлено перетворення функціональної схеми підблоку “Прийом документів” блоку “Вступна кампанія” у структурну схему “Організація і проведення НВП у ВНЗ”.

4. Побудова математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ у змінних стану.

Для побудови математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ здійснено перехід від структурної схеми, побудованої у вигляді з'єднаних між собою динамічних ланок, до диференційних рівнянь, що описують перехідні процеси в ній. Скориставшись правилами для перетворення паралельного з'єднання та оберненого зв'язку, знайдено передавальну функцію підблоку "Прийом документів":

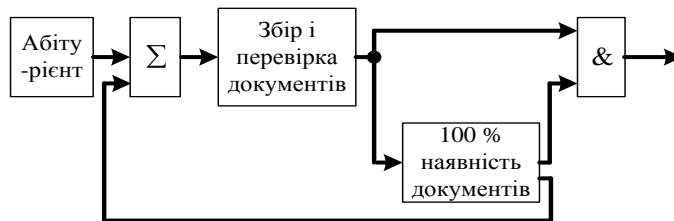


Рис. 3. Функціональна схема підблоку "Прийом документів"

$$K_{\text{Вступ Камп}}(p) = X_{\text{ВХ}}(p) \left( \frac{\frac{k_{PD1}}{T_{PD1}p + 1}}{1 + k_{PD2} \frac{k_{PD1}}{T_{PD1}p + 1}} + \frac{k_{PD1}}{T_{PD1}p + 1} \right) \cdot k_{PD3}, \quad (2)$$

де  $T$  – термін подачі документів;  $k$  – коефіцієнт підсилення динамічної ланки. Використовуючи передавальну функцію (2), одержано диференційне рівняння підблоку "Прийом документів", яке має такий вигляд:

$$\begin{aligned} & \frac{d^3 x_{\text{ВХ}}(t)}{dt^3} \cdot k_{n1} \cdot k_{n2} \cdot (k_{n3} + k_{n4}) + \frac{d^2 x_{\text{ВХ}}(t)}{dt^2} \frac{k_{n1} \cdot k_{n2} \cdot (k_{n3} + k_{n4})}{T_{n2}} + \\ & + \frac{dx_{\text{ВХ}}(t)}{dt} \frac{k_{n7}}{T_{n2}} + x(t) \frac{1}{T_{n2}} = \frac{dx_{\text{ВИХ}}(t)}{dt} \frac{k_{n6}}{T_{n2}} + \frac{d^2 x_{\text{ВИХ}}(t)}{dt^2} \frac{k_{n7} + T_{n2} \cdot k_{n6}}{T_{n2}} + \\ & + \frac{d^3 x_{\text{ВИХ}}(t)}{dt^3} \frac{T_{n2} \cdot k_{n7} + 1}{T_{n2}} + 2 \frac{d^4 x_{\text{ВИХ}}(t)}{dt^4} + \frac{d^5 x_{\text{ВИХ}}(t)}{dt^5}. \end{aligned}$$

Аналогічним чином отримано диференційні рівняння для кожного із блоків структурної схеми організації і проведення НВП у ВНЗ.

Після отримання диференційних рівнянь складових елементів кожного із блоків математичної моделі оцінки організації і проведення НВП у ВНЗ, та проведення відповідних спрощень, передавальна функція математичної моделі представляється в такому вигляді:

$$K(p) = K_{\text{Вступ Камп}}(p) \cdot (1 + K_{\text{НВП}}(p)) \cdot k_{\text{РОс}}.$$

Підставивши передавальні функції блоків "Вступна кампанія", "Навчально-виховний процес" і "Проходження стажування/Робота за спеціальністю" в

вищенаведену формулу, отримаємо математичну модель структурної схеми “Організація і проведення НВП у ВНЗ”:

$$\begin{aligned}
 K(p) = & \left( \frac{\frac{k_{PD1}}{T_{PD1}p+1}}{1+k_{PD2} \cdot \frac{k_{PD1}}{T_{PD1}p+1}} + \frac{k_{PD1}}{T_{PD1}p+1} \right) \cdot k_{PD3} \times \\
 & \times \left( \sum_{q=1}^M \sum_{i=1}^{N_q} \prod_{n=1}^i \left( \frac{k_{Mn1}}{p} \cdot \frac{k_{Mn2}}{T_{Mn2}p+1} + \frac{\frac{k_{Mn1}}{p} \cdot \frac{k_{Mn2}}{T_{Mn2}p+1} \cdot k_{Mn4}}{1+k_{Mn7} \left( 1+k_{Mn6} \cdot \frac{1}{p} \right) \cdot \frac{k_{Mn1}}{p} \cdot \frac{k_{Mn2}}{T_{Mn2}p+1}} \right) \cdot k_{Mn3} \cdot \right. \\
 & \left. \times \left( \frac{k_{Dn1}}{T_{Dn1}p+1} + \frac{\frac{k_{Dn1}}{T_{Dn1}p+1} \cdot k_{Dn3}}{1+k_{Dn6} \left( 1+k_{Dn5} \cdot \frac{1}{p} \right) \cdot \frac{k_{Dn1}}{T_{Dn1}p+1}} \right) \right) \times \\
 & \times \left( \left( \frac{k_{Sl}}{T_{Sl}p+1} + \frac{k_{Sl}}{T_{Sl}p+1} \cdot \frac{1}{1+k_{Gr} \left( k_{vpl} + \frac{k_{por}}{p} \right) \cdot \frac{k_{Sl}}{T_{Sl}p+1} \cdot k_{rez}} \right) \cdot k_{Zag} + \frac{k_{Sl}}{T_{Sl}p+1} \cdot k_{Gr} \cdot \frac{k_{por}}{p} \right) \times \\
 & \left. \cdot k_{Zg} \cdot \frac{k_{OC}}{T_{OC}p+1} + 1 \right) \times \\
 & \times k_{Dmin} \cdot k_{Dn2} \cdot k_{DB} \cdot k_{ZAn} \cdot k_{pp} \cdot k_{POC},
 \end{aligned}$$

