

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ПЕДАГОГІЧНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ОБДАРОВАНОЇ ДИТИНИ

О. М. Рева, В. В. Камишин,
С. В. Радецька, А. В. Малиношевська,
Є. А. Бурдельна, Л. М. Липчанська

МЕТОДИ І МОДЕЛІ
КВАЛІМЕТРІЇ СИНЕРГЕТИЧНОГО ЕФЕКТУ У ДИДАКТИЦІ

Монографія

Київ
2019

УДК 37.091.2:530.192

*Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради Інституту обдарованої дитини НАПН
України
(від 26 червня 2019 р., протокол № 8)*

Рецензенти:

Мадзігон В. М., доктор педагогічних наук, професор, головний науковий співробітник відділу інноваційних технологій в освіті обдарованих Інституту обдарованої дитини НАПН України;

Желанова В. В., доктор педагогічних наук, доцент, професор кафедри теорії та історії педагогіки Педагогічного інституту Київського університету імені Бориса Грінченка

Методи і моделі кваліметрії синергетичного ефекту у дидактиці : монографія / О. М. Рева, В. В. Камишин, С. В. Радецька, А. В. Малиношевська, Є. А. Бурдельна, Л. М. Липчанська; за наук. ред. О. М. Реви, В. В. Камишина. – Київ : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. – (рукопис).

Обґрунтовано діалектично-теоретичні основи кваліметрії синергетичного ефекту в дидактиці. Розроблено методологічні засади архітекtonіки сучасного інформаційного простору знань. Сформульовані умови виникнення синергетичного ефекту, який має супроводжуватися зміною кількісно-якісних показників і характеристик навчального процесу, що ілюструє динаміка основної навчальної домінанти та рівнів домагань тих, хто навчається. Введено та формалізовано поняття та запропоновані критерії виникнення простого і складного адитивного та складного мультиплікативного синергетичного ефекту як для процесу опанування знаннями окремим учнем, так і для показників спільної плідної праці невеликої учнівської групи. Адаптовано для потреб дидактики зміст прапорів катастроф, які визначають біфуркацію у виникненні синергетичного ефекту і є його індикаторами. Здійснено порівняльний аналіз спектру моделей, що прогнозують виникнення стрибків у процесі розвитку академічної обдарованості.

Запропоновано методологію кваліметрії синергетичного ефекту залежно від структурно-функціональної організації діяльності невеликих учнівських груп. Уточнено поняття невеликої учнівської групи. Застосовано інформаційно-кібернетичні ланцюги для моделювання та порівняльного аналізу ефективності спільної навчальної діяльності під час структурної організації діяльності групи за принципом «зірка» і «трикутник». Розроблено модель проблемної ситуації виникнення ризику, конфлікту та невизначеності за умов відмови членів групи від спільної праці. Введено спектр структурно-алгоритмічних показників і критеріїв належної організації спільної навчальної праці учнів у невеликих групах.

Обґрунтовано рекомендації щодо досягнення синергетичного ефекту в процесі управління особистісно-орієнтованим розвитком академічної обдарованості. Майже удвічі розширено кортеж, що моделює й описує проблемні ситуації в навчально-виховному процесі. Розроблено алгоритм управління, що сприяє виникненню синергетичного ефекту за показниками динаміки основної навчальної домінанти та рівнів домагань. Запропоновано більш досконалий метод встановлення основної навчальної домінанти, що враховує всі характерні точки оціночної функції корисності показників і характеристик навчально-виховного процесу.

Монографія адресується фахівцям і науковцям, а також аспірантам і докторантам, які займаються дослідженням проблем сучасних інформаційних педагогічних технологій та кваліметрією навчально-виховного процесу. Видання буде корисним для слухачів курсів підвищення кваліфікації педагогічного персоналу і науково-педагогічних працівників, які проводять ці курси.

- © Рева Олексій Миколайович, 2019;
- © Камишин Володимир Вікторович, 2019;
- © Радецька Світлана Валеріївна, 2019;
- © Малиношевська Альона Василівна, 2019;
- © Бурдельна Євгенія Андріївна, 2019;
- © Липчанська Лілія Митрофанівна, 2019;
- © Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019

ЗМІСТ

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	6
ВСТУП.....	8
Розділ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ КВАЛІМЕТРІЇ СИНЕРГЕТИЧНОГО ЕФЕКТУ.....	10
1.1. Особливості сучасного інформаційного середовища та системна організація його архітекtonіки	10
1.2. Особливості прояву синергетичного ефекту у дидактиці.....	26
1.3. Діалектичні основи виникнення синергетичного ефекту в процесі розвитку академічної обдарованості.....	38
1.4. Прапори катастроф як індикатори виникнення синергетичного ефекту.....	43
1.5. Прогнозні моделі стрибків-переходів на новий рівень академічної обдарованості	53
<i>1.5.1. Динаміка досліджень в сфері моделювання та прогнозування дидактичних процесів</i>	<i>53</i>
<i>1.5.2. Особливості макро- і мікропідходу до прогнозування результатів навчання</i>	<i>61</i>
<i>1.5.3. Застосування методології прогнозування кількісних показників випадкових процесів</i>	<i>68</i>
<i>1.5.4. Застосування сплайн-функцій для прогнозування рівнів академічної обдарованості</i>	<i>76</i>
1.6. Евристичні методи встановлення тезаурусу навчальної дисципліни	79
1.7. Кваліметрична модель прийняття рішення щодо припинення навчання.....	85
Розділ 2. МЕТОДОЛОГІЯ КВАЛІМЕТРІЇ СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ.....	91
2.1. Застосування інформаційно-кібернетичних ланцюгів для моделювання спільної навчальної діяльності	91

2.2. Ризик, конфлікт та невизначеність навчальної ситуації при відмові учня від спільної праці	100
2.3. Методологія оцінювання структурної ефективності спільної навчальної праці у невеликій учнівській групі	103
2.3.1. Ознаки і характеристика невеликої учнівської групи.....	103
2.3.2. Структурно-системні особливості невеликих навчальних груп.....	106
2.3.3. Оцінювання структурної ефективності організації навчальної діяльності невеликих учнівських груп.....	110
2.3.4. Оцінювання ефективності комунікацій в організації діяльності невеликих учнівських груп.....	118
Розділ 3 ОБГРУНТУВАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ ШОДО ДОСЯГНЕННЯ СИНЕРГЕТИЧНОГО ЕФЕКТУ В ПРОЦЕСІ УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ АКАДЕМІЧНОЇ ОБДАРОВАНОСТІ	121
3.1. Алгоритмічна модель системно-інформаційної кваліметрії в управлінні розвитком академічної обдарованості	121
3.1.1. <i>Розробка структурної моделі системно-інформаційної кваліметрії в управлінні навчально-виховним процесом</i>	121
3.1.2. <i>Вдосконалення моделі проблемної ситуації</i>	132
3.1.3. <i>Розроблення рекомендацій щодо застосування системно-інформаційної кваліметрії в управлінні навчально-виховним процесом</i>	149
3.2. Вдосконалення методу встановлення основної навчальної домінанти	159
3.2.1. <i>Особливості звичайного методу встановлення основної навчальної домінанти</i>	159
3.2.2. <i>Розроблення нових методів встановлення основної навчальної домінанти</i>	167
3.2.2.1. Метод проєкцій.....	167
3.2.2.2. Інтегральний метод.....	169

3.2.2.3. Ефективність пропонованих методів встановлення основної навчальної домінанти.....	173
3.2.2.4. Визначення міри і тенденцій прояву основної навчальної домінанти на континуумі оціночної шкали.....	175
3.3.Розроблення методології встановлення рівнів адекватності самооцінки учнів.....	177
3.3.1. Аналіз загальних підходів до застосування формули Джеймса для встановлення адекватності самооцінки.....	177
3.3.2. Розроблення методології визначення ступеня адекватної, завищеної / заниженої самооцінки.....	181
3.3.3. Дефазифікація балів якісних шкал для оцінювання адекватності самооцінки.....	186
3.4. Розроблення алгоритму досягнення синергетичного ефекту в процесі особистісно-орієнтованого розвитку академічної обдарованості.....	200
ВИСНОВКИ	209
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	212

СПИСОК УМОВНИХ СКРОЧЕНЬ

- БР – байдужість до ризику
АНС – автоматизована навчаюча система
АС – автоматизована система
АСУ – автоматизована система управління
АО – академічна обдарованість
БКР – бажаний кінцевий результат
ГОФК – групова оціночна функція корисності
ГСП – групова система переваг
ДЕЛ – детермінований еквівалент лотереї
ДО – дидактична одиниця
ЗВО – заклад вищої освіти
ЗНО – зовнішнє незалежнє оцінювання
ЗО – заклад освіти
ЗН – засіб навчання
ЗПР – задача прийняття рішень
ЗСО – заклад середньої освіти
ЗУН – знання, уміння, навички
ЮФК – індивідуальна оціночна функція корисності
Ю – інтелектуальна обдарованість
ІРЛ – інформаційна-рушійна логіка
ІС – інформаційна система
ІТ – інформаційна технологія
ЛЗ – лінгвістична змінна
ЛПР – людина, яка приймає рішення
ЛЧ – людський чинник
МГУА – метод групового урахування аргументів
МПС – модель проблемної ситуації
МРО – методи розпізнавання образів
МСА – метод(-и) системного аналізу
НВП – навчально-виховний процес
НД – навчальна дисципліна
НПП – науково-педагогічний працівник
НР – надбавка за ризик
НСР – несхильність до ризику
НТП – науково-технічний процес
ОНД – основна навчальна домінанта
ОТК – об'єктивний тестовий контроль
ОФК – оціночна функція корисності
ПЕОМ – персональна електронно-обчислювальна машина
ПП – професійна підготовка
ППР – підтримка прийняття рішень

ПР – прийняття рішень
ПС – проблемна ситуація
РАО – рівень академічної обдарованості
РАСО – рівень адекватності самооцінки
РД – рівень домагань
РІО – рівень інтелектуальної обдарованості
РМ – робоче місце
РНД – рівень навчальних досягнень
СР – схильність до ризику
СІК – системно-інформаційна кваліметрія
СКВ – середньоквадратичне відхилення
СО – самооцінка
СОК – самоорганізована критичність
СП – система переваг
СППР – система підтримки прийняття рішень
СПР – система прийняття рішень
ССП – стаціонарний стохастичний процес
ТЗН – технічний засіб навчання
ТІС – транспортно-інформаційна система
ТРО – теорія розпізнавання образів
ТТН – трансформаційна теорія навчання
ХРН – характерна риса недисциплінованості
УНВП – управління навчально-виховним процесом

ВСТУП

На сьогодні, в часи перманентного інформаційного буму, коли відповідно до так званого закону Мура обсяг знань у світі подвоюється кожні два роки, то актуальною постає проблема наукового обґрунтування організації плідного опанування учнями, студентами, слухачами хоча б тезаурусу кожної навчальної дисципліни (НД), з якими вони стикаються в середніх і вищих закладах освіти (ЗО) чи на виробництві.

Природно, що засвоєння величезного обсягу знань, його творча переробка користувачем для подальшого використання в практичній діяльності чи в суспільному житті вимагає або збільшення часу навчання, що недоцільно з огляду на низку очевидних причин, або комплексного впровадження у сферу педагогіки нових прогресивних інноваційних інформаційних технологій (ІТ), які зазвичай мають міждисциплінарний характер.

Серед такого роду технологій особливу роль грає синергетика як новий науковий напрям, що спрямований на дослідження складних, нелінійних, відкритих, динамічних (нестационарних) систем, які прагнуть до самоорганізації, мають складну ієрархію і невід'ємною властивістю яких є також прагнення до деякої рівноваги в умовах динамічного та мінливого оточуючого середовища. Використовуючи перелічені ознаки, нескладно довести, що до таких систем, які є об'єктом застосування синергетичного підходу, варто, безумовно, зарахувати й освітянську систему, а отже і навчально-виховний процес (НВП), що в неї відбувається.

Спираючись на методологію теорії систем і системного аналізу, зауважимо, що освітянська система не лише відповідає розглянутим ознакам, а й є ще гуманістичною (у визначенні одного з фундаторів нечіткої математики Л. Заде), цілеспрямованою, організаційною і активною системою керування. Масове застосування комп'ютерних технологій додає до цього переліку системних характеристик ще й поліергетичність.

Наведене вимагає застосування методології широкого спектру наукових дисциплін для опису, моделювання та вдосконалення освітянської системи, важливішими складниками якої є особистість об'єкта керування – того, хто навчається, і особистість суб'єкта керування – педагога / науково-педагогічного працівника, а також множина мультиплікативних за характером педагогічних взаємодій між ними.

Потрібно зауважити, що синергія природознавчого та гуманітарного знання є концептуальною основою, яка разом із використанням сучасних ІТ має бути домінантою комплексу педагогічних умов, що будуть сприяти успішному розв'язанню як міждисциплінарних, так і окремих дисциплінарних проблем.

Синергетичний підхід до вивчення освіти і самоосвіти, розвитку і саморозвитку особистості в системі освіти стає важливим методологічним інструментом, що спроможний суттєво покращити ефективність НВП,

наслідком чого має стати формування всебічно розвиненої особистості.

Погоджуючись з думками провідних учених-синергетиків, у контексті наших досліджень у термін «синергетика» вкладатимемо прийняте ними таке значення. Синергетика – це «наука, що досліджує процеси переходу складних систем з неупорядкованого стану в упорядкований і розкриває такі зв'язки між елементами цієї системи, коли їх сумарна дія перевищує за своїм ефектом просте складання ефектів дій кожного з елементів окремо». Таким чином, синергетика тісно пов'язана з іншим напрямом сучасної педагогіки, званим емерджентна педагогіка.

У поточному 2019 р. поняття синергетики та синергетичного ефекту святкує своє 50-річчя. Вивченням відповідних проблем займається плеяда вчених СНД, зокрема В. Андрущенко, М. Богуславський, О. Бочкарьов, В. Віненко, О. Вознюк, А. Ворожбитова, С. Гончаренко, А. Євдотюк, В. Жилін, Е. Зеєр, Л. Зоріна, І. Зязюн, В. Ігнатова, В. Ільїн, О. Іонова, О. Князева, В. Кремень, С. Кульневич, С. Курдюмов, М. Левківський, В. Маткин, Т. С. Назарова, О. Нестеренко, Л. Новікова, О. Пономарьов, М. Соколовський, Л. Сурчанов, Ю. Талагаєв, Н. Таланчук, А. Тесленко, О. Тесленков, М. Федорова, Т. Чєлнокова, В. Шаповаленко, Г. Шатковська та ін.

Однак у працях згаданих науковців недостатньо уваги приділено проблемам моделюванню та кваліметрії умов виникнення, а також самих показників-індикаторів синергетичного ефекту, що створює певні «хибні ланки» у безперервному ланцюгу послідовного розвитку педагогічної науки. З огляду на те, що ефективне управління НВП має відбуватися за чітко обґрунтованими кваліметричними показниками, розв'язанню проблем моделювання і кваліметрії синергетичного ефекту й присвячена ця монографія.

Розділ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ КВАДІМЕТРІЇ СИНЕРГЕТИЧНОГО ЕФЕКТУ

1.1. Особливості сучасного інформаційного середовища та системна організація його архітектоніки

Розвиток академічної обдарованості (АО) та інтелектуальної обдарованості (ІО) неможливий без набуття в просторі та часі тими, хто навчається, певного потенціалу знань, умінь навичок (ЗУН), що органічно пов'язані з обсягом різноманітної інформації, накопиченої людством у процесі розвитку цивілізації.

Дійсно, успішний розвиток цивілізації зумовив геніальний винахід людства – виникнення письменності, що дало змогу в масовому порядку накопичувати, поширювати та передавати знання від одних членів суспільства до інших. Причому подання знань у вигляді певної знакової системи, що могла бути прочитана та засвоєна іншими людьми без фізичної присутності самого носія знань, дозволило зробити величезний крок у системі навчання, зокрема забезпечити зберігання знань упродовж досить довгого терміну, незрівняного більшого за тривалість життя окремої людини.

Згадуючи історію розвитку науки, варто констатувати, що тривалий час знання мали вузькоспеціальний, а не міждисциплінарний характер. Вони накопичувалися у вузьких колах їх зберігачів (наприклад, у жерців чи в закритих цехах майстрів). Причому подання знань, їх засвоєння та накопичення певний час відбувалося, зазвичай, послідовно та повільно: умовно кажучи, літера за літерою, сторінка за сторінкою, книжка за книжкою, що можна уявити у вигляді одномірного простору з однією координатою – x , яка визначає вузькопрофільне знання (рис. 1.1, а).

Для випадку ілюстрованого в рис. 1.1, а), знання механістично підсумовувалися (накопичувалися), як правило, без урахування їх взаємного впливу, що можна формально подати так:

$$X_G = X_1 + X_2 + \dots + X_i + \dots + X_n = \sum_{i=1}^n X_i, \quad (1.1)$$

де x_i – знання з i -го джерела інформації, $i = \overline{1, n}$;

« + » – позначка логічного об'єднання (підсумовування) знань.

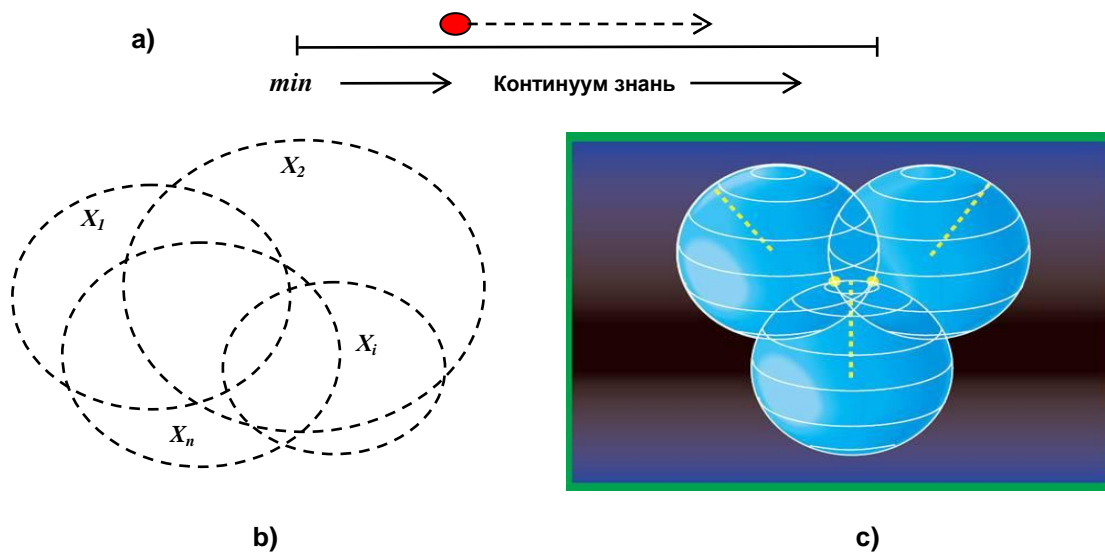


Рис. 1.1. Ілюстрація процесу накопичування та формування знань:
 а) одновимірний лінійно-адитивний процес накопичування знань і розвитку академічної обдарованості;
 б) просторово-адитивний процес; с) просторово-мультиплікативний процес

Промислова революція, яка механізувала копіювання книг завдяки винайденню друкарського верстата, сприяла суттєвому поштовху в розповсюдженні та зберіганні знань, зробивши їх дійсно масовими і такими, що впливають на свідомість людини. І зовсім не випадково протестантська «єресь» Мартіна Лютера була поширена у середньовічній Європі саме внаслідок розвитку друкарства.

Завдяки цьому освіта перестала бути прерогативою вузького кола обраних осіб, зокрема жерців, чи розвиватися у монастирських школах. Знання людства почали дедалі більше концентруватися на папері, створювалася система їх зберігання та розповсюдження. Книги, газети, журнали, підручники, художня література концентрувалися в бібліотеках, університетах, школах тощо.

У другій половині ХХ ст., на нашу думку, сталася не менш значуща ніж промислова революція – революція комп’ютерна. І якщо перша змогла перекласти на плечі машин важку фізичну працю, то друга – вже інтелектуальну. Завдяки промисловій революції людство опанувало всі стихії природи, винайшло автомобілі, залізницю, літаки, верстати, зробило атомну бомбу та полетіло на Місяць. Якщо пов’язати в часі точку відліку промислової революції зі створенням першої парової машини Уатта (1781 р.), а початок комп’ютерної революції – зі створенням першого комп’ютера, який обчислював балістичні траєкторії ракет (1946 р.), то за умов проведення «простої» екстраполяції розвитку досягнень промислової революції нині людство мало б тільки-тільки почати викачувати воду з шахт, закручувати ткацькі верстати та прокладати першу залізницю. Ми б ще не винайшли

автомобілі, літаки, танки, ефективні ліки та багато чого іншого.

І навіть на цьому рівні розвитку суспільства наслідки впровадження в життя комп'ютерних технологій вражають. Це стосується всіх сфер людського життя, серед яких варто ще раз спеціально вказати на таку докорінну зміну, як зберігання, створення нових знань та їх широке розповсюдження. Наведене призвело до того, що простір знань стали уявляти вже в більш складній двомірній системі координат (рис. 1.1, b), де їх обсяг визначається узагальненням інформації з урахуванням її взаємного міждисциплінарного впливу [121]:

$$X_G = X_1 \cup X_2 \cup \dots \cup X_i \cup \dots \cup X_n = \bigcup_{i=1}^n X_i, \quad (1.2)$$

де \cup – позначка об'єднання знань.

Однак, вважаємо, що знання, як відображення реалій оточуючого світу, скоріше варто уявляти у вигляді багатовимірного простору, де різні аспекти знань багаторазово перетинаються один з одним, залежать і взаємодіють між собою, що наочно ілюструє рис. 1.1, c). Навіть Сократ уявляв знання у вигляді сфери. Пояснюючи своїм учням відомішу тезу: «Я знаю, що нічого не знаю» [210], – наводив такий приклад. Уявімо, що все наше знання – це внутрішність сфери, а незнання, – зовнішність сфери. Чим більше стає наше знання, тим більше стає площа поверхні сфери, а отже наше «зіткнення» з незнанням.

Напевно, спираючись саме на цитовану тезу Сократа, Емануель Науман колись навів, жартуючи, таку «залізобетонну» аргументацію ледацюг, не бажаючих вчитися: «Чим більше вчишся, тим більше знаєш. Чим більше знаєш, тим більше забиваєш. Чим більше забиваєш, тим менше знаєш. Чим менше забиваєш, тим більше знаєш. Так навіщо вчитись?» [180].