де  $k_{PDn}, T_{PD1}$  – коефіцієнти ланок, що відповідають за наявність та відповідність документів при вступі;  $k_{Mn}, T_{Mn}$  – коефіцієнти ланок, які моделюють навчальний процес;  $k_{Dn}, T_{Dn}$  – коефіцієнти ланок, які моделюють підсумкове оцінювання в кінці кожного семестру;  $k_{Sl}, T_{Sl}, k_{Gr}, k_{vpl}, k_{por}, k_{zag}, k_{rez}$  – коефіцієнти ланок, що описують роботу за спеціальністю, її оцінювання. Індеси сумування і добутку  $q, i, n$ , визначають кількісну оцінку відповідності до дисципліни, навчальних модулів та семестрів і для спрощення у формулі не вказані. Таким чином, для кожного з побудованого блоку отримано загальну передавальну функцію по зображенню за Лапласом. У випадку необхідності отримання диференційного рівняння в явному вигляді необхідно провести перетворення, а саме – перемножити обидві частини рівності  $K(p) = x_{вих}/x_{вхід}$  на вираз  $x_{вхід}/K(p)$  і перейти від многочленів від  $p$  до похідних від невідомої функції.

Наступним кроком є представлення елементів блоків і самих блоків у вигляді змінних стану.

Для побудови структурної схеми “Організація і проведення НВП у ВНЗ” у змінних стану застосовано структурний метод. При складанні схеми в змінних стану

структурним методом використаємо алгоритмічні (структурні) схеми блоків “Вступна кампанія”, “Навчально-виховний процес”, “Проходження стажування/Робота за спеціальністю”, кожна динамічна ланка якої подається своєю схемою в змінних стану з наступним об’єднанням в загальну схему. Процес перетворення кожного елемента функціональної схеми в структурну, а в подальшому – в схему змінних станів, будується окремо для кожного елемента структурних схем.

Як приклад схема підблоку “Прийом документів” блоку “Вступна кампанія” в змінних стану представлено на рис. 4.

Узагальнена математична модель оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ в змінних стану представляє собою сукупність послідовно з’єднаних між собою математичних моделей в змінних стану блоків “Вступна кампанія”, “Навчально-виховний процес” і “Проходження стажування/Робота за спеціальністю”.

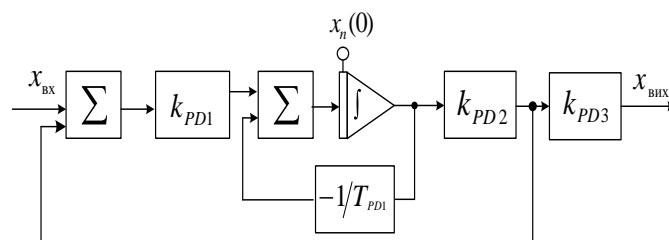


Рис. 4. Схема підблоку “Прийом документів” в змінних стану

5. *Перевірка адекватності математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ.*

Для перевірки адекватності математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ проведено експеримент, метою якого є перевірка відповідності змодельованого перехідного процесу системи з реальним до і після проведення коригування показників, що впливають на ЯО ВНЗ. Перевірка адекватності математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ здійснена в два етапи: 1) ідентифікація параметрів моделі з використанням методу найменших квадратів та статистичний аналіз відхилень від реальних даних; 2) перевірка адекватного реагування моделі на зміну показників, що впливають на ЯО ВНЗ.

Перехідний процес математичної моделі описаний як функція від її параметрів. Вектор параметрів системи позначено як  $\bar{K}_{par}$ , а вектор середніх оцінок успішності групи студентів ВНЗ як  $\bar{S} \in R^m$ , що є вхідною статистичною інформацією. Цей вектор формується як поточними, так і підсумковими оцінками навчальної групи студентів ВНЗ. Формується функція методу найменших квадратів, а саме:

$$A = \sum_{i=1}^m (\bar{S}_i - P(\bar{K}_{par}, t_i))^2 \rightarrow \min_{\bar{K}_{par}}, \text{ де } P(\bar{K}_{par}, t_i) - \text{функція, що відображає перехідний}$$

процес у точках контролю  $t_i, i = \overline{1, m}$ .

Після першого етапу отримані параметри перехідного процесу розробленої математичної моделі, що відповідають реальним статистичним даним при вивченні навчальної дисципліни навчальною групою студентів.

На другому етапі виконується перевірка адекватного реагування математичної моделі на зміну показників впливу на ЯО ВНЗ при формуванні управлінських впливів,

направлених на поліпшення організації і проведення НВП у ВНЗ шляхом проведення натурного експерименту. Мета цієї перевірки полягає у визначенні реакції побудованої математичної моделі на зміну показників ЯО ВНЗ. При цьому значною мірою варіювались встановлені раніше фактори впливу на організацію і проведення НВП у ВНЗ. Для цього було проведено сім імітаційних моделювань. Окрема увага була приділена процесам запізнення, що спостерігалися в математичній моделі. Результати проведеного дослідження підтвердили ефективність розробленої математичної моделі в цілому.

**У третьому розділі** розроблений метод оцінювання якості організації і проведення НВП у ВНЗ, а також методика оцінювання рівня ЯО ВНЗ. Сутність даного методу полягає в оцінюванні отриманих результатів шляхом порівняння реальних кількісних показників зі значеннями, що належать до еталонних функцій приналежності.

*Метод складається з наступних етапів:*

1. Побудова еталонних функцій приналежності показників впливу на ЯО ВНЗ. Визначення коефіцієнтів та їх ваги для кожного еталонного показника.

2. Обґрунтування і визначення інтегральних еталонних показників якості засвоєння начального матеріалу для  $S_{\text{ет.засв.}}$  рівнів, що відповідають значенням лінгвістичних термів: “відмінно”, “добре”, “задовільно” та “незадовільно”.

3. Порівняння реальних отриманих показників якості засвоєння блоку навчального матеріалу з відповідними еталонними значеннями визначається реальним інтегральним показником якості засвоєння навчального матеріалу для навчального підрозділу в порівнянні з відповідним еталонним.

Середній інтегральний показник якості засвоєння навчального матеріалу визначається за формулою:

$$S_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^n S_i / N_{\text{ост}},$$

де  $S_i$   $i=1, \dots, n$  – інтегральний показник якості засвоєння навчального матеріалу  $i$ -го студента навчальної групи,  $N_{\text{ост}}$  – кількість студентів в навчальній групі, які засвоїли навчальний матеріал на рівні не нижче заданого. При цьому повинна виконуватись умова:

$$S_{\text{ет.засв.}} \leq S_{\text{ср}},$$

інакше – проводиться коригування НВП у ВНЗ. Зазначений метод дозволяє знайти кількісне співвідношення значення параметрів еталонних і реальних. Розроблена математична модель оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ і метод оцінювання якості організації і проведення НВП у ВНЗ є складовими при розробці методики оцінювання рівня ЯО ВНЗ.

Сутність методики оцінювання рівня ЯО ВНЗ полягає у використанні і узгодженні розробленої математичної моделі і методу для формування управлінських впливів з метою коригування організації і проведення НВП для досягнення рівня ЯО ВНЗ не нижче заданого.

*Методика складається з двох етапів: підготовчого і реалізацій.*

*I етап* – ПІДГОТОВЧИЙ, складається з наступних пунктів:

1. Побудова функціональної схеми організації і проведення НВП у ВНЗ.

1.1. Аналіз існуючого процесу організації і проведення НВП у ВНЗ. Обґрунтування вибору показників, що впливають на ЯО ВНЗ.

1.2. Побудова функціональної схеми організації і проведення НВП у ВНЗ.

2. Побудова математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ з еталонними параметрами динамічних ланок.

2.1. Обґрунтування типів динамічних ланок, що описують кожний елемент функціональної схеми організації і проведення НВП у ВНЗ і їх еталонних параметрів.

2.2. Еквівалентне перетворення функціональної схеми організації і проведення НВП у ВНЗ в структурну схему. Побудова структурної схеми в змінних стану. Складання рівняння динаміки елементів системи. Представлення математичної моделі у вигляді з'єднаних між собою динамічних ланок з еталонними параметрами.

3. Отримання перехідної характеристики еталонної математичної моделі оцінки організації і проведення НВП у ВНЗ.

4. Побудова еталонних функцій приналежності для кожного з показників, що впливають на ЯО ВНЗ.

*II етап* – етап РЕАЛІЗАЦІЇ, складається з наступних пунктів:

1. Виконання пунктів 2–4 етапу I методики для отримання реальних значень параметрів динамічних ланок та їх відповідних характеристик.

2. Аналіз і обробка результатів моделювання математичної моделі.

3. Вибір альтернативи для формування управлінських впливів на складові показників ЯО ВНЗ. Прийняття рішення щодо коригування НВП у ВНЗ.

Наукова новизна розробленої методики полягає в тому, що вона дозволяє формалізувати і типізувати аналітичну інформацію про стан рівня ЯО ВНЗ; здійснити оцінювання рівня організації і проведення НВП у ВНЗ; у разі погіршення НВП надати альтернативи щодо здійснення управлінських впливів для виконання коригуючих заходів і як наслідок – забезпечити досягнення рівня ЯО ВНЗ не нижче заданого.