У сучасному інформаційному просторі подання будь-яких знань спирається на проблему їх незвичайно великого обсягу. Цей обсяг, якщо узяти за основу та перефразувати відповідно до цілей цієї праці відомий «закон Мура (Gordon Moore)», який, до речі, відсвяткував у 2015 р. 50 (!) років, має подвоюватися кожні два роки. Ось чому встановлено, що обсяги накопиченої людством інформації вимірюються вже зета-байтами¹ (трильйони гігабайт). Ця інформація перманентно обробляється, постійно виникає нове знання, мільярди комп'ютерів їх сортують і структурують, перетворюють знання для застосування в різних пошукових системах тощо.

Однак, дедалі більш нагальними стають проблеми вирішення так званих трансобчислювальних задач, які за обсягом значно перевищують «межу Бренерманна» [136].

¹ [англ. *Zettabyte*] – кратна одиниця вимірювання кількості інформації, що дорівнює 2^{70} стандартним (8-бітним) байтам або 1024 гексабайтам. Назва «зета байт» використовується для вказування обсягу пам'яті в різних електронних пристроях.

Йдеться про те, що згідно з визначенням Х. Бренерманна (H. J. Bremermann), «не існує системи обробки даних, штучної чи природної, яка могла б обробляти більше, ніж $2 \cdot 10^{47}$ біт на 1 грам своєї маси». Під «обробкою N біт» розумітимемо пересилку N біт інформації за одним або декількома каналами обчислювальної системи (мережі). Причому зрозуміло, що для відповідних перетворень і ефективного застосування інформація має бути належним чином фізично закодована.

Припустимо, що це дійсно відбулося і інформацію закодовано у вигляді енергетичних рівнів певного типу з інтервалу $0, E$, де E – кількість енергії, яка наявна в розпорядженні користувача і є потрібною для досягнення цієї мети. Припустимо, що енергетичні рівні змінюються з точністю до ΔE .

Весь інтервал $0, E$, в якому вимірюються відповідні енергетичні рівні можна розділити на $N = \frac{E}{\Delta E}$ рівних інтервалів. Причому кожному з них буде відповідати енергія, що дорівнює ΔE .

Якщо завжди буде зайнято не більше одного рівня, що задається відповідним маркером певного підінтервалу, то максимальна кількість бітів, яка представляється за допомогою енергії E , буде такою:

$$\log_2 N+1 . \quad (1.3)$$

Зауважимо, що у виразі (1.3) застосовано показник саме $N+1$, оскільки потрібно враховувати теоретично можливий випадок, коли не зайнятий жодний енергетичний рівень.

Якщо замість одного маркера з певними енергетичними рівнями з інтервалу $0, E$ застосувати одночасно K маркерів, причому буде виконуватися умова: $2 \leq K \leq N$, то вираз (1.3) можна перетворити на такий:

$$K \cdot \log_2 \left(1 + \frac{N}{K} \right) \text{біт} . \quad (1.4)$$

Оптимізація процесів застосування енергії E , що наявна в розпорядженні споживачів, відбувається за умов наявності N маркерів. У цьому оптимальному випадку можна передавати N біт інформації.

Для того, щоб представити більший обсяг інформації, необхідно суттєво зменшити точність ΔE виміру енергетичних рівнів. Це можна зробити лише до певної межі, оскільки варто розрізняти отримувані рівні за допомогою якоїсь спеціальної кваліметричної технології, яка (незалежно від її суті) завжди має обмежену точність. Причому максимальна точність визначається принципом невизначеності Гейзенберга (нім. Werner Karl Heisenberg): енергія може бути виміряна з точністю ΔE за умов, що виконується наступна умова:

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq h, \quad (1.5)$$

де Δt – тривалість часу виміру;

$h = 6,625 \cdot 10^{-27}$ ерг / сек – відома фізична константа Планка;

ΔE – визначається як середнє відхилення від очікуваного значення енергії.

Таким чином, матимемо:

$$N \leq E \frac{\Delta t}{h}. \quad (1.6)$$

Спираючись на формулу Ейнштейна, подамо зараз енергію E , що наявна в розпорядженні користувача й оброблювача, через відповідну (адекватну) їй кількість маси:

$$E = m \cdot c^2,$$

де $c = 3 \cdot 10^{10} \frac{\text{см}}{\text{сек}}$ – швидкість світу у вакуумі.

Таким чином, верхня (більш оптимістична) межа для N рівних інтервалів відповідно до виразу 1.6 буде мати таке значення:

$$N = m \cdot c^2 \frac{\Delta t}{h}. \quad (1.7)$$

Підставивши далі значення для c і h у формулу 1.7, матимемо:

$$N = 1,36 \cdot m \cdot \Delta t \cdot 10^{47}. \quad (1.8)$$

Для маси $m = 1$ грам ($m = 1$) і проміжку часу 1 сек. ($\Delta t = 1$), отримуємо остаточно:

$$N = 1,36 \cdot 10^{47}. \quad (1.9)$$

Застосовуючи отримане обмеження для переробки інформації одним грамом маси за одну секунду процесорного часу, Бранерманн обрахував кількість біт, які могла б обробити гіпотетична комп'ютерна система з масою, що дорівнює масі Землі за час, що дорівнює приблизному віку Землі. Вкажемо, що маса Землі оцінюється приблизно в $6 \cdot 10^{27}$ грам, а її вік становить приблизно 10^{10} років. Причому вважатимемо, що цей рік утворюється приблизно $3,14 \cdot 10^7$ сек. Таким чином, цей уявлений комп'ютер зміг би обробити біля $2,56 \cdot 10^{97}$ біт інформації або, округляючи до ступеня 10, біля 10^{93} біт. І саме останнє число (10^{93} біт) зазвичай називають «межею Бренерманна», а

відповідні задачі обробки інформації, що мають справу з її обсягом більшим, ніж 10^{93} біт інформації, називаються трансобчислювальними задачами.

Зауважимо, що типовою є ситуація, коли рішення багатьох системних задач, навіть якщо вони спочатку мають невеликий обсяг, потребує переробки більшого за указану межу обсягу оброблюваної інформації. Причому проблема рішення трансобчислювальних задач виникає в різних контекстах, зокрема під час розпізнавання образів, які зазвичай розглядаються в технічній сфері [136] і майже не застосовуються в дидактиці [121; 243]. Це є актуальним, наприклад, для потреб вирішення задач розпізнавання рівнів АО (РАО) і рівнів ІО (РІО). Що має сприяти суттєвому розширенню наявного спектру моделей оцінювання знань і його подальшої оптимізації (рис. 1.2) [127].

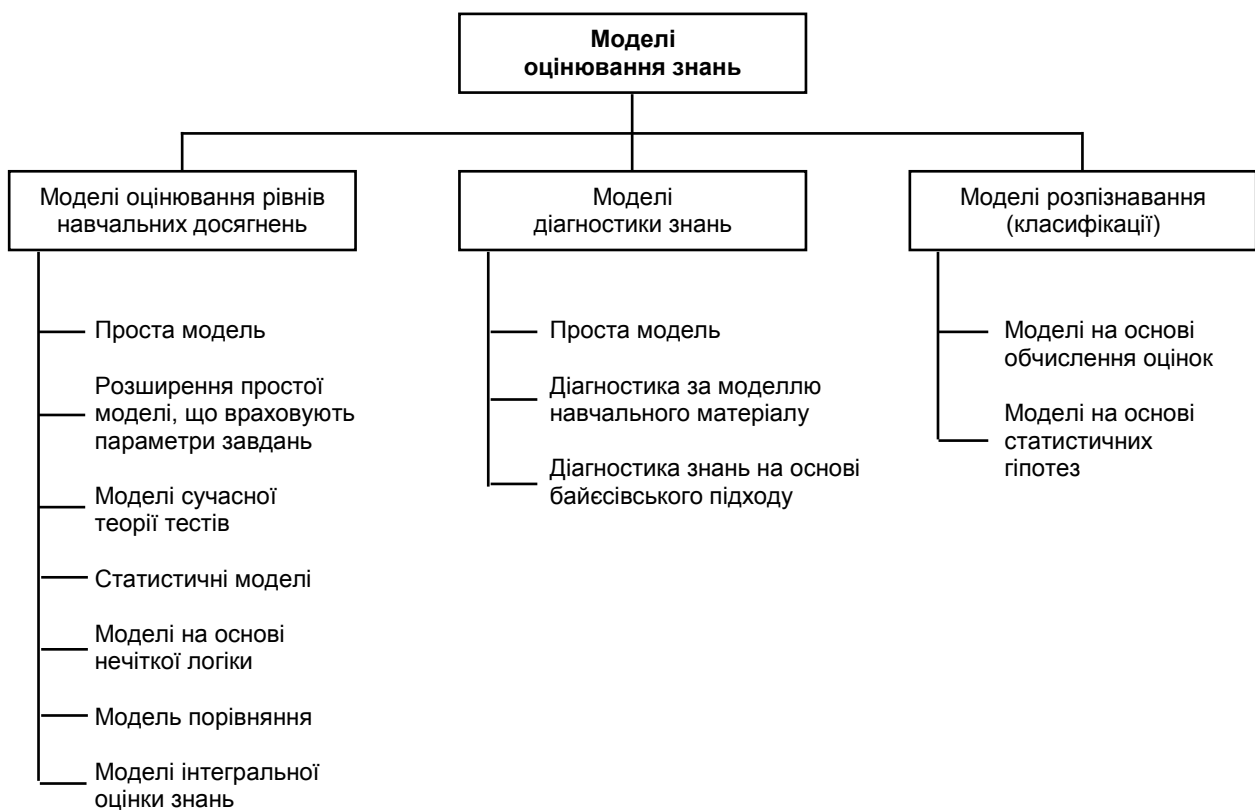


Рис. 1.2. Класифікація моделей оцінювання знань

Продовжуючи тематику аналізу сучасних інформаційних просторів, потрібно констатувати, що на сучасному етапі вітчизняна система освіти, зокрема дидактика, продовжує оперувати знаннями в одно-, максимум, – у двовимірному інформаційному міждисциплінарному просторі, що не відповідає чинним реаліям. Це потребує докорінного перегляду організації подання знань в освіті, починаючи з дидактики, усвідомлюючи ту шалену інформаційну швидкість, з якою змінюється світ.

Проводячи відповідні дослідження, насамперед, варто відповісти на запитання: «Хто ж насправді є справжнім споживачем дидактики?»

Зрозуміло, що [311],

1) йдеться про безпосередніх учасників НВП, а саме об'єктів освіти, – тих, хто навчається (учні, студенти, слухачі тощо), і суб'єктів освіти – тих, хто навчає (учителі, науково-педагогічні працівники, органи управління освітою тощо);

2) такими споживачами є суспільство, держава, бізнес, виробництво тощо;

3) наступними споживачами є «виробники» самої дидактики – фахівці та вчені відповідного профілю, фахівці комп'ютерної та інформаційної сфери, які працюють в освіті;

4) нарешті, вважаємо, що до споживачів доцільно зарахувати також фахівців суміжних галузей знань: соціологів, психологів, політиків, філософів тощо.

Якщо йдеться про побудову сучасної дидактики, то необхідно врахувати вимоги та побажання та цілі всіх її споживачів, які перелічені вище. Необхідно також враховувати досягнення сучасної науки та принципи, на яких базується дидактика.

Отже, до класичних принципів у дидактиці зараховують принципи:

- профільної спрямованості;
- доступності;
- науковості;
- інтегративності;
- систематичності і послідовності;
- наочності;
- свідомості й активності;
- комплексного підходу;
- безперервності і наступності;
- зв'язку з життям і практикою тощо.

У сучасній дидактиці відома безліч теорій, концепцій, моделей і відповідних їм практик організації та проведення НВП. Серед них доцільно вказати на такі:

- декларативне («традиційне») навчання на основі «готових» знань;
- проблемне навчання (діалогове, ситуаційне тощо);
- програмоване навчання, зокрема з використанням комп'ютера (ПЕОМ), Інтернету, кейсової технології² тощо;
- ігрові методики;
- розвивальне навчання;
- креативну дидактику;

2 [від англ. «case» – випадок] – інтерактивна технологія навчання, спрямована на розвиток в тих, хто навчається, знань, умінь, особистісних якостей на основі аналізу і рішення реальної або змодельованої професійної проблемної ситуації, поданої у виді кейса.

- імітаційне, контекстне навчання;
- навчання в динамічних парах (В. Дьяченко);
- концентроване навчання (В. Шаталов);
- імовірнісне навчання (А. Лобок);
- педагогіку співробітництва (школа життя Ш. Амонашвілі);
- ноосферну педагогіку (А. Субетто);
- культурно-історичну педагогіку (Е. Ямбург) тощо.

Також необхідно враховувати реалізацію компетентісного підходу, чому присвячено дуже багато робіт вітчизняних і зарубіжних вчених. У контексті наших досліджень будемо орієнтуватися на те, що компетентність – це набута в процесі навчання інтегрована здатність учня, що складається з ЗУН, досвіду, цінностей і ставлення, що можуть цілісно реалізовуватися на практиці [197]. Водночас компетенцією (професійною) вважатимемо здатність людини успішно діяти на основі практичного досвіду, умінь та знань під час вирішення поставлених професійних завдань [28; 71; 80; 343].

Компетентнісний підхід означає спрямованість НВП на формування та розвиток предметних і ключових компетентностей, що розглянуті в джерелах (рис. 1.3) [127; 142; 310].

Будову нового підходу до подання знань у дидактиці здійснимо, спираючись на дидактичні одиниці (ДО). Це поняття на сьогодні не має точної та загально визнаної дефініції. Тому, враховуючи загальну практику, вважатимемо, що ДО – це елемент змісту навчального матеріалу, викладеного у вигляді затвердженої у встановленому порядку програмі навчання в рамках певної професійної дисципліни або загальноосвітнього предмета.

Дидактичною одиницею може бути також одна з предметних тем, що підлягають висвітленню в процесі підготовки фахівців, що навчаються з конкретної НД. Її зміст можна розширити (скажімо, до загальної теми), деталізувати (до окремого уроку або завдання), згортати, розгортати тощо. Особливості згортання, розширення, деталізації, розгортання ДО розглянемо в подальших дослідженнях.

Таким чином, знання або сукупність знань навчального процесу ми можемо подати у вигляді множини ДО, що характеризуються певними параметрами [126; 134]:

$$\begin{cases} \theta = \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_i, \dots, \theta_N \\ i = \overline{1, N} \end{cases}, \quad (1.10)$$

де θ_i – окрема i -та ДО;

N – кількість ДО.

Сама ДО може бути подана у вигляді вектора-кортежу, що утворюється параметрами, які оцінюють її властивості:

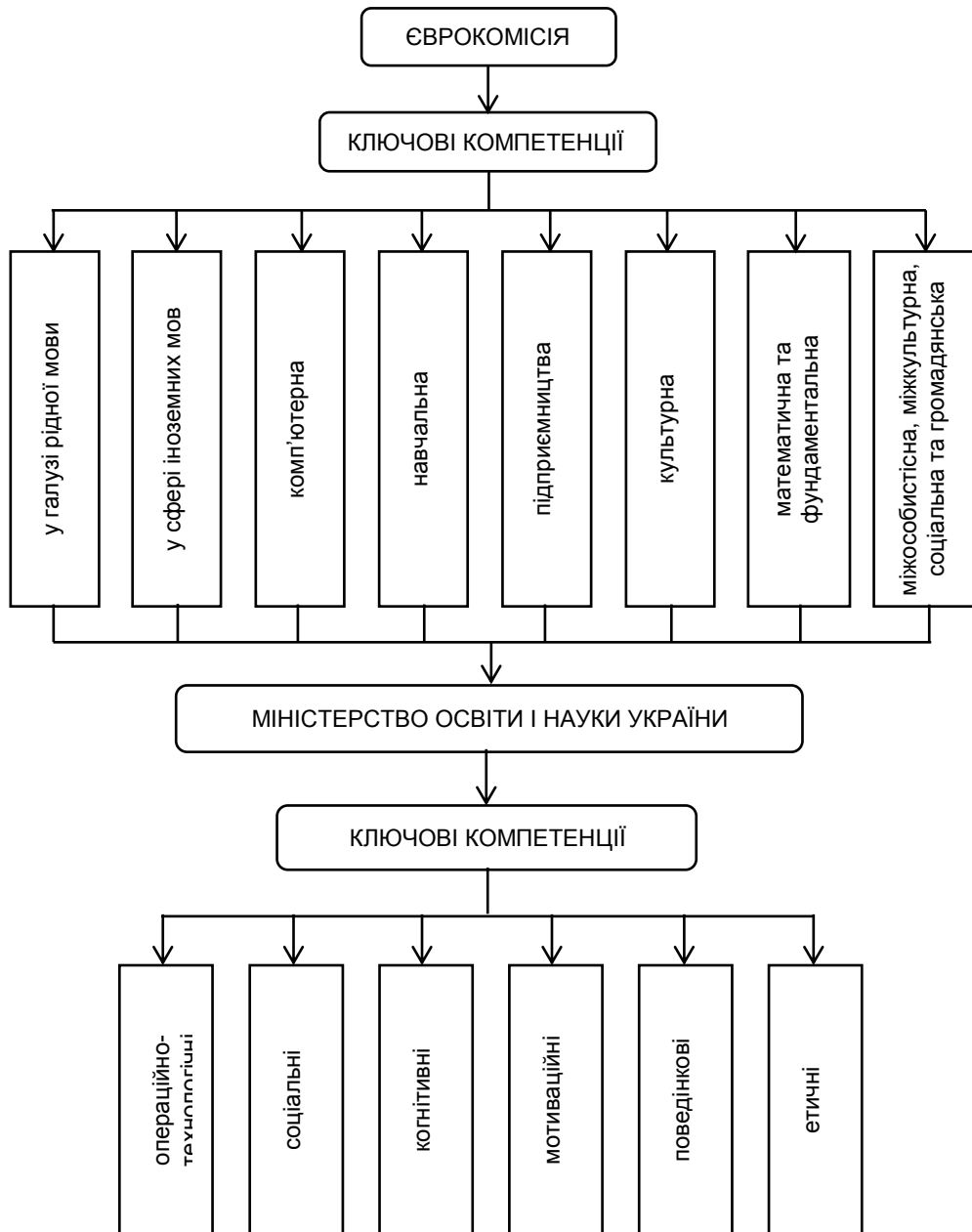


Рис. 1.3. Механізм структуроутворення ключових компетенцій у вітчизняній освітянській системі

$$\begin{cases} \theta_i = D_{t_i}, D_{s_i}, D_{n_i}, \dots, D_{p_{ji}}, \dots, D_{p_{M_i}} \\ \forall j = \overline{1, M} \end{cases}, \quad (1.11)$$

де M – множина параметрів, що характеризують ДО;

$D_{p_{ji}}$ – значення j -го параметра i -ї ДО, зокрема:

D_{t_i} – час, необхідний для засвоєння i -ї ДО;

D_{s_i} – складність навчального завдання;

D_{n_i} – трудність виконання завдання.

Потрібно підкреслити, що останні дві позиції, що стосуються складності та трудності навчальних завдань, мають бути об'єктом спеціальних досліджень [127].

До розглянутих параметрів, що характеризують (розкривають зміст) ДО, можуть бути також додатково зараховані:

- ступінь відповідності визначеному класичному принципу дидактики;
- ступінь засвоєння визначеної компетентності;
- імовірність (шанси) незасвоєння матеріалу, що може бути встановленою за допомогою так званого трикутника ризиків, уперше адаптованого для потреб дидактики в праці [129] тощо.

Додатковими параметрами, що мають бути враховані при формуванні ДО, слід також вказати на: відповідність вимогам розвитку загальнолюдської культури, виховання патріотизму, формування цілісної картини світу тощо.

Множина сукупності знань навчального процесу (вираз 1.10) характеризується певними зв'язками між ДО, що характеризують їх співвідношення між собою:

$$\begin{cases} V_{ij} = v_{зв.}, v_{посл.} \\ \forall i = \overline{1; N}, \forall j = \overline{1; N} \end{cases}, \quad (1.12)$$

де V_{ij} – множина зв'язків i -ї ДО з j -ю;

$v_{зв.}$ – ступінь зв'язності ДО в знанневому вимірі, тобто наскільки ці знання пов'язані між собою, що характеризує певну відстань між ДО у багатовимірному просторі знань;

$v_{посл.}$ – показник послідовності опанування ДО (архітектоніки їх розташування в багатовимірному знанневому просторі), який приймає значення $-1, 0, +1$, що означає:

$v_{посл.} = -1$ – відповідає ситуації, коли ДО θ_i не може бути засвоєною без попереднього опанування ДО θ_j ;

$v_{посл.} = +1$ – характеризує випадок, коли ДО θ_j не може бути засвоєна без попереднього опанування ДО θ_i ;

$v_{посл.} = 0$ вказує на те, що послідовність засвоєння ДО θ_i, θ_j не має значення, тобто не впливає на ефективність їх засвоєння.

Унаслідок наведеного множини знань в дидактиці уявляється можливим подати у вигляді деякого орієнтованого графу, вершинами якого виступають ДО, що характеризуються вектором параметрів, а ребра графу подані у вигляді направлених дуг, що характеризують ступінь зв'язності вершин графу та напрям (послідовність) оволодіння знаннями (рис. 1.4).

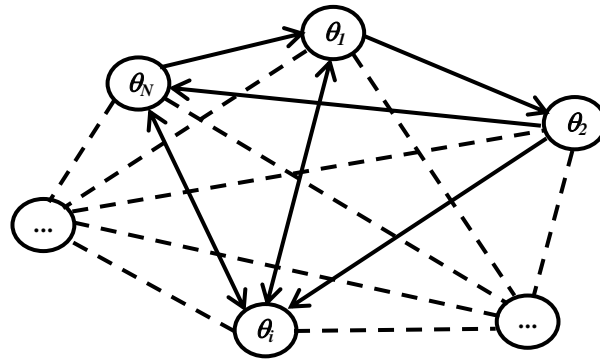


Рис. 1.4. Уявлення множини знань у вигляді орієнтованого графу на площині

Рисунок 1.4 ілюструє, що якщо ДО θ_i забезпечує опанування тими, хто навчається ДО θ_j , то на графі існує дуга $i \rightarrow j$. Наприклад, йдеться про дуги $\theta_1 \rightarrow \theta_2$, $\theta_2 \rightarrow \theta_i$, $\theta_N \rightarrow \theta_1$ тощо. Якщо ж ДО θ_i і ДО θ_j взаємно забезпечують одна одну в навчальному процесі, то вони мають викладатися паралельно, а на графі має існувати дуга $i \leftrightarrow j$. Наприклад, стосовно рис. 1.4 ідеться про дуги $\theta_i \rightarrow \theta_1$, $\theta_i \rightarrow \theta_N$ та ін.

Граф також може бути заданий у вигляді відповідної матриці суміжності:

$$V = \begin{pmatrix} 0 & v_{12} & \dots & v_{1j} & \dots & v_{1N} \\ v_{21} & 0 & \dots & v_{2j} & \dots & v_{2N} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ v_{i1} & v_{i2} & \dots & v_{ij} & \dots & v_{iN} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ v_{N1} & v_{N2} & \dots & v_{Nj} & \dots & 0 \end{pmatrix}. \quad (1.13)$$

Зрозуміло, що $v_{ij} = v_{ji}$, тобто матриця v є симетричною.

За наведених умов навчальний процес як багатокрокова технологія оволодіння ДО буде виглядати як шлях множиною знань, тобто пересування від вершини до вершини. Тоді дидактичний процес буде виглядати як оптимізаційна задача пошуку шляху в множині вершин за виконанням певних (граничних умов), що відповідає, зокрема вирішенню відомої задачі комівояжера [6; 145; 176].

Таким чином, задача оптимізації навчального процесу полягає в знаходженні оптимальних шляхів на множині вершин графу $T^0 = \langle x_1^0, x_2^0, \dots, x_i^0, \dots, x_N^0 \rangle$ за умови мінімізації часу навчання/максимізації обсягу знань і при виконанні граничних умов, що характеризують дидактичний процес.

Зазначеними умовами, як вказувалось вище може бути:

– успішне опанування певними компетентностями:

$$D_{k_p} = \sum_{i=1}^n D_{k_i} \geq D_{k_{min}} \text{ тощо.} \quad (1.14)$$

– успішне засвоєння програми навчання:

$$D_{p_p} = \sum_{i=1}^n D_{p_i} \geq D_{p_{dop}} ; \quad (1.15)$$

Математично постановку задачі оптимізації можна записати так:

$$\left. \begin{array}{l} T^0 = \arg \min t \ T \\ D_{p_j} \ T \geq D_{p_j \text{дон.}} \\ \forall j = \overline{1, M}, \ T \in T^+ \end{array} \right\}, \quad (1.16)$$

де $T^+ = \langle X_S^+, X_R^+, X_E^+, \dots, X_T^+ \rangle$ – множина допустимих шляхів у заданому графі, що визначається висунутими вимогами й обмеженнями.

Можливо також зробити іншу постановку задачі, а саме – оволодіння максимальної кількістю знань за заданого часу навчання. Також можливі інші постановки задачі залежно від цілей і завдань навчання.

Покажемо тепер, яким чином можна обчислювати параметри графу шляхом згортки вершин графу під час моделювання дидактичного процесу. Основні співвідношення, що дають робити перетворення граф-схеми, можна отримати наступним чином.

1. *Об'єднання шляхів без розгалуження.* Шлях m_1, \dots, m назвемо шляхом без розгалужень, якщо у вершинах m_1, \dots, m_{q-1} , починається і закінчується в точності по одній гілці. Граф шляху без розгалужень ілюструє рис. 1.5 (а).

Зручно замінити шлях без розгалужень одною гілкою m_1, m_{q-1} . Причому відбувається істотне скорочення розмірів мережі.

Операція послідовного приведення перетворить шлях без розгалужень в еквівалентний простір усього з одною вершиною.

Визначимо складові ваги такої вершини $\omega_e = m_e, D_e, p_e$.

Очевидно, що за умов припущення щодо незалежності виконання окремих операцій мають бути справедливі такі співвідношення:

$$m_e = \sum_{i=1}^q m_i ; \quad (1.17)$$

$$D_e = \sum_{i=1}^q D_i ; \quad (1.18)$$

$$p_e = \sum_{i=1}^q p_i / \quad (1.19)$$

Якщо позначити через $g_i(t)$ щільність розподілу часу засвоєння i -ї ДО, то шляхом багаторазового застосування оператора згортки одержимо еквівалентну щільність розподілу, тобто буде справедливим співвідношення

$$g_e(t) = \int_{-\infty}^{\infty} g_i(t) g_{i-1}(t-\tau) dt. \quad (1.20)$$

За досить великого q ($q > 5$) і приблизно однакового порядку величин m , відповідно до центральної граничної теореми теорії ймовірностей, еквівалентний закон розподілу можна вважати нормальним. Числові характеристики закону визначаються відповідно до формул 1.17–1.19.

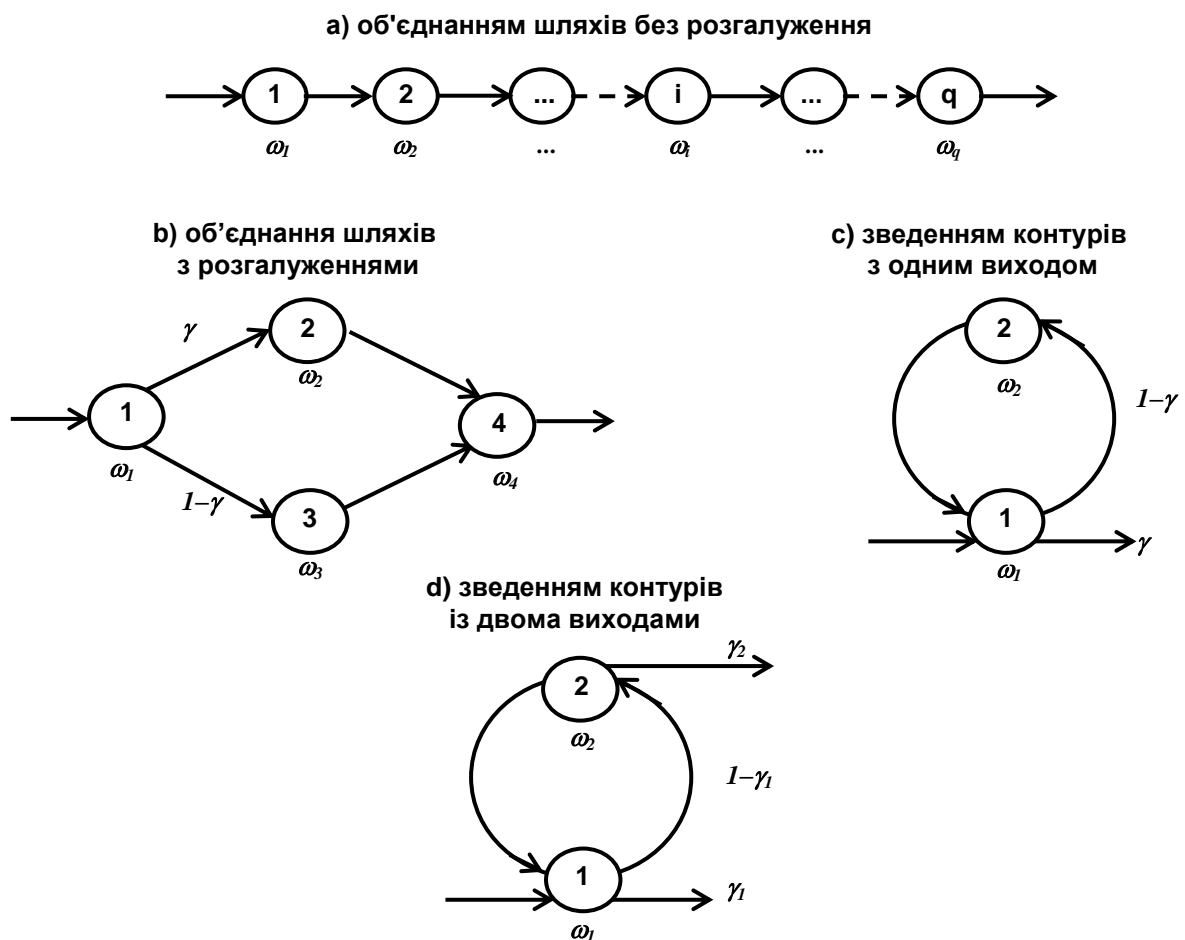


Рис. 1.5. Приклади типових співвідношень, що дають змогу здійснювати перетворення будь-якої граф-схеми навчального процесу

2. *Об'єднання шляхів із розгалуженнями.* (рис. 1.5 б). Операція паралельного приведення перетворить шлях із розгалуженнями в еквівалентну гілку з однією вершиною. Складові ваги такої агрегованої вершини знаходять за допомогою таких формул:

$$\left. \begin{aligned} m_e &= m_1 + \gamma m_2 + 1 - \gamma m_3 + m_4 \\ D_e &= D_1 + \gamma D_2 + 1 - \gamma D_3 + D_4 \\ p_e &= p_1 p_4 [\gamma p_2 + 1 - \gamma p_3] \end{aligned} \right\} \quad (1.21)$$

Знайдемо формулу для еквівалентної функції розподілу часу $F_e t$:

$$\begin{aligned} F_e t &= P T \leq t = \\ &= \gamma p T \leq t_1 + t_2 + t_4 + 1 - \gamma p T \leq t_1 + t_3 + t_4 \end{aligned} \quad (1.22)$$

Очевидно:

$$\left. \begin{aligned} p T \leq t_1 + t_2 + t_4 &= F_{1,2,4} t \\ p T \leq t_1 + t_3 + t_4 &= F_{1,3,4} t \end{aligned} \right\} \quad (1.23)$$

де $F_{1,2,4} t$, $F_{1,3,4} t$ – функції розподілу часу засвоєння 1, 2, 4-ї або 1, 3, 4-ї ДО відповідно.

Функції $F_{1,2,4} t$, $F_{1,3,4} t$ нескладно знайти за допомогою формули 1.20:

$$\left. \begin{aligned} F_e t &= \gamma F_{1,2,4} t + 1 - \gamma F_{1,3,4} t \\ g_e t &= \frac{dF_e}{dt} \end{aligned} \right\} \quad (1.24)$$

3. *Зведення контурів з одним виходом.* Гілка, що зв'язує вершину (ДО) саму з собою, у теорії графів називається петлею. Коли в петлю включається більш ніж одна гілка, її називають контуром рисунку 1.5 (с).

Для визначення еквівалентних характеристик контуру з одним виходом складемо допоміжну таблицю 1.1.

Очевидно, можна записати:

$$m_e = \sum_{j=0}^{\infty} \gamma (1-\gamma)^j [m_1 + j m_1 + m_2]; \quad (1.25)$$

$$D_e = \sum_{j=0}^{\infty} \gamma (1-\gamma)^j [D_1 + j D_1 + D_2]; \quad (1.26)$$

$$P_e = \sum_{j=0}^{\infty} (1-\gamma)^j p_1^{j+1} p_2^j. \quad (1.27)$$

Приведемо формули виразів 1.25–1.27 до вигляду, що є більш зручним для визначення величини m_e :

$$m_e = \gamma m_1 \sum_{j=0}^{\infty} (1-\gamma)^j + m_1 + m_2 \gamma \sum_{j=0}^{\infty} j (1-\gamma)^j \quad (1.28)$$

Для будь-яких логічних умов справедливо:

$$0 \leq 1-\gamma \leq 1. \quad (1.29)$$

Тому при перетворенні сум, що стоять у дужках, отримуємо:

$$\sum_{j=0}^{\infty} 1-\gamma^j = \frac{1}{\gamma} \quad (1.30)$$

$$\sum_{j=0}^{\infty} j 1-\gamma^j = \frac{1-\gamma}{\gamma^2}. \quad (1.31)$$

Підставляючи 1.30, 1.31 у 1.28, маємо:

$$m_e = \frac{1}{\gamma} m_1 + m_2 - m_2. \quad (1.32)$$

Таблиця 1.1

Показники та характеристики контуру графу з одним виходом

Кількість циклів	m_e	D_e	p_e	Імовірність циклів
1	2	3	4	5
0	m_1	D_1	p_1	γ
1	$2m_1 + m_2$	$2 \cdot D_1 + D_2$	$p_1^2 \cdot p_2$	$\gamma \cdot 1-\gamma$
2	$3m_1 + 2m_2$	$3 \cdot D_1 + 2 \cdot D_2$	$p_1^3 \cdot p_2^2$	$\gamma \cdot 1-\gamma^2$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
j	$j m_1 + m_2 + m_1$	$j D_1 + D_2 + D_1$	$p_1^{j+1} \cdot p_2^j$	$1-\gamma^j$

Аналогічні перетворення для дисперсії дають змогу записати:

$$D_e = \frac{1}{\gamma} D_1 + D_2 - D_2. \quad (1.33)$$

Далі, очевидно, формулу для імовірності з виразу 1.27 можна подати таким чином:

$$P_e = \gamma p_1 \sum_{j=0}^{\infty} [p_1 p_2 1-\gamma]^j. \quad (1.34)$$

Оскільки завжди виконується така умова $0 \leq p_1 p_2 1-\gamma \leq 1$, то:

$$\sum_{j=0}^{\infty} [p_1 p_2 1-\gamma]^j = \frac{1}{1-p_1 p_2 1-\gamma}. \quad (1.35)$$

У результаті підстановки 1.27 у 1.34 отримуємо:

$$P_e = \frac{\gamma p_1}{1 - p_1 p_2} \cdot \frac{1}{1 - \gamma} \quad (1.36)$$

4. *Зведення контурів із двома виходами.* Граф-схема зазначеного контуру з двома виходами наочно ілюструє рисунок 1.3 (d). Для отримання еквівалентних характеристик цього контуру, поданого на рисунку 1.5 (d), складемо допоміжну таблицю 1.2.

Таблиця 1.2

Показники та характеристики контуру графу з двома виходами

Кількість циклів	Виходи	m_e	D_e	p_e	Імовірність циклів
1	2	3	4	5	6
0	1	m_1	D_1	p_1	γ_1
	2	$m_1 + m_2$	$D_1 + D_2$	$p_1 \cdot p_2$	$1 - \gamma_1 \gamma_2$
1	1	$2 \cdot m_1 + m_2$	$2 \cdot D_1 + D_2$	$p_1^2 \cdot p_2$	$1 - \gamma_1 \quad 1 - \gamma_2 \quad \gamma_1$
	2	$2 \cdot m_1 + m_2$	$2 \cdot D_1 + D_2$	$p_1^2 \cdot p_2$	$1 - \gamma_1^2 \quad 1 - \gamma_2 \quad \gamma_2$
j	1	$j+1 \cdot m_1 + j \cdot m_2$	$j+1 \cdot D_1 + j D_2$	$p_1^{j+1} \cdot p_2^j$	$1 - \gamma_1^j \quad 1 - \gamma_2 \quad \gamma_1$
	2	$j+1 \cdot m_1 + m_2$	$j+1 \cdot D_1 + D_2$	$p_1^{j+1} \cdot p_2^j$	$1 - \gamma_1^{j+1} \cdot 1 - \gamma_2^j \cdot \gamma_2$

Далі, проводячи усереднення еквівалентних характеристик перетворюваних контурів і з урахуванням можливих імовірностей результатів, отримуємо:

$$m_e = \sum_{j=0}^{\infty} \gamma_1 (1 - \gamma_1)^j (1 - \gamma_2)^j [j m_1 + m_2 + m_1] + \sum_{j=0}^{\infty} \gamma_2 (1 - \gamma_1)^{j+1} (1 - \gamma_2)^j (j+1) m_1 + m_2 ; \quad (1.37)$$

$$m_e = \sum_{j=0}^{\infty} \gamma_1 (1 - \gamma_1)^j (1 - \gamma_2)^j [j m_1 + m_2 + m_1] + \sum_{j=0}^{\infty} \gamma_2 (1 - \gamma_1)^{j+1} (1 - \gamma_2)^j (j+1) m_1 + m_2 ; \quad (1.38)$$

$$D_e = \sum_{j=0}^{\infty} \gamma_1 (1 - \gamma_1)^j (1 - \gamma_2)^j [j D_1 + D_2 + D_1] + \sum_{j=0}^{\infty} \gamma_2 (1 - \gamma_1)^{j+1} (1 - \gamma_2)^j (j+1) D_1 + D_2 ; \quad (1.39)$$

$$P_e = \sum_{j=0}^{\infty} \gamma_1 (1 - \gamma_1)^j (1 - \gamma_2)^j p_1^{j+1} p_2^j + \sum_{j=0}^{\infty} \gamma_2 (1 - \gamma_1)^{j+1} (1 - \gamma_2)^j (p_1 p_2)^{j+1}. \quad (1.40)$$

Для згортання нескінченних рядів застосуємо відповідні формули і, роблячи досить прості перетворення, отримуємо:

$$m_e = \frac{m_1[\gamma_1 + 1 - \gamma_1 \gamma_2] + m_2 1 - \gamma_1 [\gamma_2 + \gamma_1 1 - \gamma_2]}{[1 - 1 - \gamma_1 1 - \gamma_2]^2}; \quad (1.41)$$

$$D_e = \frac{D_1[\gamma_1 + 1 - \gamma_1 \gamma_2] + D_2 1 - \gamma_1 [\gamma_2 + \gamma_1 1 - \gamma_2]}{[1 - 1 - \gamma_1 1 - \gamma_2]^2}; \quad (1.42)$$

$$P_e = \frac{p_1[\gamma_1 + 1 - \gamma_1 \gamma_2 p_2]}{1 - p_1 p_2 1 - \gamma_1 1 - \gamma_2}. \quad (1.43)$$

Якщо прийняти, що $\gamma_2 = 0$, то очевидно, що формули 1.32, 1.33, 1.36 можуть бути отримані з виразів 1.41–1.43.

За аналогією можна вивести формули для перетворення контурів із будь-яким числом виходів. Виведення цих формул досить просте, однак остаточні формули є громіздкими.

1.2. Особливості прояву синергетичного ефекту в дидактиці

Сьогодні загально визнано, що ефективність будь-якого сучасного виробництва залежить не лише від наукоємних інноваційних технологій, що в ньому впроваджені, але значно залежить і від рівня професійної компетентності фахівців, співробітників цих виробництв по широкому спектру різних міждисциплінарних компетенцій [264]. І зрозуміло, що саме такі фахівці високого гатунку забезпечують належне впровадження, використання й експлуатаційний супровід цих технологій. Тому встановлення фізичних закономірностей процесів формування потенціалу ЗУН в тих, хто навчається, як динамічних об'єктів, що перманентно розвиваються в часі, особливо вияв в них так званих схованих ЗУН, має відбуватися як з урахуванням фізичних ефектів, зокрема синергетичних, так і проблем математичного опису дидактичних процесів (рис. 1.6) [182].

Оскільки вищезазначена компетентність формується вже на етапі навчання в будь-яких за рівнем акредитації ЗО, то потрібно вважати актуальними дослідження з удосконалення НВП у них. Природно, що це вдосконалення має враховувати специфіку протікання НВП, тому охоплювати такі проблеми (не ранжуючи):

- забезпечення органічного взаємозв'язку навчання, виховання та розвитку (едукація) [52; 146; 298 та ін.];

- залежності результатів навчально-виховної діяльності педагогічного (науково-педагогічного) персоналу від реальної здатності учнів (студентів, слухачів тощо) опанувати знаннями, особливо від їх актуалізації, креативності, мотивації на навчання й адекватності самооцінки (СО) тощо

[53; 106; 121; 203 та ін.];

– забезпечення ефективних педагогічних умов проведення НВП [52; 73; 327 та ін.];

– сучасної ефективної кваліметрії й управління НВП за визначеними показниками [121; 127; 280; 307 та ін.];

– якнайкращої раціональної агрегації всіх перелічених та інших елементів НВП для досягнення системної властивості емерджентності/цілісності (табл. 1.3) [17; 150; 194; 289 та ін.], яку в практиці педагогічних досліджень здебільшого вважають синергетичним ефектом [81; 117; 258; 289; 320 та ін.] тощо.

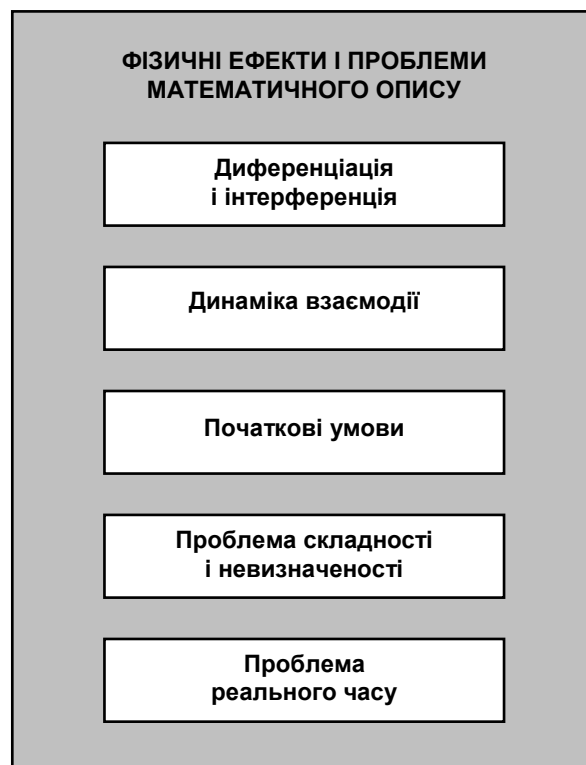


Рис.1.6. Фізичні ефекти і проблеми математичного опису задач сучасної теорії катастроф як математичної основи синергетики (Ю. Нечаєв)

Варто зауважити, що найскладніші проблеми з перелічених вище пов'язані саме з останньою з них. Якщо припустити, що кількість досліджуваних проблем НВП накопичується, скажімо, адитивно (умовно кажучи – у арифметичній прогресії), то множина їх складної взаємодії – накопичується мультиплікативно (у геометричній прогресії), що робить відповідне управління невизначеним.