**У четвертому розділі** проводиться оцінювання керованості, стійкості, якості перехідного процесу математичної моделі оцінки організації і проведення НВП у ВНЗ та результативності використання методики оцінювання рівня ЯО ВНЗ. Обґрунтовано технічні рішення щодо розробки ІАС оцінки рівня ЯО ВНЗ як інструменту щодо реалізації розробленої методики.

Оцінювання керованості розробленої математичної моделі було проведене за допомогою перевірки критерію керованості для одного підблоку (навчального модуля блоку НВП). Використано критерій керованості для системи, яка

представляється у вигляді:  $\dot{x}(t) = \mathbf{A}x(t) + \mathbf{B}u(t)$ . Для неї складається матриця керованості  $U = [B \parallel A \parallel B \parallel A^2 B \parallel \dots \parallel A^{n-1} B]$  і перевіряється її ранг. Встановлено, що так як матриця є невиродженою, то система є керованою. Оскільки елементи блоку “Навчально-виховний процес” системи складаються з однакових за структурою підблоків, то зроблено висновок, що система є керованою. Таким чином

досліджуються інші елементи системи, при цьому якщо компоненти блоків її вектору керовані, то система повністю керована.

Для перевірки розробленої математичної моделі на стійкість був вибраний метод перевірки системи за критерієм стійкості Рауса-Гурвіца. Вихідними даними є характеристичне рівняння системи, яке отримане шляхом прирівнювання до нуля

знаменника перехідної функції  $W(s) = \frac{Y(s)}{U(s)}$ . Він представляється у вигляді:

$U(s) = a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_n$ . Для випадку одного блоку модуля НВП рівняння матиме вигляд:  $p^5 + 2p^4 + \frac{T_{n2} \cdot k_{n7} + 1}{T_{n2}} p^3 + \frac{k_{n7} + T_{n2} \cdot k_{n6}}{T_{n2}} p^2 + \frac{k_{n6}}{T_{n2}} p = 0$ .

Критерій Рауса-Гурвіца представляє собою алгоритм, за яким складається матриця. В першому рядку записуються коефіцієнти рівняння з парними індексами, починаючи з 0 в порядку зростання, в другому – коефіцієнти з непарними індексами в порядку зростання. Всі інші елементи матриці обчислюються за формулою:

$\frac{R_{ij}}{R_{i-1,j}} = R_{i-2,j+1} - R_{i-1,j+1} R_{i-2,j}$ . Для стійкості лінійної стаціонарної системи

необхідно і достатньо, щоб коефіцієнти першого стовпчика матриці Рауса були одного знаку. Якщо це не виконується, то система нестійка. Перевірка на стійкість виконана для кожного окремого випадку.

Оцінювання якості перехідного процесу розробленої математичної моделі здійснене за допомогою використання методу лінійної інтегральної оцінки. Отриманий аналітичний вираз формули дозволив оцінити якість перехідних процесів в математичній моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ, порівнюючи отримані значення при різних параметрах інтегральних і аперіодичних ланок. Це дозволило зробити висновок, що один із критеріїв оптимізації математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ можна сформулювати за допомогою розв'язання задач оптимізації.

Для оцінювання результативності використання методики оцінювання рівня ЯО ВНЗ запропонована наступна методика. Оскільки розроблювальна система має за мету підвищення сумарного рівня підготовленості студентів ВНЗ, були досліджені промодельовані рівні підготовки на виході з НВП, тобто на випуску з ВНЗ, для різних вхідних рівнів можливостей студентів, які відповідають лінгвістичним термам “незадовільно”, “задовільно”, “добре”, “відмінно” та отримані рівні загальної підготовки при включенні механізмів системної оптимізації (здійснення коригування організації і проведення НВП у ВНЗ за рахунок формування управлінських впливів на показники впливу ЯО ВНЗ), закладених у досліджувану систему. Варто зауважити, що дослідженню підлягали інтегральні природи як за кожним показником, так і за рівнем засвоєних знань студента після його випуску з ВНЗ. Інтегральна оцінка дає якнайкращий результат при визначенні багатьох ключових факторів системного дослідження.

Коефіцієнт ефективності динамічної системи управління визначено за наступною формулою:

$$E = \frac{\int G(\theta)d\theta}{\int B(\varepsilon)d\varepsilon} - 1,$$

де  $E$  – коефіцієнт ефективності системи, а кусково–лінійні і неперервні функції  $B(\varepsilon)$  та  $G(\theta)$  – відповідні вихідні перехідні процеси з досліджуваної системи до формування управлінських впливів  $B(\varepsilon)$  і після них  $G(\theta)$ , які визначені на множині початкових потенціалів знань та умінь студентів. Загальний показник оцінки результативності математичної моделі, агрегований за усіма показниками впливу на ЯО в ВНЗ становить 8%–10%.

У розділі розроблені *технічні рішення* щодо *реалізації інформаційної технології оцінювання ЯО ВНЗ* шляхом розробки функціональної схеми ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ та обґрунтування вибору мови програмування для її програмної реалізації. Зроблений вибір на користь мови Java, оскільки вона має наступні переваги: ефективність (за основу взятий синтаксис C++), об'єктно-орієнтована спрямованість, стійкість до помилок, підтримка багатопоточності, незалежність від архітектури і широкі перспективи застосування.

ІАС оцінки рівня ЯО ВНЗ розглядається як комплекс автоматизованих інформаційних технологій, призначених для організованого безперервного технологічного процесу підготовки та видачі інформації керівникам різних ланок ВНЗ щодо стану рівня ЯО ВНЗ, а також інформації з формування управлінських впливів на організацію і проведення НВП у ВНЗ для підтримки рівня ЯО не нижче заданого.

Елементи розробленої функціональної схеми ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ побудовані таким чином, що при розгляді задачі коригування організації і проведення НВП у ВНЗ здійснено аналіз невідповідності функціонування кожної складової елементу з метою її коригування. Включення в функціональну схему підсистеми накопичення даних і знань дозволяє накопичувати інформацію в даній предметній області і використовувати її в подальшому для формування управлінських впливів. Процес формування управлінських впливів на організацію і проведення НВП у ВНЗ можливо представити у вигляді алгоритму, що включає процеси: аналіз задачі коригування НВП; формулювання цілі і задач коригування НВП; визначення критеріїв; формування множини альтернатив; аналіз альтернатив; формування управлінських впливів на організацію і проведення НВП у ВНЗ.

Реалізація запропонованого алгоритму представлена у вигляді **формалізованої схеми ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ** (рис. 5).

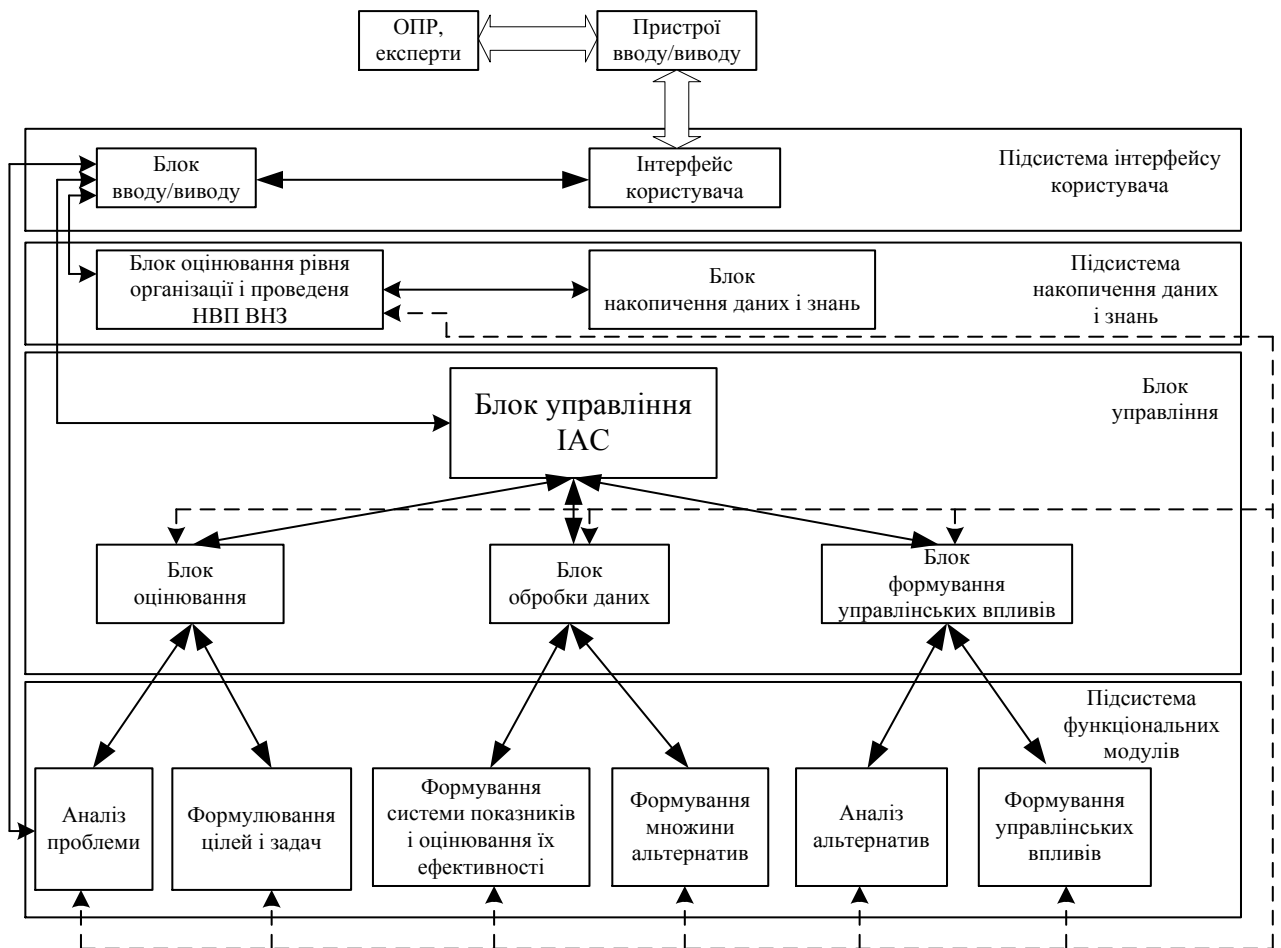


Рис. 5. Формалізована функціональна схема ІАС оцінювання рівня ЯО в ВНЗ

Поєднавши запропонований алгоритм формування управлінських впливів і формалізовану схему ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ отримано функціональну схему ІАС оцінки рівня ЯО ВНЗ. До її складу входить: підсистема інтерфейсу користувача; підсистема накопичення даних і знань; блок управління; підсистема функціональних модулів (аналіз, обробка і видача альтернативних рішень). Включення в функціональну схему підсистеми накопичення даних і знань дозволяє накопичувати інформацію і використовувати її в подальшому при формуванні управлінських впливів. Функціонування такої системи передбачає залучення фахівців, які залежно від призначення структурних елементів, умовно розбиті на групи відповідно до функціональних обов'язків: системні аналітики, експерти, дослідники й особи, що приймають рішення.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційному дослідженні наведено теоретичне узагальнення і нове розв'язання наукової задачі щодо обґрунтування і розробки інформаційної технології оцінювання якості освіти ВНЗ, яка базується на інтелектуалізації процесів формування управлінських впливів, для забезпечення рівня якості освіти не нижче заданого.

Наукові і практичні результати роботи:

1. Обґрунтовано вибір показників, що впливають на рівень якості освіти ВНЗ. Сформовано ієрархію впливу показників на загальну організацію і проведення НВП у ВНЗ. Визначено їх вагові коефіцієнти, проведено безпосереднє оцінювання впливу

керівництва ВНЗ за відповідними напрямками роботи для кожного з показників у порядку зменшення їх пріоритетності.

2. Удосконалено нові методи обробки експертної інформації.