Термін «синергетика» (від грец. *synergia* – співпраця) як назва теорії самоорганізації складних систем був уперше введений у вжиток 1969 р. німецьким фізиком і математиком Г. Хакеном (Hermann Haken). За його теорією ключові положення синергетики мають такий порядок [117, с. 55]:

1) досліджувані системи складаються з декількох або багатьох однакових

- або різнорідних частин, що перебувають у взаємодії одна з одною;
- 2) усі досліджувані системи є нелінійними;
 - 3) у процесі розгляду фізичних, хімічних і біологічних систем ідеться про відкриті системи, далекі від теплової рівноваги;
 - 4) досліджувані системи схильні до внутрішніх і зовнішніх коливань (флуктуації);
 - 5) досліджувані системи можуть стати нестабільними;

Таблиця 1.3

Інтегральні показники та критерії оцінки компетентності тих, хто навчається

№	Види згортки	Види інтегральних показників і критерії	Оцінювані компоненти компетентності та розв'язувані завдання
1	Функціональна згортка: $\bar{\mu} = \mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$	Формалізовані критерії у вигляді факторних моделей	Інтегральні показники для оцінки особистісних і ділових якостей
2	Сепарабельна згортка: $\bar{\mu} = \sum l \lambda_i \cdot \varphi \mu_i$	Функції відповідності у вигляді згортки функцій належності	
3	Адитивна згортка: $\bar{\mu} = \lambda_i \cdot \mu_i$	Узагальнена згортка у вигляді лінійної регресії	Інтелектуальний потенціал
4	<i>Альтернативне кон'юнктивне згортання:</i> згортка альтернативних бівалентних мір якості $\{0; 1\}$ у вигляді кон'юнкції предикатів придатності («придатно» – 1; «непридатно» – 0): $\bar{\mu} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } \forall \mu_i, \mu_i \in M^{0i} \\ 0, & \text{якщо } \exists \mu_i, \mu_i \notin M^{0i}, M^{0i} = p \cdot r^i \cdot M^0 \end{cases}$	Інтегральні критерії у вигляді продуктивних моделей	Інтегральні критерії професійної придатності для різних спеціальностей

- 6) відбуваються якісні зміни;
- 7) у цих системах виявляються емерджентні (знову виявлені) нові якості;

8) виникають нові просторові, часові, просторово-часові або функціональні структури;

9) структури можуть бути упорядкованими або хаотичними (рис. 1.7);

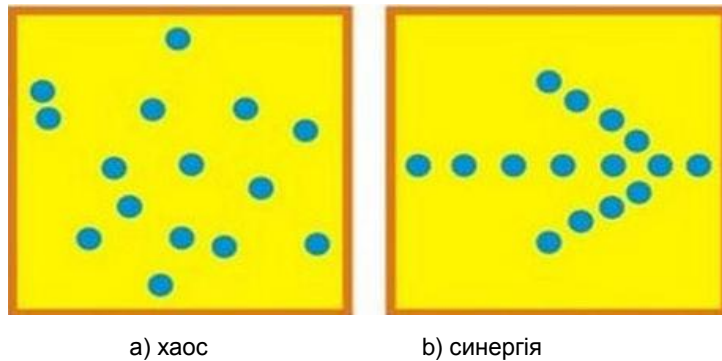


Рис. 1.7. Переваги синергетичного підходу

10) у багатьох випадках можлива математизація.

За наступні 50 років світова наукова спільнота змогла отримати в математиці і природознавчих науках суттєві результати, які сьогодні увійшли в арсенал синергетики, що подано нижче.

1. Створення математичної теорії катастроф;
2. Якісна теорія динамічних систем;

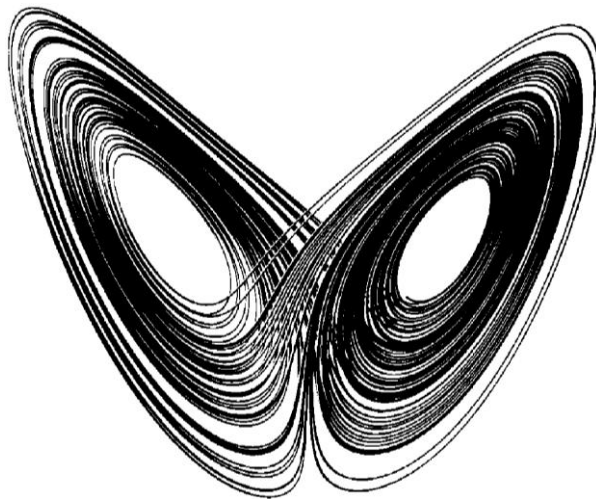


Рис. 1.8. Зображення «дивного атратора» у тривимірному фазовому просторі

3. Вивчення закономірностей переходу від регулярних процесів до хаотичних; відкриття нових фундаментальних чисел, зокрема – чисел Фейгенбаума (Mitchell Jay Feigenbaum).

4. Відкриття «дивних атраторів³», що перевернули представлення про

³ (англ. *attract* – притягати) – це множина точок у фазовому просторі, до якої збігаються фазові траєкторії дисипативної системи. А. можуть бути точковими (точки рівноваги), лініями

співвідношення хаосу та порядку в природі (рис. 1.7; 1.8).

Рисунок 1.8 – це наочне уявлення «дивного атрактора». Адже так в математиці називається множина, що притягує нестійкі траєкторії у фазовому просторі дисипативної⁴ (нерівноважної) системи.

З точки зору звичайних класичних термодинамічних систем «дивний атрактор» неможливий, оскільки такі системи зазвичай повністю перебувають «під владою» другого початку термодинаміки, яке диктує вельми прості правила поведінки: від порядку – до хаосу, від невеликої ентропії – до великої, від сконцентрованої енергії – до теплової загибелі Всесвіту.

За умов, що маємо «дивний атрактор» у дисипативній системі (а кожна людина, наприклад, – це саме дисипативна система достатньо високого порядку) формується ще одне рішення термодинамічного рівняння, яке й описує «дивний атрактор». Зазначене рішення не описується аналітичними рівняннями. За своєю суттю воно є нестійким і утворюється декількома локусами і фракталами, однак воно і лише воно забезпечує розвиток системи.

Людська цивілізація також є дисипативною структурою, однак і другий початок термодинаміки від нас нікуди не дівся. Внаслідок цього в будь-якій історичній точці розвитку суспільства у будь-якого народу, нації, цивілізації чи соціальної групи є три принципових вибори:

- 1) саморуйнування;
- 2) консервація;
- 3) розвиток.

Третій із перелічених сценарій описується «дивним атрактором».

Саморуйнування – це простий атрактор, успадкований дисипативними структурами від неживої природи. Якщо відбувається, наприклад, тривіальна руйнація суспільства, то нічого «прогресивного» на такому етапі його розвитку не відбувається: ідеться лише про те, що невдалий експеримент звільнює «місце під Сонцем» для тих, хто прийде після. Так вже відбувалося багато разів у історії – і якщо існуюча глобальна цивілізація загине, то розвиток дисипативних структур ніяк від цього не припиниться.

(граничні цикли), поверхнями, і навіть складними багатовимірними фрактальними структурами, як у випадку дивного атрактора.

⁴ Дисипативна система (або дисипативна структура (лат. *dissipatio* – розсіюю, руйную) – це відкрита система, яка оперує дистанційно від термодинамічної рівноваги. Це стійкий стан, що виникає в нерівноважному середовищі за умов дисипації (розсіювання) енергії, що поступає ззовні. Д.с. інколи називають *стаціонарною відкритою системою* або *нерівноважною відкритою системою*. Д.с. характеризується спонтанним проявом складної, найчастіше хаотичної структури. Відмінна особливість таких систем – це незбереження обсягу фазовому просторі, тобто, невиконання Теорему Ліувілля (фр. *Joseph Liouville*).

5. Створення фрактальної геометрії як одного з інструментів теорії хаосу, яка застосовується для вивчення феноменів, що є хаотичними лише з точки зору евклідової геометрії та лінійної математики.

6. Виявлене Г. Хакеном явище, пов'язане з тим, що самоорганізація складних структур визначається, переважним чином, поведінкою досить невеликої кількості параметрів, які він назвав *провідними модами* або *параметрами порядку*.

7. Останні досягнення в теорії динамічних систем, зокрема створення ергодичної теорії.

8. Введення понять про *русла*⁵ і *джокери*⁶.

9. Створення нерівноважної термодинаміки.

10. Розробка принципово нових підходів до ентропії і інформації.

11. Впровадження в дослідження структур, що самоорганізуються, методів асимптотичної математики.

12. Розробка нової класифікації хвиль, вихрів, дипольних структур і транспортно-інформаційних систем (ТІС).

13. Новий потужний сплеск в теоретичному і експериментальному дослідженні солітонів⁷. Сполучення теорії солітонів з теорією нескінченномірних груп Каца-Муді.

14. Розробка якісної теорії нелінійних хвильових процесів, авто-хвиль і авто-структур. Дослідження дисипативних структур. Відкриття і детальне дослідження режимів із загостренням.

15. Відкриття резонансних вихрово-хвильових структур. Чому сприяла розробка концепції вихрово-хвильового і структурно-хвильового резонансу як одного з важливіших механізмів самоорганізації.

16. Відкриття і дослідження реакцій Белоусова-Жаботинського⁸ і

5 Поняття *русла* сформувалося в синергетиці у зв'язку з виниклими можливостями адекватного опису системи через порівняно незначну кількість параметрів порядку. Такі можливості виникають на тих масштабних рівнях опису, де когерентна взаємодія елементів формує цілісний облік системи. Математичний опис цілісної структури відбувається на основі асимптотичних методів.

6 Джокер представляє собою правило або алгоритм, що визначає поведінку об'єкта на деякій підмножині фазового простору (*області джокера*), в якому невизначеність у поведінці об'єкта різко зростає. Під час попадання цієї точки в область джокера, відбувається його *спрацювання* – завіюється відповідне правило (алгоритм).

7 Солітон – це структурно стійка усамітнена (відокремлена) хвиля, що поширюється в нелінійному середовищі. С. описуються нелійними диференціальними рівняннями в частинних похідних (для неперевних середовищ) або системами нелінійних звичайних диференціальних рівнянь (для дискретних середовищ).

8 Клас хімічних реакцій, що відбуваються в коливальному режимі, коли деякі параметри реакції (колер, концентрація компонентів, температура тощо) змінюються періодично, створюючи складну просторово-часову структуру реакційного середовища. За певних умов ці системи можуть демонструвати дуже складні форми поведінки: від регулярних періодичних до хаотичних

біологічних автохвиль.

17. Виявлення і аналіз режимів *самоорганізованої критичності*⁹ (СОК).

18. Розроблення математичних моделей дослідження нейросистем.

19. Принципово нові результати, пов'язані з застосуванням синергетичних методів у таких «гуманітарних» науках, як біологія, медицина, психологія, історія, соціологія, економіка, теорія права, мистецтвознавство та мовознавство.

20. Експериментальне відкриття та теоретичне обґрунтування ступеневих і логарифмічних статистичних закономірностей під час вивчення елементів і структур у складних системах, що самоорганізуються. Розробка нових методів якісного та кількісного аналізу динаміки складних організаційних і активних ТІС.

21. Філософські узагальнення, що базовані на синергетичних принципах.

22. Розробка та впровадження в синергетичну методологію тріадного принципу («нелінійність – когерентність – відкритість» [23; 319]) вивчення цілісних ТІС тощо.

Класики синергетики (І. Р. Пригожин, Г. Хакен) будували власні висновки на засадах спостереження за поведінкою колективів елементарних частинок або в термодинаміці, або в соціальних середовищах. Кожна з таких частинок володіє власною енергією, а в соціальних середовищах ще й певною «волею». Мікроскопічні відмінності в енергетичних або «вольових» характеристиках зазначених елементарних частинок породжують певний хаос. Саме з цим явищем хаосу пов'язано поняття «нерівноважність», що виникає під впливом переважно зовнішніх причин (однак, не лише). Причому обов'язково виникає коеволюція¹⁰, самоорганізація, яка видозмінює

коливань і є важливим об'єктом дослідження універсальних закономірностей нелінійних систем. Зокрема, саме в реакції Белоусова–Жаботинського спостерігався перший експериментальний «дивний атрактор» у хімічних системах і була здійснена перевірка його теоретично передбачених якостей.

9 Властивість динамічних систем з точками біфуркації. Поведінка в околиці точки характеризується тим, що за малого збурення система може пройти точку біфуркації, чим повністю змінить свою модель поведінки. Класичні приклади СОК є фазовий перехід або модель піщаної купки.

10 В широкому сенсі, біологічна к.е. (або Спряжена еволюція) – «це зміна біологічного об'єкта, викликана зміною пов'язаного з ним об'єкта». Концепція к.е. використовується також в екології, астрономії створенні штучного життя тощо. Коеволюція супроводжується формуванням комплексу взаємних адаптацій (коадаптацій), що оптимізують стійкі взаємодії популяцій різних видів.

Концепція к.е. природи та суспільства, з якою першим виступив Н. В. Тимофєєв-Ресовський (1968 р.), має визначити оптимальне співвідношення інтересів людства та решти всієї біосфери, уникнувши при цьому двох крайнощів: прагнення до повного панування людини над природою («Ми не можемо чекати милостей від природи...» – І. Мічуріна) та плазування перед нею («Назад, в природу!» – Руссо).

поведінку елементарних частинок, змінює її енергетичні й «вольові», для соціальних середовищ додатково – «сенсожиттєві», характеристики.

Таким чином, синергетичний підхід застосовують винятково для досліджень нерівноважних середовищ. Науковий інтерес освітньої наукової спільноти до цих підходів пов'язаний із процесами самоорганізації, що коеволюціонують з ідеалами культури та співвідносні з образами сучасного світу [184; 185; 216; 301–304; 319].

Нерівноважність є одним із центральних понять синергетики. Нестійкість і нестабільність як вияв синергетичних властивостей НВП полягає в тому, що ситуація в цьому процесі динамічно змінюється, спонукаючи його учасників до роздумів, зіставлення фактів, стимулюючи розвиток моральних якостей, які є необхідними для професійних і соціальних компетенцій.

Нестійкість, або відповідно до термінології синергетики, – *нерівноважність*, приводить педагогічну систему до еволюції, тобто до певної перебудови, у результаті якої формується новий порядок, нові та більш інноваційні й ефективні механізми реалізації НВП. Нерівноважність, нестійкість або хаос виявляються в тому, що в освітньому процесі виникають відносини невизначеності (рис. 1.9), відсутні єдині рішення та підходи. Окрім того, устремління учня та студента можуть бути неорганізованими й спонтанними.

Нерівноважність, нестійкість, багатоваріантність в освітньому середовищі створює різні проблемні ситуації (ПС), розв'язання яких, спираючись на синергетичний принцип самоорганізації, з одного боку, допомагає зрозуміти механізм розвитку дидактичного процесу. З іншого ж боку, в учасників НВП відкриваються нові обшири для більш ефективної їх взаємодії, досягнення індивідуального успіху, стимулювання самостійного вибору та прийняття відповідального раціонального (тобто розумно обґрунтованого) рішення. Особливо варто зосередити увагу на забезпеченні дійсного й ефективного особистісно-орієнтованого навчання. Йдеться про можливість розвитку

Згідно з принципом к.е., людство, для того, щоб забезпечити своє майбутнє, повинно не лише змінювати біосферу, пристосовувавши її до своїх потреб, а й змінюватися через пристосовування до об'єктивних вимог природи. «Ми так радикально змінили наше середовище, – стверджував Н. Вінер, – що тепер для того, щоб існувати в ній, ми повинні змінити себе». Саме к.е. перехід системи «людина – біосфера» до стану динамічно стійкої цілісності, симбіозу буде означати реальне перетворення біосфери в ноосферу. Для забезпечення цього процесу людство має насамперед слідувати екологічному й етичному імперативам. Перша вимога позначає сукупність заборон на ті види людської діяльності (особливо – виробничі), які загрожують невідновним змінами в біосфері, несумісними з самим існуванням людства. На думку Я. Тінбергена, «наукове розуміння нашої поведінки, що веде до її контролю, можливо, є найбільш насущним завданням, що стоїть сьогодні перед людством. У нашій поведінці є такі сили, які починають створювати небезпеку для виживання виду і ... для всього життя на Землі». Другий імператив вимагає зміни світогляду людей і його повороту до загальнолюдських цінностей (наприклад, відчуттю поваги до будь-якого життя), до уміння ставити над усе не приватні, а загальні інтереси, до переоцінки традиційних споживчих ідеалів тощо. На жаль, свідомість людей досить консервативна і ледь-ледь відмовляється від стереотипних уявлень про ставлення людини до природи.

індивідуальності, формування індивідуальної траєкторії та завдання індивідуального темпу навчання, здійснення індивідуального вибору засобів і методик (навіть викладачів), а також альтернативного та самостійного шляху. Принцип самоорганізації полягає також у мимовільному або під впливом непропорційно слабких впливів переході з хаотичного, невпорядкованого стану у впорядкований і ефективний тощо [15].

19. Принципово нові результати, пов'язані з застосуванням синергетичних методів у таких «гуманітарних» науках, як біологія, медицина, психологія, історія, соціологія, економіка, теорія права, мистецтвознавство і мовознавство.



Рис. 1.9. Класифікація видів невизначеності, що виникають у процесі функціонування освітньої гуманістичної системи «учасники дидактичного процесу – навчальне середовище»

20. Експериментальне відкриття та теоретичне обґрунтування ступеневих і логарифмічних статистичних закономірностей під час вивчення елементів і структур у складних системах, що самоорганізуються. Розробка нових методів якісного та кількісного аналізу динаміки складних ТІС.

Синергетичні системи мають бути відкритими. Такою й є освітянська система, адже: *по-перше*, її перманентний розвиток спонукає визначенню нових цілей (бажаних кінцевих результатів – БКР) та використанню більш досконалих методів і засобів навчання (ЗН); *по-друге*, освітянська система безперервно взаємодіє зі своїм середовищем. Така взаємодія може приймати певну форму та бути реалізованою у вигляді інформації, енергії чи матеріальних перетворень на границі з системою; *по-третє*, з попереднього впливає об'єктивна необхідність вдосконалення змісту освіти.

Унаслідок цього безперервно відбувається процес обміну інформацією між суб'єктами та об'єктами НВП й зовнішнім середовищем. Відкритість педагогічної системи виявляється також у міждисциплінарному характері освіти, в інтеграційних процесах із світовою педагогікою, широкому використанні можливостей інформаційно-комунікаційних систем, поєднанні різноманітних педагогічних технологій.

Відкритість систем є неодмінною умовою їхньої самоорганізації. Тому зауважимо, що сучасний освітньо-інформаційний простір постійно зростає (див. підрозділ 1.1), володіє об'єктивними передумовами для обміну інформацією, новими знаннями, технологіями, уміннями, навичками, компетенціями, набуває, зрештою, властивості відкритих систем.

Синергетика заснована на принципі еволюціонування навколишнього світу саме за нелінійними законами. Загальною закономірністю систем, які вивчає синергетика, є те, що структура таких систем здатна в критичних точках змінюватися стрибком. Нелінійність як прояв синергетичного характеру НВП полягає в тому, що цей процес здійснюється хоча і за жорстким заздалегідь заданим і нормативно затвердженим планом або алгоритмом, із заздалегідь запланованим результатом (БКР), однак є незвичайно варіативним. Розв'язання ПС надає учаснику НВП змогу самому пізнавати й оцінювати власну поведінку, самостійно робити відкриття, вдосконалювати себе. Адже нелінійність дійсно пов'язана з багатоваріантністю й альтернативністю. Причому ця альтернативність може мати яскраво виражену статистичну невизначеність. Наприклад, вибір педагогом із множини навчальних завдань саме те, яке він вважає більш доцільним за складністю, трудністю, оригінальністю тощо для застосування під час проведення конкретного заняття.

Те, чого найбільше чекають від синергетики, пов'язано з поняттям самоорганізації. Процес самоорганізації є мимовільним виникненням у відкритих, нерівноважних, нелінійних системах нових, більш ефективних структур, зокрема структур ЗУН.

Синергетика також оперує такими поняттями, як *біфуркації*, *флуктуації*, *дисипативність*, *атрактори*, *фрактальність*.

Система освіти містить елементи *біфуркацій*, якщо вона містить альтернативні можливості, релевантні для всіх учасників НВП. Принцип

біфуркації впливає з того, що в разі досягнення керуючими параметрами певних значень поведінка системи змінюється стрибкоподібно. Точка біфуркації є критичною точкою, навколо якої поведінка системи стає нестійкою, тобто здійснюється вибір одного з варіантів поведінки систем. У педагогіці точкою біфуркації можна вважати, наприклад, момент вибору особистістю ціннісних орієнтирів, які можуть суттєво відрізнятися від попередніх. Причому вибір можливостей розвитку особистості досить широкий, що відповідає множинності точок біфуркації. Більш детально поняття біфуркації в ракурсі досліджень цієї монографії розглянуто у наступному підрозділі 1.3.

Явище *флуктуації* (лат. *fluctuatio* – неспокійний рух) пов'язано з тим, що система освіти існує в умовах перманентних змін, коливань відхилень, що породжує стан нестабільності, нерівномірності. Флуктуації – це випадкові явища, малі впливи, які можуть призвести до суттєвих результатів, до виникнення порядку з хаосу, породжуючи еволюцію системи. Проте і зворотна ситуація переходу порядку в стан хаосу також має право на теоретичний розгляд. Нова структура завжди є результатом розкриття нестійкості в результаті флуктуацій. Флуктуації – це рух елементів макрорівня. Зазвичай їх оцінюють як випадкові і не вони становлять інтерес для дослідника. Однак флуктуації (залежно від своєї сили), що впливають на систему, можуть привести її до різних варіантів подальшого існування.

Поряд із поняттям флуктуації в синергетиці, як зазначалося вище, вживають поняття *дисипативності*. Поняття «дисипативні структури» вперше було введено І. Р. Пригожиним. У контексті природознавства дисипативність визначають як своєрідний вияв властивостей процесів, що відбуваються на мікрорівні. Для мікрорівня характерна наявність безлічі об'єктів, які взаємодіють. Таким чином, дисипативність – це колективне явище, розсіювання. У педагогіці адекватного застосування цього терміна досі не знайдено. Одні дослідники та фахівці наголошують, що дисипативність особистості визначається СО з почуттям відповідальності, а інші вважають дисипативність неодмінною умовою лише самоорганізації особистості.

Дисипативність є важливою характеристикою колективу. Різний рівень дисипативності колективів як об'єктів педагогічного впливу характеризує різний рівень розсіювання, загасання зовнішніх впливів. Водночас дисипативність характеризує рівень і швидкість розсіювання збурень, що виникають під впливом внутрішніх флуктуацій. Тому педагог, який розраховує спонукати учнівський колектив до самоорганізації та самовдосконалення, має знати про існування такої властивості та враховувати її в процесі своєї діяльності.

Важливим синергетичним поняттям є атрактори, які також були розглянуті вище і які прийшли до нас з фізики елементарних частинок. У контексті фізики атрактором визначають як:

– сукупність внутрішніх і зовнішніх умов, які сприяють «вибору» системою, що самоорганізується, одного з варіантів сталого розвитку;

– ідеальний кінцевий стан, до якого прагне система у своєму розвитку.