3. Розроблено математичну модель оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ. Наукова новизна математичної моделі полягає в тому, що, на відміну від існуючих, розроблена модель описується системою диференціальних рівнянь побудованих з застосуванням методу простору станів, який дозволяє визначати значення змінної на виході кожного структурного елемента математичної моделі для оцінювання відповідності характеристик перехідного процесу організації і проведення НВП у ВНЗ.

4. Розроблено метод оцінювання якості організації і проведення НВП у ВНЗ. Сутність методу полягає в побудові еталонних функцій приналежності показників впливу на ЯО ВНЗ, за допомогою яких здійснюється оцінювання реального рівня відповідності кожного з показників до еталонного і в разі виявлення невідповідності – проводиться вибір альтернатив на основі інтелектуалізації процесів формування управлінських впливів.

5. На основі системного аналізу інформаційної технології розроблено методіку оцінювання рівня якості освіти ВНЗ.

6. Для практичної реалізації розробленої методіки запропоновано формалізовану функціональну схему ІАС оцінки рівня ЯО в ВНЗ, яка дозволяє автоматизувати процес оцінювання рівня ЯО ВНЗ, сформувати базу знань для вибору альтернатив, що використовується як інструмент для здійснення формування управлінських впливів. Моделювання навчального процесу, а також управлінські впливи на нього проводилось за допомогою програмного комплексу Maple. Обґрунтовано вибір мови програмування для програмної реалізації функціональної схеми ІАС. Зроблений вибір на користь мови Java, оскільки вона має наступні переваги: ефективність (за основу взятий синтаксис C++), об'єктно-орієнтована спрямованість, стійкість до помилок, підтримка багатопоточності, незалежність від архітектури і широкі перспективи застосування.

Таким чином, розглянута у дисертаційному дослідженні інформаційна технологія оцінювання якості освіти ВНЗ є результатом вирішення сформульованої наукової задачі і дозволяє досягти мету дослідження – проаналізувати системно інформаційну технологію оцінювання якості освіти ВНЗ, яка базується на інтелектуалізації процесів формування управлінських впливів щодо здійснення коригування НВП у ВНЗ.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

### *Статті у наукових фахових виданнях*

1. Савкова В. П. Розробка підходів щодо розробки методу оцінки якості організації і проведення підготовки фахівців в інтегрованій системі вищого навчального закладу / В. П. Савкова // Вісник Київського університету ім. Тараса Шевченка. Серія: Фізико-математичні науки. – 2014. – №4. – С. 219–224.

2. Пампуха І. В. Розробка математичної моделі вибору показників оцінки якості освіти вищого навчального закладу / І. В. Пампуха, А. В. Малюга,

В. П. Савкова // Науково-практичний журнал «Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони». – 2010. – №1(7). – С. 67–71.

3. Федюков Д. А. Підхід до реалізації структури операційної системи для розрахункових кластерів / Д. А. Федюков, С. Г. Рябчун, В. П. Савкова, В. О. Міщенко // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2009. – № 24. – С. 150–155.

4. Убайдуллаєв Ю. Н. Особливості створення системи інформаційного забезпечення експлуатації озброєння і військової техніки. / Ю. Н. Убайдуллаєв, Ю. В. Ольшевський, О. В. Буяло, В. П. Савкова // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Військово-спеціальні науки. – 2010. – №26. – С. 133–137.