Перебуваючи поблизу точки біфуркації, тобто безпосередньо перед «вибором» траєкторії подальшого існування, елементарна частинка потрапляє в зону дії атрактора.

Простір усередині атрактора, в якому кожна частинка, що туди потрапила, поступово зміщується в заданому напрямі, називають «зоною атрактора».

Поняття «зона атрактора» поширюється також на колективи частинок. Маючи уявлення про атрактори, педагог має поставити свого вихованця перед вибором, тобто наблизити його до точки біфуркації. Однак правильний вибір можна зробити лише в умовах дії відповідного атрактора. Тому завдання педагога полягає у створенні відповідної зони атрактора. Якщо метою є формування особистості чи колективу, то атракторами є найбільш бажані риси такої особистості або колективу, їх моральні, естетичні, деонтологічні та пізнавальні цінності [15; 304; 319].

Важливе значення для синергетичного світорозуміння має поняття фрактальності. Фракталами називають явища самоподібності, які часто спостерігаються в природі. Фрактальність позначає явища масштабної інваріантності, коли нові форми організації матеріальних і соціальних систем нагадують за своєю будовою попередні. Для педагога це означає, що створювані ним нові структури знань повинні мати певну схожість із раніше існуючими.

Виховання тих, хто навчається, залежить від різноманітних чинників, які суттєво впливають на реалізацію цього процесу. Наявність певного співвідношення керованості та спонтанності в процесах виховання робить перспективним застосування методів синергетики в цих процесах. Синергетичний підхід дає змогу розглядати кожен об'єкт управління в НВП, тобто того, хто навчається, як здатну до саморозвитку складну й активну організаційну систему. Використання синергетичного підходу в педагогічній діяльності сприяє збагаченню НВП новими ефективними прийомами та методами педагогічної взаємодії, які роблять, з одного боку, більш інтенсивними процеси розвитку учнів, а з іншого – і особистісно-професійне зростання педагогів. Діалог думок, мотивів, ціннісних установок учасників НВП сприяє формуванню сприятливої атмосфери в колективі, розкриттю й розвитку індивідуальності кожного з них.

У синергетиці в протилежність кібернетиці досліджуються механізми виникнення саме нових станів, структур і форм у процесі самоорганізації, а не збереження та підтримки старих форм. Тому вона спирається на принцип позитивного оберненого зв'язку, коли зміни, що виникають у системі, не подавляються та корегуються, а навпаки – повільно накопичуються. За умов

досягнення певного потенціалу (точки біфуркації) вони врешті-решт призводять до руйнування старої та виникнення нової системи.

Синергетика відповідає на питання, за рахунок чого відбувається еволюція в природі. Будь де, де виникають нові структури, потрібний приток енергії і обмін з середовищем.

Розвиток розуміється в синергетиці як процес становлення якісно нового, того, що ще не існувало в природі і передбачити яке неможливо. Механізм, який вона пропонує, – це спонтанна флуктуація, подія в точці біфуркації, експоненціальний процес до певного моменту часу. Ще раз зауважимо, що основним поняттям є поняття нестійкості (нерівноважності).

Цілісний синергетичний підхід до осягнення перебігу дидактичних процесів і прогнозування перспектив їх розвитку застосовують В. Андрущенко, О. Вознюк, І. Зязюн, В. Ільїн, В. Кремень, О. Пономарьов та ін. [55; 149; 267; 289 та ін.].

Синергетичні проблеми педагогіки також знайшли відображення в працях вітчизняних і зарубіжних науковців (М. Богуславський, В. Віненко, О. Вознюк, А. Ворожбитова, С. Гончаренко, Е. Зеєр, Л. Зоріна, В. Ігнатова, О. Іонова, О. Князева, С. Кульневич, С. Курдюмов, М. Левківський, В. Маткін, Т. Назарова, О. Нестеренко, Л. Новікова, М. Соколовський, А. Тесленко, Т. Челнокова, В. Шаповаленко, Г. Шатковська та ін.). Деякі синергетичні закономірності освітньої діяльності обґрунтовано в певних дисертаційних роботах (О. Бочкарьов, В. Виненко, В. Жилін, А. Євдотюк, Л. Сурчанов, Ю. Талагаєв, О. Тесленков, М. Федорова тощо [96; 99; 287; 295; 309; 320 та ін.]). Синергетичну парадигму визначають як «відносно жорсткий каркас методологічних принципів» [258], що більше застосовуються у вдосконаленні та реформуванні НВП.

Однак у працях зазначених вчених недостатньо уваги приділено питанням діалектичного обґрунтування причин виникнення синергетичного ефекту, що й буде, спираючись на результати досліджень [268], предметом досліджень наступного підрозділу.

1.3. Діалектичні основи виникнення синергетичного ефекту в процесі розвитку академічної обдарованості

Отже, нехай маємо тезаурус (від давньогр. *θησαυρός* – скарб, множина, скарбниця) знань із певної НД. У контексті інформатики під тезаурусом будемо розуміти повний систематизований набір інформації про яку-небудь сферу знань, що дає змогу користувачам (людині або обчислювальній машині) у ній орієнтуватися [270]. Таким чином, з наведеного випливає, що тезаурус з будь-якої НД охоплює не весь обсяг знань з цієї дисципліни, а лише її більш систематизовану частину.

Вважатимемо, що цей тезаурус охоплює T ДО і дорівнює величині θ_T ,

виміряній у певній кваліметричній шкалі. Обсяг знань із затвердженої у встановленому порядку програми з цієї самої НД, пропонованої для опанування учням (студентам, слухачам) утворюється N дидактичними одиницями (у загальному випадку $N \leq T$) і становить величину θ_N .

Таким чином, для знаходження θ_T і θ_N ДО, що їх утворюють, поєднуються (агрегуються) в інтегративний (цілісний) показник так:

$$\begin{cases} \theta_T = \theta_1 \cup \theta_2 \cup \dots \cup \theta_i \dots \cup \theta_T \\ \theta_N = \theta_1 \cup \theta_2 \cup \dots \cup \theta_j \dots \cup \theta_N \end{cases} \quad (1.44)$$

де \cup – позначка логічного об'єднання ДО в інтегративний показник навчального потенціалу (обсягу знань) з певної НД.

Оскільки за визначенням $N \leq T$, то в загальному випадку й $\theta_N \leq \theta_T$. Тоді факт виникнення синергетичного ефекту після опанування тими, хто навчається, k дидактичними одиницями ($k \leq N$) можна формалізувати так:

$$\begin{cases} \theta_k = \theta_1 \cup \theta_2 \cup \dots \cup \theta_k \geq \theta_N & \text{– простий адитивний синергетичний ефект} \\ \theta_k = \theta_1 \cup \theta_2 \cup \dots \cup \theta_k \gg \theta_N & \text{– складний адитивний синергетичний ефект} \end{cases} \quad (1.45)$$

Одразу зауважимо, що з аналізу виразу 1.45 виникають зовсім не риторичні питання кваліметричного характеру:

– на скільки саме має збільшитися демонстрований учнем обсяг знань стосовно зумовленого навчальним планом θ_N після опанування $k < N$ ДО, щоб можна було стверджувати, що йдеться не про статистичну похибку вимірювань, а дійсно про виникнення простого адитивного синергетичного ефекту?

– яку саме кількісну міру знань варто вкладати в поняття «набагато більше», позначене математичним символом « \gg », щоб можна було дійти висновку про виникнення складного адитивного синергетичного ефекту?

– яким чином можна у відповідних висновках врахувати складність і трудність виконуваних навчальних завдань і як їх виміряти?

Відповідно до виразу 1.45 виникнення синергетичного ефекту пояснюється комплексною дією таких чинників:

– високою мотивацією на навчання, індикатором якої можуть бути, наприклад, основні навчальні домінанти (ОНД);

– креативністю (від англ. *creativity*), яка є функцією цілісної особистості тих, хто навчається, залежною від комплексу їх психологічних характеристик і визначає рівень творчої обдарованості;

– актуалізації, тобто видобування з різних видів пам'яті (оперативної чи довгострокової) раніше засвоєних ЗУН з метою їх подальшого використання

при засвоєнні нового матеріалу;

- високим рівнем домагань (РД) і його адекватності самооцінці (СО);
- високим професійним рівнем педагогічних працівників, їх мотивацією, креативністю, знову ж їх РД і СО тощо, що буде сприяє розвитку в тих, хто навчається, системного мислення та прагнення вчитися тощо.

Складний мультиплікативний синергетичний ефект може проявитися, коли для його виникнення ніби немає наукових передумов і накопиченого практичного досвіду, а йдеться, наприклад, про «політ» наукової думки, визначеної інтуїцією, евристичним мисленням, креативністю, передбаченням тощо. Приклади такого роду синергії ми бачимо в геніальних винаходах Леонардо да Вінчі, практична реалізація яких відбулася майже через сім століть після його смерті, фантастичних творах Жульє Верна і Герберта Уеллса, які також не менш геніально передбачили конкретні досягнення науково-технічного прогресу (НТП).

Пояснення синергетичного ефекту наочно ілюструє відомий діалектичний гегелівський спіралеподібний закон розвитку, що поданий на рисунку 1.10. З цього рисунку бачимо, що за умов накопичення певного потенціалу знань θ_A , подальший розвиток АО для досягнення потенціалу θ_B може співпасти з розвитком спіралі, що відбувається, наприклад, під час послідовної та «звичайної» реалізації програми НД чи навчального плану загалом.

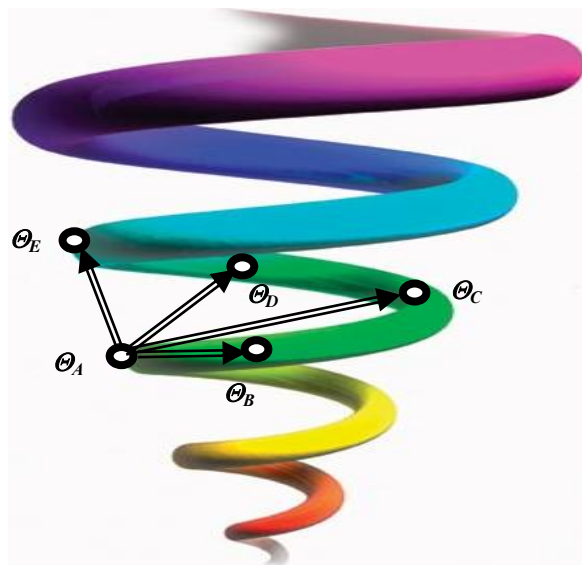


Рис. 1.7. Ілюстрація діалектичного підходу до пояснення виникнення синергетичного ефекту в процесі розвитку академічної обдарованості

Однак потенціал θ_A можна розглядати як точку біфуркації [128; 161; 288 та ін.], досягнення якої відбулося не лише за рахунок «звичайного» накопичення відповідних ЗУН, а й бути пов'язаним із внутрішньою органічною та творчою перебудовою їх структури у свідомості того, хто навчається. З попереднього

підрозділу 1.2 впливає, що термін «біфуркація» є застосованим у методології нерівноважної термодинаміки і синергетики, що вказує на зміну усталеного режиму роботи системи, а отже, – розвитку АО.

Точці біфуркації притаманні такі властивості [296].

1. Непередбачуваність. Зазвичай точка біфуркації має декілька гілочок атрактора (стійких режимів роботи), по одній з яких й піде подальший рух системи. Однак, заздалегідь неможливо передбачити, який новий атрактор займе система.

2. Точка біфуркації має короткочасний характер і розмежує більш тривалі та стійкі режими роботи системи.

Наприклад, лавинний ефект хеш-функцій¹¹ допускає наявність запланованих точок біфуркації, які навмисно вносять непередбачувані для спостерігача зміни кінцевого виду хеш-рядка за умов зміни навіть одного символу в початковому рядку.

3. Після виходу на точку-потенціал знань θ_A подальший розвиток АО тих, хто навчається, як динамічного об'єкта, що перманентно змінює координати в просторі знань, може відбуватися по хорді, до потенціалів θ_C чи θ_D . Це може бути, наприклад, наслідком впровадження сучасних інноваційних технологій навчання з паралельним внутрішнім органічним перетворенням тими, хто навчається, накопиченого потенціалу ЗУН.

4. Наведене й сприяє виникненню простого (потенціал θ_C) чи складного (потенціал θ_D) адитивного синергетичного ефекту.

Перехід на принципово новий виток розвитку АО (потенціал θ_E) може відбутися за умов реалізації вже складного синергетичного ефекту, що відповідає мультиплікації знань і передбачає здійснення навчальної діяльності у режимі «синхронного генератора» [254; 324], коли, наприклад, у онлайн-режимі продукуються нові знання та вміння, що зазвичай спостерігається під час проведення олімпіад.

Тому незвичайно важливою науковою і практичною проблемою є встановлення точки біфуркації (потенціал θ_A на рис. 1.7), з якої може початися виникнення синергетичного ефекту розвитку АО.

У конкретному випадку синергетичний ефект може виявлятися, наприклад, через: перехід тих, хто навчається, на виконання навчальних завдань більшої складності; скорочення терміну вивчення окремих тем або НД загалом.

Оцінювання когнітивної здатності виконувати завдання більшої складності та позитивної інтерференції знань у процесі розвитку АО доцільно проводити, спираючись на нормовані ергономічні показники стереотипності та логічної складності алгоритмів виконуваних завдань, які були вперше запроваджені

¹¹ Хеш-функція (англ. *hash-function* – мішанина) – математичне перетворення інформації в короткий рядок певної довжини.

авторами в практику педагогічних досліджень [235].

Варто спеціально зауважити, що досягнення синергетичного ефекту має розглядатися, у то-му числі й у ракурсі теорії катастроф [14; 24; 67; 87; 92; 98; 152; 153; 163; 182; 215; 296; 351 та ін.] Як впливає з особливостей спіралеподібного розвитку академічної обдарованості, ілюстрованого рисунком 1.10, синергетичний ефект має супроводжуватися і якісними, і кількісними змінами в результатах навчальної діяльності. Відповідно до результатів наших досліджень [121; 127; 128; 235 та ін.], вважаємо, що такими показниками-індикаторами можуть бути ОНД (якісний показник) і РД (кількісний показник).

ОНД визначають ставлення тих, хто навчається, до ризику (схильність, несхильність, байдужість) і характеризують мотивацію на досягнення успіху / запобігання невдач. Ризик полягає в прагненні отримати додаткове питання, щоб отримати більш високу оцінку за умов, що шанси правильної / неправильної відповіді заздалегідь визначені та становлять 50 на 50.

Водночас несхильність до ризику характеризує відмову від додаткових питань і погодження з оцінкою особистого РНД, пропоновану педагогом.

Особи, умовно байдужі до ризику, мають мотивацію на навчання, проміжну між схильними та несхильними до ризику.

Отже, якщо розвиток АО буде організований так, щоб динаміка ОНД відповідала ланцюжку:

$$\begin{aligned} \text{несхильність} &\Rightarrow \text{байдужість} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \text{схильність до ризику} \end{aligned} \quad (1.46)$$

то можна вважати, що досягнуто певний синергетичний ефект. Що нескладно пояснити, скажімо, тим, що прагнути отримати додаткове питання з визначеними шансами правильної відповіді (нехай не самими високими) може лише добре навчена людина, впевнена у своїх знаннях. Адже вказані шанси правильної / неправильної відповіді встановлюються педагогом, який формулює додаткові запитання, виходячи із загальної попередньої статистики правильних / неправильних відповідей на певне питання і не завжди враховують накопичений поточний потенціал ЗУН конкретного учня.

Водночас РД характеризує точку на шкалі об'єктивних успіхів, яка відповідає максимальному стрибку корисності (привабливості, прийнятності, бажаності) отриманого результату в уяві того, хто навчається. І якщо РД збільшується в процесі навчання (і в уяві учня, і за результатами навчання), то це також свідчить про синергетичний ефект.

Методологія проактивного встановлення РД тих, хто навчається, подана в працях [120; 121; 127 та ін.]. Причому йдеться про його кваліметрію в добре зрозумілих і фізично вимірюваних показниках і характеристиках НВП, а саме рівнях навчальних досягнень (РНД) / рівнях АО (РАО), встановлених у прийнятих шкалах оцінювання знань (4-бальної, ECTS, 12-бальної, 100-

бальної, 200-бальної). Це відкрило перспективи застосування формули американського психолога В. Джеймса (William James) для визначення показника СО тих, хто навчається [297]:

$$CO = \frac{Успіх \text{ РНД} / \text{РАО}}{\text{РД}}. \quad (1.47)$$

Детальний розгляд рекомендацій щодо реалізації формули В. Джеймса (вираз 1.47) поданий нами в підрозділі 3.3.

Отже, на виникнення синергетичного ефекту в процесі розвитку АО має вказувати:

- динаміка зміни ОНД відповідно до визначеного ланцюжка (вираз 1.46);
- збільшення РД, супроводжене адекватністю СО;
- одночасне спостережена динаміка зміни ОНД і збільшення РД, супроводжене адекватністю СО.

Наведене вище було покладене в основу розроблення особистісно-орієнтованого алгоритму управління розвитком АО, реалізація якого призводить до синергетичного ефекту. Відповідні результати подані в підрозділі 3.4.

1.4. Прапори катастроф як індикатори виникнення синергетичного ефекту

Отже, теорія катастроф дає змогу прогнозувати ситуаційні зміни, що стосуються як самого досліджуваного об'єкта (розвиток у часі рівня АО), так і поведінки всієї системи. Ця теорія особливо придатна для випадків, що характеризуються різкими змінами поведінки чи несплавними (стрибкоподібними) переходами. Причому забезпечується можливість прогнозування не кількісного протікання різноманітних процесів. Детальний розгляд теорії катастроф і її моделі подані в працях Т. Постона і Й. Стьюарта (Tim Poston & Ian Stewart) [215], Р. Гілмора [67], В. Арнольда [14] та ін.

Застосування теорії катастроф для знаходження причин виникнення синергетичного ефекту в навчанні, особливо точки біфуркації зазвичай обмежується описом геометричних характеристик моделі. Математичне подання досліджуваної події відповідає точці в моделі системи з входом – виходом, де невеличкі зміни параметрів входу можуть привести до великих змін на виході. Графічне відображення ілюструє природу події, що розглядається, і містить інформацію про причини виникнення цієї події та її впливу на інші параметри системи.

Сама «катастрофа» може бути поданою як стрибок з одного стану в інший, що й відповідає виникненню синергетичного ефекту, якщо досягнутий РАО зазнає, як нами було обґрунтовано вище, чи якісних або кількісних змін, чи і тих, і тих одночасно. Головною її характеристикою в такому випадку є

те, що перехід системи з початкового стану до іншого (більш значущого) охоплює досить незначний проміжок часу в порівнянні з тривалістю «стійкого» стану, коли, наприклад, у тих, хто навчається, накопичується певний потенціал ЗУН і здійснюється перехід у точку біфуркації.

Концептуалізувати «катастрофу» можна шляхом розгляду моделюючої системи, що складається з кульки, яка під впливом сили ваги повільно перекочується в контейнері від однієї його стінки до іншої при нахилі цього контейнера в різні боки. У такому разі параметром входу є кут нахилу контейнера, а параметром виходу – положення кульки всередині контейнера. Рисунок 1.11 ілюструє розглянуту однорозмірну модель. Розглядаючи цей рисунок, зауважимо, що спостерігається один випадок «катастрофи», що відповідає положенню другої кульки. У цій точці кулька ще балансує в положенні у правій стінки контейнера, але ж може впасти вліво.

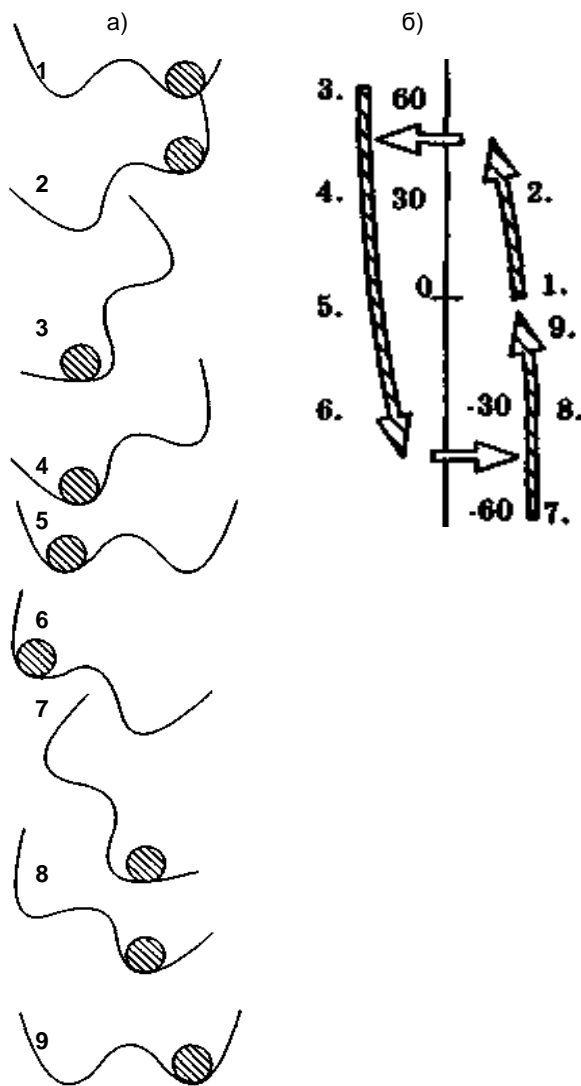


Рис. 1.11. Однорозмірна модель катастрофи: а) положення кульки; б) кут нахилу контейнера

Якщо кулька розташована точно в цій точці, то мінімальний нахил контейнера може привести до великого зсуву кульки. Так названа «симетрична катастрофа» може мати місце, якщо кулька розташована в положенні б. «Катастрофа» в цій системі є наслідком дії одного параметру, тобто спостерігається лише одна керована змінна, а саме – нахил контейнера.

Важливою особливістю системи, що розглядається, є те, що вихідний параметр визначається механізмом (в цьому випадку – сила ваги, що діє на кульку), який дозволяє кульці займати найнижче положення з урахуванням обмежуючих чинників (у цьому випадку – стінки контейнера).

Можна також графічно ілюструвати катастрофу шляхом показу стійких станів за допомогою ряду точок, ліній і поверхонь. На рисунку 1.12 подано поведінку системи, що залежить від двох контрольованих чинників [67]. Тут розглянуто трирозмірну криволінійну поверхню зі складкою. Рівноважні стани всередині цього графіка характеризуються точками на поверхні. Нижня частина складки уявляється як нестійкий максимум, тоді як границя – напівстійкі точки перегину.

Отже, модальна поведінка системи також залежить від змін умов функціонування системи у часі. Зони (а) і (б) на рисунку 1.12 є потенційно стійкими стінками, а затінена зона постає як нестійка недоступна зона. Плавний перехід точки на поверхні відносно змін керуючих факторів різко порушується за рахунок можливості переривчатої зміни, що відбувається, хвртка досягає границі складки поверхні. Вкажемо, що зміни контролюючого чинника 1 або 2 в результаті можуть привести до переміщення точки поперек цієї складки. Це переміщення й є «катастрофою».

Динамічний характер НВП, його багатогранність у загальному випадку є складною функцією ризиків¹² ситуаційних чинників і латентних умов, що діють у конкретний момент часу. Обидва ці параметри створюють часовий і просторовий елемент стану системи, тобто накопичений потенціал АО. Модель схованих ЗУН (чи схованих переваг організації та проведення НВП), що призводить до синергетичного ефекту, наноситься на просторову модель, подану на рисунку 1.12 (а), щоб показати нестабільність, що створюється за комбінованого впливу активних дій з розвитку АО в тих, хто навчається, або чинників управління.

Наведене ілюструє контрольований фактор 1, а латентні умови – контрольований фактор 2. Ще раз зазначимо, що в контексті наших досліджень «катастрофічні» наслідки є суттю виникнення синергії в навчанні.

У моделі, що розглядається, активні надбання в організації НВП (супроводжувані застосуванням сучасних ІТ) розглядають як параметри

12 У контексті наших досліджень під ризиком будемо розуміти можливість настання небажаної ситуації (результату) у навчанні

всередині ситуативних чинників. Зміни усередині моделі катастроф, що супроводжуються послідовним і певним чином повільним накопиченням знаннєвого потенціалу, будуть призводити до більш позитивного з позицій досягнення БКР навчання ситуативного чинника. Ці активні зрушення можуть виконувати функції включення в дію латентних чинників, що призводить до ряду наслідків з можливими суттєвими покращеннями в функціонуванні системи навчання.

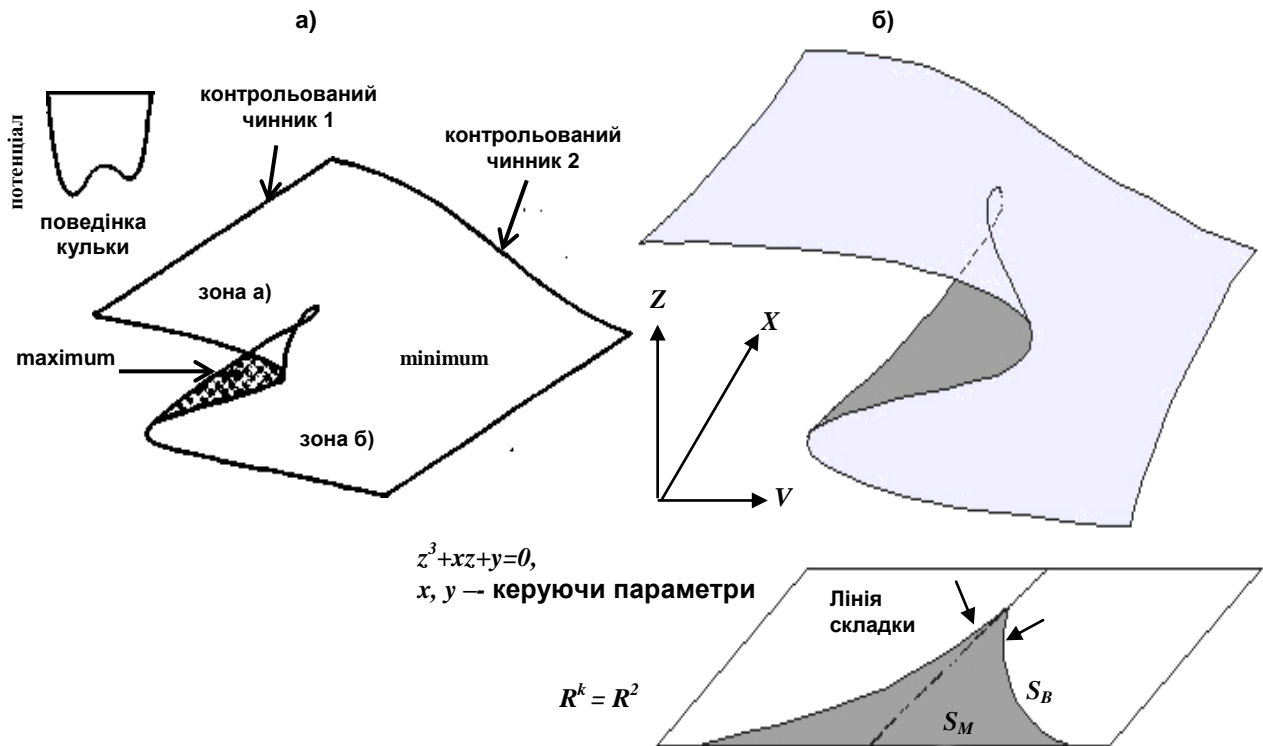


Рис. 1.12. Загальна модель катастрофи [67]

Природно, що чинник виникнення «катастрофи», а отже, і синергетичного ефекту, зростає за комбінованого впливу ситуаційних і систематичних чинників (сучасних інноваційних технологій навчання і його методологічного забезпечення), які створюють нестійкі умови та сприяють як позитивним повільним зрушенням у досягненні БКР, так і стрибкоподібним (виникнення синергетичного ефекту). Також вкажемо і теоретично можливі негативні (гальмування навчання) катастрофічні наслідки. Причому зазначимо, що існують ознаки, що дають змогу визначити наявність катастрофи за деякими непрямими ознаками, які К. Зіман (Christopher Zeeman) назвав «прапорами» [67; 215]. Таким чином, завдання дослідження цього підрозділу полягає в їх адаптації для етіології виникнення «катастрофи» як показника синергетичного ефекту в навчанні.

Сьогодні відомі вісім «прапорів» катастроф:

- 1) модальність;
- 2) недосяжність;

- 3) катастрофічні стрибки;
- 4) розбіжність;
- 5) гістерезис;
- 6) розбіжність лінійного відгуку;
- 7) критичне уповільнення / зм'якшення моди;
- 8) аномальна дисперсія.

Перші п'ять з них завжди зустрічаються разом і з'являються, коли фізичні керівні параметри можуть змінюватися всередині деякої області простору керівних параметрів, у якій відповідна потенційна функція має більш ніж один мінімум, за винятком гістерезису, що не може мати місця, якщо поведінка системи підкоряється принципіві Максвелла [67]. Інші три прапори можуть зустрічатися навіть тоді, коли потенційна функція не має кратних мінімумів.

Вкажемо, що як тільки один із перелічених вище прапорів був зафіксований, тобто буде встановлена ознака, що свідчить про наявність катастрофи, що керівні параметри можна змінювати так, щоб стало можливим знайти інші прапори, які обов'язково мають виявити себе за відповідних умов.

Хоча катастрофи виявляються під час якісних досліджень рівнянь, проте існує ефект зворотного зв'язку, що іноді дає змогу отримати якісні наслідки навіть тоді, коли ми не знаємо самих рівнянь, але ж за умови, що ми спроможні установити наявність і тип катастрофи. Розглянемо більш детально «прапори» катастроф.

1. *Модальність.* Фізична система може мати два або більше різних фізичних стани. Ідеться про те, що потенційна функція, яка описує систему, має більш ніж один локальний мінімум у деякому просторі зміни зовнішніх керівних параметрів.

2. *Недосяжність.* Якщо система знаходиться в стані рівноваги, котрий є морсовським i -сідлом ($i > 0$), то такий стан є хитливим, тому що існують інфінітезимальні збурювання, що приводять до зменшення значення потенціалу (рис. 1.13). Усякий раз, коли потенційна функція має більш ніж один локальний мінімум, вона повинна мати принаймні одне i -сідло ($c > 0$), котре відповідає стану хиткої рівноваги.

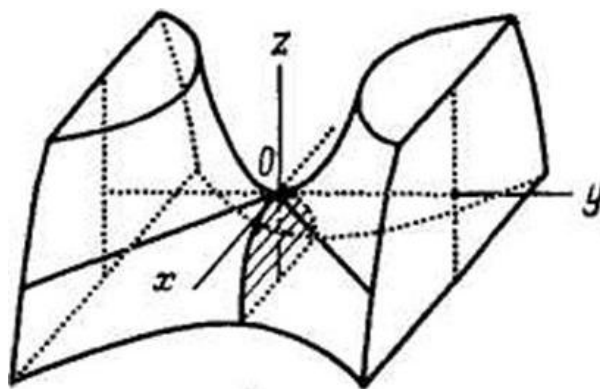


Рис. 1.13. Морсовське сідло

Два шари в області збирання представляють локально стійкі мінімуми, що розділені серединним недосяжним шаром, який представляє нестійкі локальні максимуми.

3. *Катастрофічні стрибки.* Незалежно від того, чи використовується принцип Максвелла, чи принцип максимального зволікання, малі зміни керівних параметрів можуть викликати значні зміни (так званий катастрофічний стрибок) у значеннях перемінних стану за мірою того, як система перескакує з одного локального мінімуму в інший. Якщо прийнято принцип Максвелла, то цей несподіваний стрибок супроводжується плавною, але недиференційованою зміною значень потенціалу. Якщо прийнято принцип максимального зволікання, то стрибок з одного зникаючого локального мінімуму в глобальний або деякий інший локальний мінімум супроводжується дискретною зміною значення потенціалу. Перехід з області одного локального мінімуму в іншій виявляє себе в значній зміні значення перемінної стану, що часто відбувається у понадшвидкій часовій шкалі.

4. *Розбіжність.* Кінцеві зміни в значеннях керівних параметрів приводять до кінцевих змін у значеннях перемінних стану в точці рівноваги. Зазвичай малі збурювання у вихідних значеннях керуючих параметрів ведуть лише до невеликої зміни початкових і кінцевих значень перемінних стану. Однак в околиці неморсовської критичної точки малі зміни початкових значень перемінних стану можуть привести до значних змін кінцевих значень цих перемінних. Нестійкість фізичного процесу при збурюваннях у траєкторії керуючих параметрів називається розбіжністю.

5. *Гістерезис.* Гістерезис має місце, коли фізичний процес не є цілком оборотним, тобто над тією самою точкою простору керівних параметрів стрибок із локального мінімуму 1 в локальний мінімум 2 може і не відбутися, тоді як стрибок з локального мінімуму 2 у локальний мінімум 1 мав місце. Гістерезис не виникає, якщо прийнято принцип Максвелла.

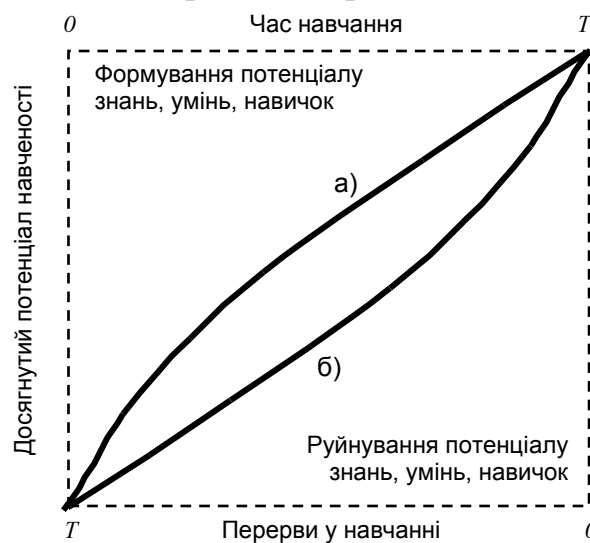


Рис. 1.14. Ілюстрація простого гістерезису у процесах розвитку / руйнації навчального потенціалу:
а) формування потенціалу; б) руйнація потенціалу

Гістерезис у НВП можна проілюструвати на прикладі формування потенціалу ЗУН (рис. 1.14, а), а також його руйнування за умов відсутності навчання / перерв (рис. 1.14, б).

Наведена формування / руйнація може бути описана, наприклад, не лише однією експонентою, декількома експонентами, тобто бути багатокроковим (багатоетапним), що відображають відповідно рисунку 1.15 (а) і (б).

Таким чином, з огляду на подані теоретичні результати аналізу процесів передбачуваного розвитку / руйнації навчального потенціалу в тих, хто навчається, можна дійти висновку про існування у НВП простого (рис. 1.14) і складного, багатоетапного (рис. 1.15) гістерезису. Причому варто звернути увагу на необхідність обґрунтування кількості етапів формування / руйнації РНД.

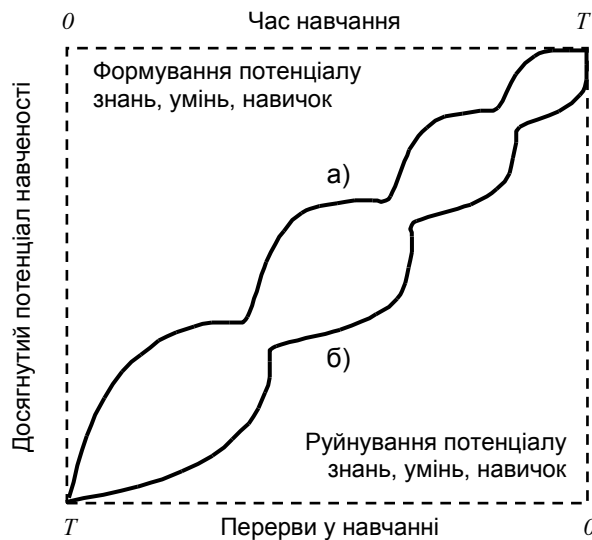


Рис. 1.15. Ілюстрація складного гістерезису в процесах розвитку / руйнації навчального потенціалу:
а) формування потенціалу; б) руйнація потенціалу

6. *Розбіжність лінійного відгуку.* Якщо відбуваються невеликі зміни значень керуючих параметрів ($c \rightarrow c^o + \delta c^o$), то положення точки рівноваги також буде дещо змінюватися ($x \rightarrow x^o + \delta x^o$). Зв'язок між відгуком рівноваги та зміною в керуванні може бути отримано шляхом розкладання $V_{x;c}$ в ряд Тейлора за ступенями $(x - x^o)$, $(c - c^o)$ і наступного видалення всіх (за винятком лінійних) членів $\nabla v = 0$. Тоді лінійний відгук визначається як:

$$\delta x_j^o = - V^{-1}{}^{jk} \cdot V_{k\alpha} \cdot \delta c_\alpha^o = \chi_{j\alpha} \cdot x^o; c^o \cdot \delta c_\alpha^o. \quad (1.48)$$

Лінійний відгук δx_j^o на зміну δc_α^o визначається за допомогою так званого тензора сприйнятливості $\chi_{j\alpha}$, що виражається через другі похідні потенційної функції, узяті в стійкому стані рівноваги.

За наближення стану рівноваги до неморсовської критичної точки

($\det V_{ij} \rightarrow 0$) деякі елементи в матриці v^{-1} з (вираз 1.48) стають занадто великими за величиною. Це означає, що функція лінійного відгуку χ_{ja} розходиться при наближенні до виродженої критичної точки.

7. *Критичне уповільнення / зм'якшення моди.* Якщо динамічні явища в системі згодом загасають, то досягається рівень апроксимації, за якого залежно від характеру динамічного стану системи вона може бути або градієнтною динамічною, або градієнтною ньютонівською системою, причому й у тому і в іншому випадку вона буде мати власні прапори катастроф.

Для градієнтної динамічної системи при підході до біфуркаційної множини $\det V_{ij} \rightarrow 0$ так, що одне або більше власних значень матриці прагне до нуля. Час релаксації відповідних коливань зростає. Тобто, при підході до неморсовської критичної точки для (принаймні) однієї з мод стає все сутужніше релаксуватися до нуля. Подовження шкали часу релаксації називають критичним уповільненням. Для градієнтної ньютонівської системи при підході до біфуркаційної множини $\det V_{ij} \rightarrow 0$ одна або більше частот коливань ω_j прагне до 0. Зменшення частоти коливання для визначених мод і є зм'якшенням моди.

8. *Аномальна дисперсія.* Фізична система може бути задана скоріше за допомогою імовірності $P(x)$, що визначена над простором перемінні стану, ніж за допомогою ізолюваної точки («розподілу») в просторі перемінних стану. Така система характеризується моментами функції розподілу. Якщо така фізична система асоціюється з потенційною функцією $V(x; c)$, що задана над простором R^n перемінних функцій стану x і залежної від керівних параметрів $c \in R^k$, то незалежна від часу імовірнісна функція розподілу часто зв'язана з потенційною функцією простою експонентою:

$$P(x; c) = N \cdot e^{-\frac{V(x; c)}{D}}, \quad (1.49)$$

де N – константа нормалізації;

D – позитивна константа дифузії.

Зазвичай, D – мала. Тоді виділяється найглибший мінімум $V(x; c)$. Якщо найглибший мінімум є морсовською критичною точкою в $x = x^0$, то

$$P(x; c) \cong N \cdot e^{-V_{ij} \frac{x-x^0 \cdot x-x^0}{D}}. \quad (1.50)$$

Коли потенціал V в околиці точки x^0 приведений до канонічного вигляду, то дисперсія в цій критичній точці може бути обчислена за формулою:

$$\langle \Delta x_i, \Delta x_j \rangle = \frac{1}{2} \delta_{ij} \frac{D}{\lambda_i}. \quad (1.51)$$

Оскільки D є малим, то й дисперсія відповідно також мала, якщо лише одне з власних значень матриці V_{ij} не є малим. Це означає, що в деяких випадках дисперсія в околиці неморсовської критичної точки може бути великою («аномальною»).

Так, Р. Тома (R. Thom) запропонував звести всі функції катастроф до елементарних катастроф такого вигляду:

$$Cat\ l, k = CG\ l + Pert\ l, k \quad (1.52)$$

де l – розмірність нульового простору V_{ij} в неморсовській критичній точці;
 k – кількість керівних параметрів.

Функцію $Cat\ l, k$ вигляду 1.52 й називають *функцією катастрофи*, або просто *катастрофою*. Таким чином, функція катастрофи дорівнює сумі функцій паростка катастрофи і її збурювань $Pert\ l, k$.

Функцію $CG\ t$ називають *паростком катастрофи*. Якщо x^0 – неморсовська критична точка потенційної функції сімейства $V_{x,c}$ при $c = c^0$, то у відкритій околиці точки (x^0, c^0) простору $R^n \otimes R^k$:

$$V = Cat\ l, k + \sum_{j=l+1}^n \lambda_j c \cdot y_j^2. \quad (1.53)$$

Таким чином, паросток катастрофи $CG\ t$ є неморсовською функцією l – перемінних.

Збурювання не впливають на якісний характер поведінки функції навколо некритичної або морсовської критичної точок. У першому випадку незначно змінюється величина та напрямок градієнта функції, а в останньому – злегка зміщується критична точка та змінюється критичне значення функції, але тип морсовського сідла в цій точці залишається без зміни. У тих випадках, коли сімейство функцій містить члени з неморсовською критичною точкою, можна знайти таку координатну систему, що розщеплює цю функцію на «погану» неморсовську і «гарну» морсовську частини. Цей результат вірний і для сімейств функцій, близьких до розглянутого неморсовської функції. Завжди можна знайти деяку координатну систему, у якій обурена функція розщеплюється на дві частини, причому кожна з них може бути вивчена окремо.

При $k \leq 5$ кількість канонічних паростків всього 14. Найчастіше в практиці зустрічається катастрофа типу A_3 , яку назвали на честь властивої їй геометрії *катастрофою зборки* (рис. 1.12, б) [67].

На практиці завжди найважливішим питанням є застосовність того або іншого математичного апарату до конкретної досліджуваної проблеми, що буде зроблено в наступному підрозділі.

Варто зазначити, що про наявність елементарної катастрофи свідчать неморсовські критичні точки в сімействі потенційних функцій, що описують конкретну систему чи явище. Однак, з деяких причин такі точки не можуть бути одразу розпізнані. Наприклад, потенційна функція є занадто складною або точно не відома. Ще гірше, коли система не є навіть градієнтною системою, або, коли навіть немає розуміння щодо виду рівняння, яке належним чином описує систему. Проте катастрофи зустрічаються в реальних ситуаціях, і тому важливо вміти їх розпізнати.

Для окремих ізольованих функцій більшість точок $x \in R^n$ є некритичними, проте якісно глобальна поведінка розглянутої функції цілком визначається ізольованими критичними точками. Водночас для сімейства функцій більшість точок $x \in R_n$ здійснює параметризацію морсовських функцій, але глобальна якісна поведінка сімейства функцій цілком визначається множиною міри нуль у просторі R_n , точки якого параметризують функції з виродженими точками. Ця множина міри нуль, або сепаратриса, називається множиною біфуркації та позначається Φ_M .

Множина Максвелла визначається за допомогою рівнянь Клаузиуса–Клапейрона. Критичні, двічі та тричі вироджені критичні точки катастрофи A_3 визначаються прирівнюванням відповідно першої, другої та третьої похідних $F_{x;a,b}$ нулеві:

$$F_{x;a,b} = \frac{1}{4}x^4 + \frac{1}{2}ax^2 + bx; \quad (1.55)$$

$$x^3 + ax + b = 0; \quad (1.56)$$

$$3x^2 + a = 0; \quad (1.57)$$

$$bx = 0. \quad (1.58)$$

Умова 1.56 виконується в критичних точках; умови 1.56 і 1.57 – у двічі вироджених критичних точках, а умови 1.56–1.58 – у тричі вироджених критичних точках. Зв'язок між керівними параметрами визначається так:

$$\left(\frac{a}{3}\right)^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2 = 0. \quad (1.59)$$

Будь-яка точка простору параметрів $a, b \in R^2$, окрім точок сепаратриси, здійснює параметризацію функції з однієї або трьома ізольованими критичними точками. Графік функції 1.54 всередині області, що має форму зборки, $F_{x;a,b}$, має три ізольовані критичні точки, а поза цією областю – всього одну. На границі функція сімейства має ізольовану критичну точку та

двічі вироджену критичну точку, а на початку координат – тричі вироджену критичну точку. Положення критичних точок знаходиться за допомогою рівняння 1.54, що задає двовимірне різноманіття, у тривимірному просторі з координатними осями $x-a-b$ (рис. 1.12, б).