5. Наконечний О. Г. До проблеми оцінок матриць попарних порівнянь по спостереженням / О. Г. Наконечний, В. П. Савкова // Журнал обчислювальної та прикладної математики. – 2015. – №3 – С. 61–69.

6. Savkova V. P. Quality management model for higher educational institutional / V. P. Savkova // Журнал обчислювальної та прикладної математики. – 2016. – №1. – С. 98–108.

#### ***Статті у наукових виданнях:***

7. Пампуха І. В. Обоснование технологий для разработки ядра управления программным обеспечением содержащих контенты / І. В. Пампуха, В. П. Савкова, І. В. Харченко, С. Л. Харченко // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Військово-спеціальні науки. – 2010.– №25. – С. 76–79.

#### ***Опубліковані праці апробаційного характеру:***

8. Savkova V. P. The mathematical model of formation an administrative decisions of providing an educational services in educational institutions / V. P. Savkova, I. V. Pampuha, P. A. Savkov // 24 International Conference "Problems of Decision Making Under Uncertainties" (PDMU–2014), September 1–5, 2014: – Cesky Rudolec, Czech Republic. – P. 75–76.

9. Savkova V. P., Gomez J. M. The grounding for indicators of quality of education in HEI (Higher Educational Institutionals) / V. P. Savkova, J. M. Gomez // 24 International Conference "Problems of Decision Making Under Uncertainties" (PDMU–2014), September 1–5, 2014: – Cesky Rudolec, Czech Republic. – P. 84–85.

10. Савкова В. П. Розробка функціональної моделі вступної компанії у ВНЗ / В.П. Савкова, А. В. Малюга // XIX Міжнародна конференція "Проблеми прийняття рішень в умовах невизначеності" (PDMU–2012). – м. Мукачево, Україна. – С. 160–161.

11. Савкова В.П. Узагальнена модель організації і проведення навчально-виховного процесу в вищих навчальних закладах з метою забезпечення якості освіти на рівні не нижче заданого / В. П. Савкова // IX Міжнародна конференція «Стратегія якості в промисловості і освіті», 31 травня–7 червня 2013: тези допов., Том 1. – м. Варна, Болгарія. – С. 267–270.

12. Малюга А. В. Розробка функціональної моделі вступної компанії у ВНЗ /А. В. Малюга, В. П. Савкова // III Науково-практична конференція молодих учених і студентів «Інформаційно-вимірні технології, технічне регулювання та менеджмент

якості: стан, досягнення і перспективи», 2012: – м. Одеса, Україна. – С. 160–161.

13. Савкова В. П. Концептуальна модель організації і проведення навчально-виховного процесу в вищих навчальних закладах підготовки фахівців геоінформаційних систем та технологій / Савкова В. П., Савков П. А. // Всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених, ад'юнктів, слухачів, курсантів і студентів «Сучасні проблеми розбудови Збройних Сил України», 26 квітня 2013. – м. Київ, Україна. – С. 324.

14. Пампуха І. В. Розробка математичної моделі оцінки організації і проведення НВП у ВНЗ / І. В. Пампуха, В. П. Савкова // X Міжнародна науково-практична конференція «Військова освіта і наука: сьогодні та майбутнє», 21 листопада 2014. – м. Київ, Україна. – С. 71.

15. Савкова В. П. Структурно – функціональна схема забезпечення рівня якості вищої освіти не нижче заданого при підготовці фахівців геоінформаційних систем та технологій / В. П. Савкова // IX Міжнародна науково-практична конференція «Військова освіта і наука: сьогодні та майбутнє», 22 листопада 2013. – м. Київ, Україна. – С. 346.

16. Савкова В. П. Використання методу нечітких регуляторів для оцінки рівня якості вищої освіти при підготовці фахівців геоінформаційних систем та технологій / В. П. Савкова, І. В. Пампуха, П. А. Савков // IX Міжнародна науково-практична конференція «Військова освіта і наука: сьогодні та майбутнє», 22 листопада 2013. – м. Київ, Україна. – С. 345.

## АНОТАЦІЯ

**Савкова В. П. Системний аналіз інформаційної технології оцінювання якості освіти вищого навчального закладу. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.04 – системний аналіз і теорія оптимальних рішень. – Київський національний університет імені Тараса Шевченка МОН України, Київ, 2016.

Дисертаційна робота присвячена розробці інформаційної технології оцінки якості освіти вищого навчального закладу (ВНЗ), яка базується на інтелектуалізації процесів формування управлінських впливів щодо здійснення коригування навчального процесу (НП) у ВНЗ.

Розв'язана задача обґрунтування показників, що впливають на досягнення рівня якості освіти ВНЗ не нижче заданого. Вперше розроблена математична модель оцінювання організації і проведення НП у ВНЗ, яка побудована у відповідності до теорії автоматичного управління з описом НВП у ВНЗ із застосуванням методу простору станів. Дана модель відрізняється від існуючих тим, що дозволяє визначати значення кожної її змінної в часі. Розроблено метод оцінювання якості організації і проведення НП у ВНЗ, що дозволяє побудувати еталонні функції приналежності показників впливу на якість освіти ВНЗ, за допомогою яких здійснюється оцінювання реального рівня відповідності кожного з показників до еталонного, і в разі виявлення невідповідності – проводиться вибір альтернатив на основі інтелектуалізації процесів формування управлінських впливів.

На основі інформаційної технології розроблена методика оцінювання рівня якості освіти ВНЗ. Для реалізації вищезазначеної методики розроблені технічні рішення з використанням мови програмування Java.

**Ключові слова:** інформаційно-аналітична система, інформаційна технологія, нечіткі множини, теорія автоматичного управління, метод найменших квадратів, гарантована оцінка матриць за спостереженнями, метод експертного оцінювання, метод максимальної вірогідності, метод мінімізації усередненої середньоквадратичної похибки.

## АННОТАЦІЯ

**Савкова В. П. Системный анализ информационной технологии оценивания качества образования высшего учебного заведения. - Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.05.04 – системный анализ и теория оптимальных решений. – Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко МОН Украины, Киев, 2016.

Диссертационная работа посвящена решению актуальной научной задачи – разработке информационной технологии оценки качества образования высшего учебного заведения (ВУЗ), которая базируется на интеллектуализации процессов формирования управляющих воздействий для корректировки учебного воспитательного процесса (УВП) в ВУЗ. В работе проанализованы существующие информационные технологии оценивания уровня качества образования ВУЗ и сделан вывод об их несовершенстве. Также представлена модель «Система управления качеством успешности студента ВУЗ», которая разработана с использованием подхода дизайн-концептуального исследования (и в соответствии с международным стандартом качества ISO 9001 IWA 2: 2007), который включает в себя подход моделирования системной динамики, диаграммы причинно-следственных контуров. Проанализировав данные подходы, и функционирование модели, делается вывод, что они являются несовершенными - слишком формальными и не действенными. Впервые получены и обоснованы показатели, которые позволяют осуществить влияние на УВП в ВУЗ (за результатами проведения экспертного оценивания методом анализа иерархий, методами максимальной вероятности и минимизации усредненной средноквадратической погрешности, с помощью гарантированной оценки матриц по наблюдениям) и выбирать альтернативы для принятия решений по его корректировке за счет формирования управленческих воздействий лицом, принимающим решение. Разработана математическая модель оценивания организации и проведения УВП в ВУЗ. Для получения значений эталонных показателей, влияющих на процесс проведения УВП в ВУЗ, и сравнения этих показателей с реальными разработан метод оценивания качества организации и проведения УВП в ВУЗ (на начальном этапе необходимо получить эталонные значения показателей воздействия на качество образования в ВУЗ, а информация о них есть не четкой, то для формализации описания этих показателей применяется лингвистический подход теории нечетких множеств). На основе информационной технологии разработана методика оценивания уровня качества образования ВУЗ. Ее сущность заключается в

использовании и согласовании разработанной математической модели и метода оценивания уровня качества образования ВУЗ для формирования управленческих воздействий на УВП с целью обеспечения качества образования ВУЗ на уровне, не ниже заданного. Для реализации вышеуказанной методики разработаны технические решения с использованием языка программирования Java.

**Ключевые слова:** информационно-аналитическая система, информационная технология, нечеткие множества, математическая модель оценивания качества образования, теория автоматического управления, метод наименьших квадратов, гарантированная оценка матриц по наблюдениям, метод экспертного оценивания, метод максимальной вероятности, метод минимизации усредненной среднеквадратической погрешности.

### ANNOTATION

**Savkova V. P. System analysis of Information technology of education quality level in Higher Educational Institutional evaluation. – Manuscript.**

Dissertation for Doctor of Philosophy scientific degree in technical sciences by speciality 01.05.04 – system analysis and optimal decision theory. – Taras Shevchenko National University of Kyiv MES of Ukraine, Kyiv, 2016.

The dissertation is devoted to resolve an actual nowadays problematic scientific task – to increase a level of education quality in Higher Educational Institutional (HEI), using the intellectualization of control actions forming processes for HEI Educational Process (EP) adjustment with support of Information-Analytical System, which plays a decision making role in reaching an education quality in HEI not lower than the given. Dissertation is solving a task of searching and explanation of criteria, which influence on organization of EP in HEI.. Also it was reported a conceptual design of a Quality Management Model for HEI Students' Performance. This model has been theoretically founded from the standard ISO 9001 IWA 2:2007 guidelines recommendations. The additional aim of dissertation was to elaborate a group-based decision making support system for helping HEI managers to support and lead towards adequate quality management decisions with the ultimate goal of achieving satisfactory students' performances. For the first time a mathematical model of EP in HEI organization and conducting evaluating is developed. Its content is in representation of EP in HEI in a form of united system blocks using dynamic links with corresponding transfer functions and parameters. It is differs from others, because a mentioned mathematical model represented using state-space method. On the base on information technology the methodic of HEI education level evaluation is also developed. For it realization a technical decisions, which developed using Java programming language are proposed.

**Key words:** information – analytical system, information technology, fuzzy sets, a mathematical model for evaluating quality of education, automatic control theory, the method of least squares, guaranteed evaluation of matrix by observations, maximum probability method, method of minimizing the average mean square error.