Рішення рівняння $\nabla F=0$ зображене вкладеним у простір $R^3 = R^1 \otimes R^2$. Проекція цього різноманіття на площину керівних параметрів R^2 є лінією складки. Перекручена лінія складки $\left(\frac{a}{3}\right)^3 + \left(\frac{b}{2}\right)^2 + 0$ в площині керівних параметрів є тінню понадскладочної частини різноманіття.

Штрихова лінія $a < 0, b = 0$ в площині керівних параметрів є множиною Максвела або нелокальною сепаратрисою і слугує границею розділу між функціями, що мають більш глибокий лівосторонній мінімум, і функціями, що мають більш глибокий правобічний мінімум. Критичні значення функції F визначаються шляхом рішення рівняння 1.56 для критичних точок і оцінювання 1.55 у цих критичних точках.

На завершення цього підрозділу ще раз зазначимо, що наявність катастрофи можна визначити лише за наявністю її прапорів.

1.5. Прогнозна модель стрибків переходів на новий рівень академічної обдарованості

1.5.1. Динаміка досліджень у сфері моделювання та прогнозування дидактичних процесів

На сучасному етапі моделювання як один із найбільш актуальних і ефективних методів наукового дослідження широко застосовується в педагогіці. Це надає можливість органічно об'єднати теоретичне й емпіричне пізнання сутності дидактичних явищ, оптимізувати структуру НВП, активізувати пізнавальну діяльність тих, хто навчається, і забезпечити особистісно-орієнтоване навчання тощо. Метод моделювання надає педагогічній науці додаткові можливості математичного опису, а отже, більш ґрунтовного аналізу дидактичних процесів і має значний потенціал [82; 156; 173; 196; 334 та ін.].

Обґрунтування наведеного вище подано у відомій праці В. Михеєва, який наголошує, що «поширення ... моделювання в педагогічних дослідженнях пояснюється різноманіттям його ґносеологічних функцій, що зумовлює вивчення педагогічних явищ і процесів на спеціальному об'єкті – моделі, що є проміжною ланкою між суб'єктом – учителем, дослідником і предметом дослідження, тобто певними властивостями та відношеннями між елементами НВП» [172, с. 5].

Необхідно констатувати, що в контексті ефективного управління НВП особливої актуальності та пріоритетності набувають відповідні прогнозні

моделі [29; 93; 137; 218; 272 та ін.], які сьогодні, на жаль, ще не стали загальноприйнятою педагогічною технологією та викликають необхідність пошуку раціональних підходів до використання традиційних та інноваційних методів прогнозування результатів педагогічної діяльності, як однієї з умов її вдосконалення. Подальшого вивчення та розвитку також потребує проблема створення технологій педагогічного прогнозування [29; 59].

Початок використання формальних підходів у процесі моделювання процесів навчання було покладено науковцем Г. Еббінгаузом (Hermann Ebbinghaus) у дослідженнях людської пам'яті наприкінці XIX століття [44; 263; 340]. Він розробив кількісні методи дослідження процесів запам'ятовування та забування. Матеріалом для запам'ятовування були безглузді склади. Так, Г. Еббінгауз побудував так звану криву забування / збереження, що відображає обсяг безпомилково відтвореної інформації через різні проміжки часу у «відсотках збереження» і постає як графік, що швидко регресує на початкових інтервалах часу, а далі асимптотично наближається до нуля на наступних інтервалах часу.

Приклад однієї з відомих сучасних кривих забування подано на рисунку 1.16.

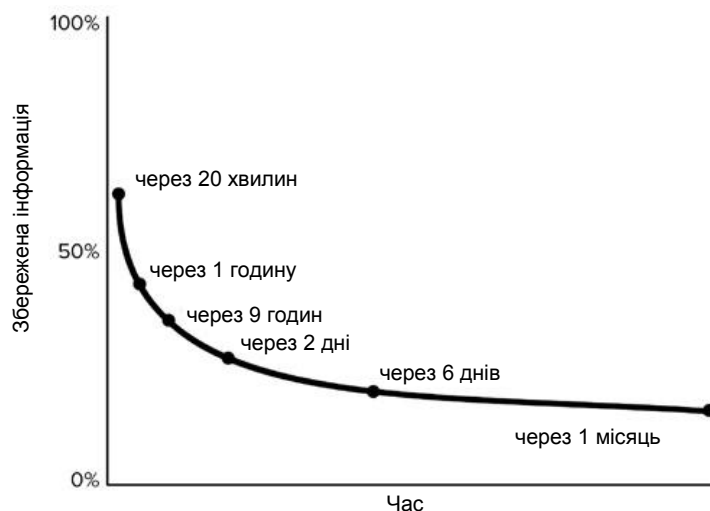


Рис. 1.10. Один із прикладів кривої забування

Фундатор теорії навчання Е. Торндайк (Ed-ward Lee Thorndike) розглядав свідомість як систему зв'язків, що об'єднує ідеї та думки асоціативно. Чим вищий інтелект, тим більшу кількість різноманітних зв'язків він може встановити. Так, Е. Торндайк запропонував два основні закони навчання:

1) «закон вправи», відповідно до якого, чим частіше повторюється якась дія, тим глибше вона відбивається у свідомості.

2) «закон ефекту», який наголошує, що зв'язки у свідомості встановлюються більш успішно, якщо реакція на стимул супроводжується заохоченням.

Для опису значущих асоціацій Е. Торндайк використовував термін «належність»: зв'язки легше встановлюються, коли об'єкти належать один

одному, тобто є взаємозалежними. Навчання полегшується, якщо потрібно заучувати осмислений матеріал. Також науковець сформулював концепцію «поширення ефекту» – готовність опанувати відомості зі сфер знань, які вже знайомі тому, хто навчається. Так, Е. Торндайк експериментально вивчив поширення ефекту з метою визначити, чи впливає опанування однією НД на успішність засвоєння іншої. Наприклад, чи сприяє знання давньогрецької класики підготовці майбутніх інженерів. Виявилось, що позитивна інтерференція знань спостерігається лише в тих випадках, коли сфери знань перетинаються, є дотичними.

Однак навчання одному виду діяльності може заважати опануванню іншим. Йдеться про такий феномен пам'яті, як «проактивне гальмування», яке проявляється як гальмування запам'ятовування під впливом попередньої навчальної діяльності. Це гальмування виявляється тим більш яскраво, чим більше новий матеріал схожий з тим, що був вже опанований. З іншого боку, новий опанований матеріал іноді може й зруйнувати якийсь вивчений матеріал, що вважається «ретроактивним гальмуванням». Наведені вище два види гальмування є предметом теорії інтерференції при запам'ятовуванні інформації. Забування певного матеріалу пов'язане не лише з протіканням часу, а й з впливом інших видів діяльності [291; 352].

На початку 1900-х рр. російській фізіолог І. Павлов провів серію дослідів на собаках і продемонстрував механізм умовного рефлексу. Голодний собака, побачивши їжу, виділяв слину. Паралельно під час кожного годування звучав дзвінок, унаслідок чого слина в собаки виділялася вже навіть лише після дзвінка. Так, тварина вже звикла співвідносити дзвінок з годуванням. Виділення слини як реакція на їжу – це безумовний рефлекс, а як реакція на дзвінок – результат навчання, умовний рефлекс.

Відкриття І. Павлова залишило настільки глибокий слід в психології, що вироблення умовного рефлексу стало майже синонімом навчання. Також вчений виявив, що деякі умовні рефлекси можуть поширюватися й на суміжні сфери (так звана генералізація). З іншого боку, можна розвинути здібності тонкого розрізнення (диференціації) подібних стимулів. Відкриття орієнтовного рефлексу або рефлексу «Що таке?» також є заслугою І. Павлова [198].

Дослідження Е. Торндайка і І. Павлова, з одного боку, підтвердили закон Еббінгауза [49], а з іншого – сприяли виникненню основи для формалізації процесу навчання, де крива забування уявлена за допомогою аналітичної залежності [154; 273].

Аналогічні криві забування були отримані Радославлевичем (1906), Фінкенбіндером (1913), Г. П'єроном (Henri Piéron; 1913), Лу (1922) та Бореасом (Θεόφιλος Βορέας; 1930), які проводили досліди з безглуздими складами [331]. Вчений Дж. Крюгер (Justin Kruger) [345] побудував криву відтворення слів. А Дейвіс та Мур (1935) проводили досліди з осмисленим матеріалом і отримали криву, схожу за формою на криву Еббінгауза, однак рівень збереження інформації в пам'яті при цьому виявився вище [181]. Ряд

подібних аналітичних залежностей було отримано в цей період часу А. Щукаревим [350], Т. Робертсоном [348], Л. Терстоуном (Louis Leon Thurston) [353].

На розвиток монотонних асимптотичних моделей навчання суттєво вплинув К. Халл (Clark Leonard Hull) [49], який ввів змінну, названу «силою навику», і запропонував для неї аналітичну формулу, яка дає змогу прогнозувати результати навчання парним асоціаціям [16].

Теорія навчання Халла – це одна з теорій біхевіоризму¹³. Відповідно до його наукових поглядів, навчання відбувається за рахунок того, що при кожній відповіді виникає підкріплення у вигляді часткового задоволення, тобто «редукції», потреби. Індивід вчиться реагувати певним чином, якщо внаслідок цього зменшується потяг до чогось чи потреба в чомусь.

Згідно з К. Халлом, звичка, що стає дедалі більш міцнішою з кожним наступним підкріпленням, – це основний закон навчання. За відсутності звичок і потреб людина, яка опановує знання, не буде здійснювати жодних дій, оскільки без звички не буде знати, що робити, а без потреб – взагалі залишиться без мотивації до дій. Оскільки жодний із цих розглянутих психодинамічних чинників не спостерігається безпосередньо, К. Халл назвав їх «психічними конструктами», що виступають проміжними змінними між стимулом і відповідною реакцією.

У 1940–50-ті рр. навчання почали розглядати як стохастичний процес. Р. Буш і Ф. Мостеллер (R. R. Bush & F. Mosteller), припустивши, що процес навчання є марковським, побудували так звані стохастичні моделі навчання, а потім інтерпретували моделі Халла і Терстоуна в термінах стохастичних моделей [40; 41]. Приблизно в той самий час В. Естес, К. Берк, Дж. Міллер (George Armitage Miller), У. Мак-Гілл та ін. розробляли подібні стохастичні моделі, які отримали назву «лінійні моделі навчання» [332].

Подальший розвиток стохастичні моделі процесів навчання отримали в роботі Р. Аткинсона, Г. Бауера, Е. Кротерса [16]. В праці [271] на основі ймовірного підходу досліджується тривалість зберігання інформації. Так, А. Свиридов встановив статистичний зв'язок між потоком навчального матеріалу, його засвоєнням і забуванням, зокрема для опису процесу забування застосовуються розподіли Вейбулла, Ерланга і гамма-розподіл [265].

Апроксимація процесів навчання монотонною експоненціальною кривою набула сталих традицій у деяких прикладних галузях психології й ергономіки [31; 46; 86; 276; 314; 326 та ін.].

¹³ Біхевіоризм (англ. *behavior* – поведінка) – це систематичний підхід до вивчення поведінки людей і тварин. Припускає, що вся поведінка складається з рефлексів, реакцій на певні стимули в середовищі, а також таких наслідків індивідуального досвіду (історії), як підкріплення і покарання разом з дійсним мотиваційним станом індивіда та контролюючими стимулами. Хоча біхевіористи усвідомлюють важливу роль, що відіграє спадковість, вони фокусуються на чинниках середовища. Б. поєднує елементи філософії, методології та психологічної теорії.

Однак в низці експериментів було виявлено неспіввідання реального процесу навчання з теоретичною монотонною експонентою. Наприклад, Р. Вудвортс (Robert S. Woodworth) виділяє на кривій навчання початкову, проміжну та кінцеву («плато») [60].

У працях В. Венди [48–50; 285 та ін.] розвивається трансформаційна теорія навчання та відповідні математичні моделі, що базуються на немотонності кривих навчання з «плато» і «стрибками» в рівнях засвоєння. Зокрема Р. Кричевський висунув гіпотезу про те, що після початкового періоду навчання виникає «раптова» навченість і запропонував відповідну стохастичну модель.

Результати розглянутих вище досліджень стали фундаментом для розвитку досліджень у 1970–80-і рр. ХХ ст. з моделювання процесів комп'ютерного навчання в напрямі розробки та реалізації адаптивних алгоритмів функціонування автоматизованих навчаючих систем (АНС): Г. Балл, А. Довгялло, Е. Машбіц [21], В. Габрічідзе [61], Л. Зайцева, Л. Новицький [102; 103], Л. Растрингін, М. Еренштейн [224], Ю. Лобанов, А. Селіванов, В. С'єдин, В. Токарева [168], А. Дринков [91], Е. Пасхін [201], А. Печніков [206] та ін. Адаптація в АНС орієнтується на врахування індивідуальних властивостей учнів і вибір оптимальних параметрів навчального матеріалу, тобто вирішення задачі оптимального навчання.

Подальший розвиток адаптивних АНС призвів наприкінці 1980-х рр. до концепції експертних та інтелектуальних навчальних систем [155; 328]. Такі системи базуються на моделях предметної сфери, самого навченого і процесу навчання.

Далі в 1990-х рр. ця концепція розвивалася на засадах технологій гіпертексту та гіпермедіа. Системи адаптивної гіпермедіа формують індивідуальну модель користувача та застосовують її для адаптації до цього користувача, адаптуючи зміст гіпермедіа-сторінки до рівня знань і цілей користувача, пропонуючи більш прийнятні гіперпосилання для подальшої навігації [338; 339].

На зламі 2000-х рр. ідеї інтелектуалізації автоматизованого навчання і відповідні математичні моделі застосовувалися в системах мережевого навчання [102; 199; 338] та в розробці концепції освітніх порталів тощо [167; 305]. У праці [209] запропоновані математичні моделі для управління процесом розвитку творчих здібностей учнів.

Вкажемо, що загальнотеоретичні основи моделювання також розробляли П. Анохін, М. Амосов, В. Глушков, О. Славін, В. Штоф та ін. Більшість дослідників інформаційної культури сучасних фахівців виокремлюють необхідність спеціального вміння будувати різні моделі (В. Андрущенко, В. Биков, М. Жалдак, М. Левшин та ін.).

Аспекти психологічного моделювання досліджували М. Гамезо, Г. Журавльов, Б. Ломов, В. Рубахін та ін. Конкретно-методичні принципи здійснення педагогічного моделювання в освіті вивчалися В. Лапинський,

М. Вашуленко, Н. Бібік, М. Бурда, Л. Карташова, О. Ляшенко, Ю. Мальований, О. Савченко та ін.

Моделювальну діяльність вчителів у контексті проєктування педагогічних технологій досліджували І. Зязюн, В. Беспалько, В. Скорняк, Т. Титаренко та ін.

Формуванню основ професіоналізму майбутніх вчителів навчальних класів у процесі моделювання педагогічних ситуацій присвячена праця Л. Красюк [148]. Формування в молодших учнів уміння моделювати відображено в дослідженнях О. Карпенка та М. Левшина.

Стосовно ергономіки – науки, що охоплює, зокрема процеси ПП операторів різного профілю, вважається, що одним із найбільш ефективних видів організації цієї ПП є вибір такої її моделі, яка має всі риси, що адекватні модельованій професійній діяльності та потрібні для розвитку потрібних ЗУН [314]. Ефективність такого моделювання для цивільної авіації переконливо підтверджують актуальні й досі результати досліджень Генерального конструктора О. Антонова, що були отримані ним понад 40 років тому. Ним було встановлено, що лише ергономічне моделювання під час проєктування сучасних повітряних суден різних класів дає змогу [11]:

- зменшити навантаження льотних екіпажів на 20–40 %;
- збільшити відносний час, що мають льотні екіпажі для пілотування повітряних суден за одночасного покращення умов їхньої праці на 30–60 %;
- збільшити оперативну готовність повітряних суден до польотів на 15–20 %;
- зменшити імовірність помилкових дій льотних екіпажів і збільшити надійність їх праці в аварійних ситуаціях;
- оптимізувати процеси ПП льотних екіпажів тощо.

У контексті аналізу прогностичних педагогічних моделей необхідно зазначити правильність застосованого з цією метою А. Макаренком терміну «перспектива».

Так, Ю. Кулюткін та Р. Сухобська, розвиваючи ідеї управління стосовно НВП, підкреслюють, що педагогічна діяльність – це процес рефлексивного управління, який не може здійснюватися без відповідного прогнозування [196].

Зокрема Б. Гершунський вважав, що отримана в результаті прогностичних досліджень випереджувальна інформація є цілеспрямованим засобом передбачення змін в організації, структурі та змісті НВП [64–66]. Наведене є закономірним застосуванням прогностичного підходу в педагогіці, переводячи його зі сфери побажань і теоретичних абстракцій у сферу практичної діяльності. Що дає змогу розглядати відповідні результати в контексті оперативної перебудови діяльності закладів освіти з урахуванням тенденцій, встановлених за результатами педагогічного прогнозування [66; 137; 272].

Нині існує значна кількість різних методів прогнозування, які відрізняються за:

- призначенням;

- видом використаної інформації;
- реалізованими формальними процедурами отримання кількісних оцінок параметрів прогнозних моделей;
- періодом попередження тощо.

Суттєві перспективи для практики прогнозування відкрив новий підхід у математичному моделюванні, який засновано на принципі евристичної самоорганізації (саморегуляції). Підхід було розроблено під керівництвом академіка О. Івахненка та названо методом групового урахування аргументів (МГУА) [109; 110; 111; 113]. Цей метод реалізує систему індуктивних алгоритмів поступового ускладнення прогнозної моделі за правилами багаторядної селекції. Точність моделювання на кожному наступному кроці рекурсії збільшується за рахунок ускладнення моделі. Принцип самоорганізації покладено в основу МГУА. Також його називають евристичною самоорганізацією, оскільки процес будується на застосуванні зовнішніх доповнень, які обираються евристично [90; 112; 137].

Привабливість МГУА для педагогіки полягає в можливості оперувати під час його застосування мультипараметричною інформацією.

З огляду на аналіз наукових джерел, можна дійти висновку, що МГУА маловідомий фахівцям і науковцям педагогічного профілю, тому розглянемо його більш детально.

Отже, нехай отримано дані спостережень за певними педагогічними явищами \bar{x}, y . Потрібно побудувати найкращу в певному сенсі модель $Y(x_1, x_2, \dots, x_n)$. Для цього потрібно зробити наступне.

1. Обрається загальний вид розглядуваних моделей, так звані опорні функції. Для цього часто застосовується поліном Колмогорова–Габора:

$$Y(x_1, x_2, \dots, x_n) = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i x_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=i}^n a_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^n \sum_{j=i}^n \sum_{k=j}^n a_{ijk} x_i x_j x_k + \dots \quad (1.60)$$

Вибір поліномів зумовлений тією властивістю, що відповідно до теореми Вєрштрасса будь-яку безперервну на кінцевому інтервалі функцію можна з наскільки завгодно високою точністю подати у вигляді поліному певного ступеня. Складність моделі в такому випадку визначається кількістю коефіцієнтів $a_{ij} \dots$.

2. За допомогою застосування опорних функцій будуються різні варіанти моделей для деяких або всіх аргументів. Наприклад:

- поліном з однією змінною;
- поліном зі всілякими парами змінних;
- поліном зі всілякими трійками змінних тощо;
- поліном з усіма змінними.

Для кожної моделі методом регресійного аналізу визначаються її коефіцієнти $a_{ij\dots k}$...

3. З усіх моделей обираються декілька (від 2 до 10) найкращих. Якість моделей визначається або коефіцієнтом детермінації, або середньоквадратичним відхиленням (СКВ) похибки, або кореляції y і початкових даних.

4. Якщо знайдено достатньо «хорошу» модель чи досягнуто максимально допустимої складності моделей, то алгоритм закінчується.

5. Інакше кажучи, моделі, знайдені на третьому кроці, застосовуються як аргументи x_1, x_2, \dots, x_n для опорних функцій наступного етапу ітерації (перехід на 2-й пункт), тобто вже знайдені моделі застосовуються для побудови більш складних.

Зазвичай ступінь полінома опорної функції обирається не вище за $N-1$, де N – кількість точок вибірки. Часто зустрічаються випадки, коли достатньо застосувати в ролі опорних функцій поліноми другого ступеня. Тоді на кожному кроці ітерації ступінь результуючого поліному подвоюється.

Замість поліному Колмогорова–Габора можна застосувати ряди Фур'є. Це має сенс, якщо в початкових даних спостерігається періодичність. Отримана таким чином модель буде полігармонічною.

Часто вихідну вибірку розбивають на дві підвибірки A і B . Підвибірку A застосовують коефіцієнтів моделі, а підвибірку B – для визначення якості (коефіцієнта детермінації) або СКВ. Причому співвідношення кількості даних в обох вибірках може бути як 50 на 50, так і 60 на 40.

Статистика вказує, що з кожним наступним кроком ітерації зменшується СКВ. Однак, після досягнення певного рівня складності, що залежить від характеру та кількості даних, а також загального виду побудованої моделі, СКВ починає зростати.

За допомогою методів, які засновані на припущеннях щодо класу вирішальних функцій (еволюційних та градієнтних), можна будувати моделі високої складності та отримувати досить вірогідні та практично значущі результати. Окрім того, досягненню практичних цілей прогнозування в цьому випадку не сприяє витягання нових знань про природу об'єктів, що ідентифікуються. Однак така можливість, зокрема виявлення знань про закономірності атрибутів (ознак) обмежена структурою такої взаємодії, зафіксованої в обраній формі вирішальних функцій.

Таким чином, максимум, якого можна досягти після побудови певної діагностичної функції, – це перерахувати ознаки та їхні комбінації, що увійшли в підсумкову модель. Однак сенс комбінацій, які відображають природу та структуру поділу досліджуваних об'єктів, часто залишається нерозкритим у межах застосування МГУА.

Отримання прогнозної імітаційної моделі можна, наприклад, здійснити й методами прикладної теорії інформації, зокрема за допомогою застосування

теоретичних основ інформаційних ланцюгів, розроблених професором О. Денисовим [57; 83–85]. Підкреслюючи оригінальність відповідного підходу, що визначив процес професійної підготовки (ПП) як такий, що періодично сходиться, вкажемо на ще один спосіб удосконалення цілеспрямованих, організаційних та активних навчальних авіаційних систем керування. Йдеться про застосування інформаційних ланцюгів у моделюванні колективних процесів прийняття рішень (ПР) і закономірностей формування ЗУН [74; 225; 242; 329].

Також вважаємо, що методи прогнозування кількісних характеристик випадкових процесів ще не цілком себе вичерпали і можуть бути з урахуванням результатів досліджень [128; 226; 228; 236; 245 та ін.] застосовані для прогнозування індивідуальних показників АО, що й проілюстровано в пунктах 1.5.2 і 1.5.3.

Завершуючи загальний аналіз сучасних досліджень із проблем педагогічного моделювання і прогнозування, варто констатувати все ж обмежену вирішеність питань кваліметрії відповідних показників, ознак і характеристик НВП [121; 123; 127].

1.5.2. Особливості макро- і мікронісходу до опису і прогнозування результатів навчання

На засадах здійсненого вище аналізу сучасних досліджень у сфері моделювання та прогнозування дидактичних процесів, необхідно констатувати, що неможливо розробити одну універсальну модель, яка б охопила досліджувані проблеми організації, управління та вдосконалення НВП, з яскраво вираженою кваліметричною складовою. Тому з урахуванням того, що процеси формування ЗУН під час навчання є випадковими (стохастичними), метою цього пункту є розроблення відповідної прогнозної моделі РАО за кваліметричними показниками якості навчання.

Отже, приймаємо, що під час навчання фіксується набутий РАО учнів за m НД, які вони мають опанувати відповідно до навчального плану. Будемо вважати, що педагогічний контроль набутих РАО з кожної НД відбувається за допомогою об'єктивного тестового контролю (ОТК), що надає можливість отримати відповідні кількісні показники, виміряні за 100-бальною шкалою та зручні для математичного аналізу [57; 121; 125; 172 та ін.]. За умов відсутності ОТК, використовуючи рекомендації праць [121; 219; 238; 239; 241; 251; 253], нескладно здійснити дефазифікацію оцінок бальних шкал (наприклад, 12-бальної), поставивши їм у відповідність коефіцієнти бажаності (пріоритетності, вагомості, значущості), що є «зваженими», тобто кількісно вимірюються в унікальній за властивостями абсолютній шкалі розмірністю $0,1$ [68; 121; 172]. Загальну схему проведення такого роду дефазифікації подана на рисунку 1.17, де \tilde{r}_i – умовна позначка i -ї ($i = \overline{1, n}$) якісної

(лінгвістичної) оцінки шкали; $C_{\tilde{R}_i}$ – цінність (бажаність, привабливість) цієї оцінки; n – розмірність шкали.



Рис. 1.17. Загальна схема дефазифікації якісних оцінок бальних шкал

Для зручності подальших міркувань вводимо такі показники:

$$A_i^2 = \bar{Y}_i^2 t + \sigma_i^2 t = Y_{i0}^2 + E_i^2 t, \quad (1.61)$$

де $\bar{Y}_i t$ – усереднене значення РАО тих, хто навчається, набутих з i -ї НД після її вивчення впродовж t год, передбачених чинним навчальним планом;

Y_{i0} – задане «нормативне (прохідне, бажане тощо)» значення РАО з i -ї НД, що контролюється. Може дорівнювати «прохідному» чи будь-якому іншому заздалегідь обґрунтованому балу прийнятої шкали;

$E_i t$ – погрішність дотримання учнями i -го заданого («нормативного») значення РАО з певної НД після t год навчання:

$$E_i t = \sqrt{\bar{Y}_i^2 + \sigma^2 t - Y_{i0}^2}. \quad (1.62)$$

де $\sigma^2 t$ – дисперсія набутих РАО.

Тоді:

$$a_i = \| E_i 1, E_i 2, \dots, E_i t, \dots, E_i T \| \quad (1.63)$$

– це позначка вектора-рядка, що характеризує кількісну оцінку динаміки (точності) розвитку РАО / РНД з певної i -ї контрольованої НД у процесі навчання.

Подамо $E_i t$ у вигляді [68; 228; 236; 241; 245; 317; 325 та ін.]:

$$E_i t = \bar{E}_i t + \varepsilon_i t, \quad (1.64)$$

де $\bar{E}_i t$ – детермінована не випадкова компонента (тренд¹⁴), тобто основна (істинна) тенденція процесу формування потенціалу ЗУН і забезпечення знаходження РАО з i -ї НД у заданих межах після t год опанування нею учнями,

$\varepsilon_i t$ – стохастична компонента, що відображає випадкові коливання чи шуми процесу навчання та розподілена нормально відносно $\bar{E}_i t$.

Динаміку розвитку РАО через ЗУН у процесі навчання визначає така транспонована матриця:

$$A = \| a_1, a_2, \dots, a_m \|^T. \quad (1.65)$$

Таким чином, отримано модель навчання, де стан досягнутого РАО фіксується за виконання умов і правил, сформульованих у працях [31; 193; 228; 236; 245; 283; 326 та ін.]. Дотримання цих умов і правил дає змогу розглядати НВП, як безперервний. І оскільки процеси управління НВП є стохастичними, то можна говорити про безперервний випадковий процес [226; 317]. Тоді оцінювання динаміки формування ЗУН учнів можна здійснювати за допомогою детального аналізу кожного елемента a_i матриці A . Причому тренд $\bar{E}_i t$ і адитивна помилка $\varepsilon_i t$ визначаються будь-яким функціональним механізмом, що характеризує їхню поведінку в часі. Тому задача прогнозу полягає у визначенні виду функції екстраполяції $\bar{E}_i t$ і помилки $\varepsilon_i t$ на основі емпіричних даних.

Першим етапом екстраполяції $\bar{E}_i t$ є вибір оптимального фільтра функції екстраполяції, що описує емпіричний ряд. Для цього здійснюється попереднє оброблення та перетворення показників ЗУН для подальшого вибору виду тренду, що має відбутися за допомогою:

- згладжування та вирівнювання експериментальних функцій;
- визначення функцій диференціального зростання / убування, що вказує на раціональну / нераціональну організацію та проведення НВП;

Описуються різними рівняннями – лінійними, логарифмічними, ступеневими тощо. Фактичний тип тренда встановлюють на основі підбору його функціональної моделі статистичними методами або згладжуванням вихідного часового ряду;

- формального чи логічного аналізу особливостей процесу навчання.

Наступним етапом є розрахунок параметрів екстраполяційної функції [223; 228; 236; 245; 325 та ін.].

Завдання формування моделі НВП і прогнозування РАО учнів може розв'язуватися, відповідно до результатів досліджень [50; 186; 193; 226; 326 та ін.], з позицій макро- і мікропідходу.

За застосування макропідходу вивчаються особливості розвитку ЗУН, що

14 Тренд (англ. *trend* – тенденція) – основна тенденція зміни чого-небудь.

описуються в параметрах (термінах) результатів діяльності, враховують величини і характер керуючих впливів. Мікропідхід передбачає детальне вивчення всіх модифікацій станів образно-понятійної моделі процесу навчання. Причому застосовуються два способи отримання математичних моделей навчання і ПП [31; 46; 48; 50; 54; 86; 128; 186; 223; 228; 245; 285; 317; 326 та ін.]:

– експериментальний, коли результати контролю навчання і ПП апроксимуються підходящою аналітичною функцією;

– отримання аналітичних залежностей теоретичним шляхом на основі відомої теорії, що задовольняє психологічне, дидактичне і математичне уявлення щодо процесів навчання і ПП.

Формалізація процесів навчання і ПП з позицій макропідходу здійснюється, спираючись на математичний апарат, який було запропоновано академіком В. Трапезниковим для опису деяких закономірностей функціонування складних систем керування. Це відкрило перспективи для опису процесів формування і руйнування ЗУН операторів різного профілю за допомогою різних нелінійних кривих (рис. 1.18, а і б).

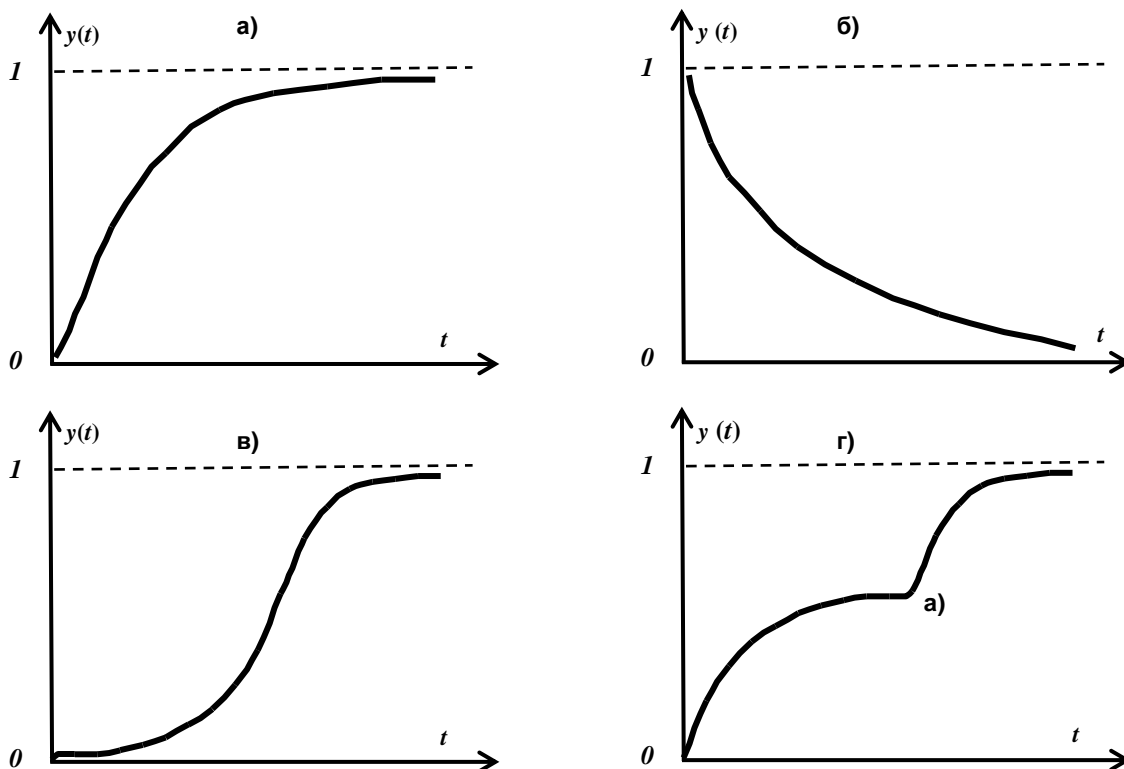


Рис. 1.18. Нормовані нелінійні криві формування і руйнування знань, умінь, навичок:

- а) зростаюча експонента; б) експонента, що убуває експонента;
 в) зростаюча крива з точкою перегину; г) зростаюча крива з плато

Зрозуміло, що чим більш складною є діяльність, тим складніші мають бути навички та вміння, які потрібні для ефективного її виконання; тим частіше в процесі навчання та ПП виникає необхідність заміни стратегії й тактики поведінки; тим яскравіше виражено коливальний характер кривої навчання [74; 254]. Однак для відносно простих дій вона може мати монотонний характер, описуваний експонентою.

Недоліком кривих на рисунку 1.18 (а, б) варто вважати неможливість індивідуальної їх настройки та прогнозування стрибків (кількісно-якісних переходів, що визначають прояв синергетичного ефекту) у процесах навчання і ПП. Тобто, ці моделі, забезпечуючи прогнозування групових закономірностей формування ЗУН, що описуються, переважно експоненціальною залежністю, не враховують індивідуальних особливостей тих, хто навчається. З аналізу класичних моделей процесу навчання випливає [186], що вони не відповідають цій вимозі, тому не можуть бути застосовані для оптимізації цілеспрямованого, організаційного й активного особистісно-орієнтованого НВП.

Однак, потрібно зауважити, що якщо йдеться про тих, хто навчається, які мають високий рівень розвитку АО, то можуть бути корисними саме експоненціальні описи відповідних залежностей.

У сучасній психології спостерігається тенденція переходу до більш детального та всебічного розгляду закономірностей процесу навчання і ПП, що призвело до необхідності врахування його коливального характеру та стрибків, вивчення впливу індивідуальних здібностей тих, хто навчається, ступеня складності й умов виконання навчальних і тренувальних вправ тощо.

У контексті вищенаведеного незвичайно цікавим є пропозиції В. Венди, названі ним «трансформаційною теорією навчання (ТТН)», що також відображає діалектичний гегелівський закон переходу кількісних змін в якісні [28; 50; 285], на кшталт того, як це ілюструє рис. 1.7.

Сутність зазначеної ТТН В. Венди полягає в тому, що коливання показника якості діяльності в процесі навчання і ПП розглядають як закономірний результат послідовної зміни стратегій, тактик та окремих прийомів, завдяки яким виробляється індивідуальний стиль діяльності тих, хто навчається.

Розглянутий підхід добре ілюструють чотири послідовних стадії формування будь-якої операторської навички (рис. 1.19), що формально можна подати так [254; 324]:

Так званий режим синхронного генератора з виразу 1.66 «включається» тоді, коли в учня виникає синергетична властивість онлайн-продувати нові ЗУН за складних ситуацій. Такого роду властивість проявляється, наприклад, під час олімпіад. Особливо важливою вона є для операторів складних систем керування (зокрема, авіаційних), які спроможні долати наслідки таких відмов технічної частини ергатичної системи, непередбачених відповідними нормативними рекомендаціями щодо їх долання [254].

режим компенсації ⇒
 ⇒ переслідування з компенсацією ⇒
 ⇒ оптимального передбачення ⇒
 передвіщання. (1.66)

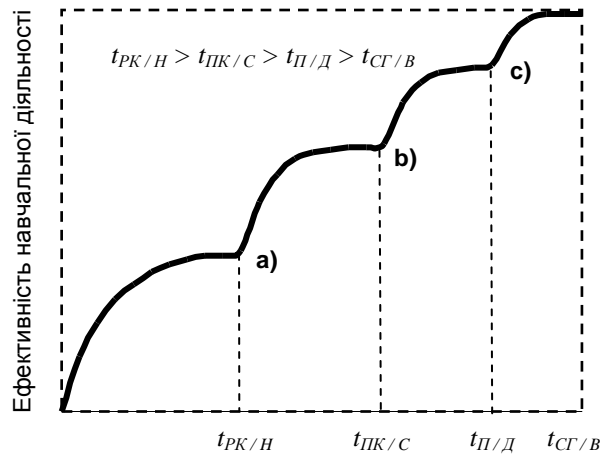


Рис. 1.19. Трансформація знань, умінь навичок у процесі навчання:
 t_{PK} – час, потрібний для досягнення рівня праці у режимі компенсації (низький, початковий рівень академічної обдарованості);
 t_{PK} – переслідування з компенсацією (середній, репродуктивний рівень);
 t_{II} – оптимального передбачення (достатній, конструктивно-варіативний рівень);
 t_{CG} – синхронного генератора (високий, творчий рівень академічної обдарованості)

За аналогією з виразом 1.66 тривіально записується трансформація РАО:

низький рівень академічної обдарованості ⇒
 ⇒ середній рівень академічної обдарованості ⇒
 ⇒ достатній рівень академічної обдарованості ⇒
 ⇒ високий рівень академічної обдарованості. (1.67)

Серед небагатьох наукових праць, які присвячені дослідженням НВП і ПП з позицій саме мікропідходу, варто вказати на модель, що була побудована професором В. Горячевим [74] методами кібернетичних інформаційних ланцюгів професором А. Денисова [83–85], а також модель, побудована проф. О. Ревою [128; 226; 228; 245], спираючись на методологію теорії випадкових процесів [29; 111–113; 223; 283; 292; 317]. Обидві зазначені моделі дають змогу прогнозувати стрибки, тобто діалектичні кількісно-якісні перетворення в структурі ЗУН, що формуються та розвиваються в тих, хто навчається. Це є безумовним позитивом і відповідає положенням ТТН професора В. Венди [48; 50; 285] (рис. 1.11 (с, d), рис. 1.12). Іншим позитивом є можливість індивідуального налаштування параметрів моделі, орієнтуючись на показники і характеристики НВП і ПП.

Попри оригінальність розглянутих моделей, які хоча й спроможні здійснювати налаштування на індивідуальні особливості окремого учня чи студента, вони не в змозі охопити всі стадії розвитку РАО чи всі стадії формування навиків операторської діяльності.

З рисунку 1.19 також зрозуміло, що якісні зміни відбуваються стрибками під час еволюції процесу розвитку, тобто формування певного РАО (ЗУН), що описується так званими s -функціями [137]. Причому тривалість циклів (періодів) кількісних змін на кожному наступному якісному рівні досягнутих ЗУН неухильно скорочується.

Пізнання закономірностей розвитку ЗУН, а отже і певних РАО, дає змогу встановити хронологічні етапи їхніх змін, а також оцінити якісний стан у поточному часі та розпізнати можливі наступні зміни. Розроблення прогнозів допомагає встановити розташування досягнутих параметрів (показників) АО на активній або згасаючій частині s -функції та визначити перспективність подальшого розвитку РАО.

Зауважимо, що закономірність розвитку АО має перманентний характер, хоча часовий відрізок якісного стрибка може сприйматися як розрив s -подібної кривої (дискретність). Це вперше відзначили у своїх дослідженнях Ч. Дарвін (Charles Robert Darwin) та Г. Мендель (Gregor Johann Mendel), а потім підтвердили В. Виготський та О. Івахненко.

Одним із принципів розвитку АО є відповідність прогнозованого НВП закону нерівномірності за умов послідовної та поетапної його зміни. Наочно це уявляється s -подібною формою розвитку ЗУН на кожній стадії НВП. Тому особливу актуальність мають дослідження розвитку РАО у фактичних точках біфуркації «а» на рисунку 1.18 (г) та «а», «b», «с» на рисунку 1.19.

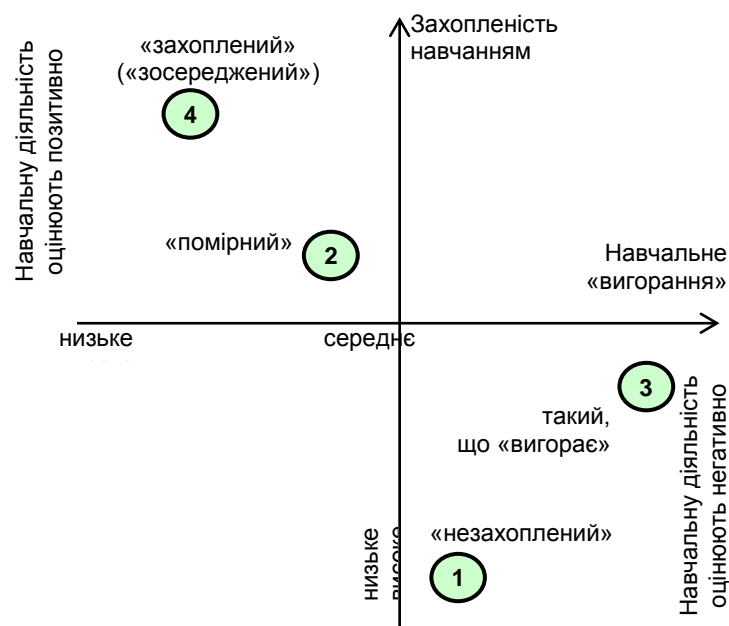


Рис. 1.20. Типи сполучень показників захопленості учнів та їх «вигорання» у ставленні до навчання

Вважаємо, що відповідні дослідження мають враховувати й мотиваційні чинники, пов'язані із «захопленням» учнів навчанням і їх «вигоранням» (рис. 1.20).

Практикою підтверджено, що «захоплені» учні є більш благополучними за ефективністю навчання.

Водночас представники «помірного» типу також належать до «благополучної» групи, оскільки отримують насолоду від навчання, хоча і не настільки яскраво виражену. Вони досить енергійні та мають оптимістичні плани на майбутнє. Однак в учнів зазначеного типу в складних навчальних ситуаціях проявляються певні ознаки виснаження.

Учням «не захопленого» типу властивий весь спектр характеристик ригідності (когнітивної, мотиваційної, афектної).

Учням «вигораючого» типу для запобігання накопичення напруги варто навчитися навикам релаксації та відновлення сил. Середній рівень їхньої «захопленості» навчальною працею свідчить про наявність певного інтересу до цієї діяльності, який можна розвивати за допомогою психологічних методів роботи з установками на підвищення комунікативної компетентності, що може бути наслідком низької екстраверсії.

1.5.3. Застосування методології прогнозування кількісних показників випадкових процесів

Отже, педагогічне прогнозування визначають як процес отримання випереджувальної інформації про дидактичний об'єкт. Ця інформація збирається за допомогою науково обґрунтованих положень і методів. Об'єктами вважають: навчальний клас (студентська група), учень (студент), знання, ставлення тощо. Можливі шляхи досягнення прогнозованого результату формування АО є множиною гіпотез щодо оптимальності способів рішення дидактичної задачі, комбінаторику яких здійснює в особистих актах мислення педагог, який здійснює безпосередній моніторинг НВП [317; 325].

Процес прогнозування можна умовно розділити на такі етапи [57; 90; 109; 111–113 та ін.]:

- визначення прогнозних характеристик РАО / РНД;
- збір і підготовка даних про динаміку змін характеристик АО, які прогнозуються в часі;
- вибір та обґрунтування математичної моделі прогнозування РАО;
- обробка статистичних даних для визначення невідомих параметрів моделі навченості й отримання залежності, що зв'язує з часом показники АО, які підлягають прогнозуванню;
- прогнозування;
- аналіз отриманих результатів.

Прогнозування стаціонарного випадкового процесу, кореляційна функція

якого відома, зводиться до визначення передавальної функції деякого фільтру $W(j\omega)$. Подаючи на його вхід процес $E_i(t)$, на виході отримуємо таку величину $\beta_i(t) = \hat{E}_i(t + \Delta t)$, що забезпечує мінімальну дисперсію, яка розглядається як різниця між величиною $\beta_i(t)$ в момент часу t та істинною величиною випадкового процесу на вході $E_i(t + \Delta t)$ у момент часу $t_0 + \Delta t$:

$$D_i = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} [E_i(t + \Delta t) - \beta_i(t)]^2 dt \Rightarrow \min. \quad (1.68)$$

Застосовуючи методи спектрального аналізу, покажемо, що у зв'язку з тим, що за перетворення стаціонарної випадкової функції лінійною системою, її спектральна щільність перемножується на квадрат модуля частотної характеристики:

$$S_{\beta_i}(\omega) = |W(j\omega)|^2 S_{E_i}(\omega), \quad (1.69)$$

де $S_{E_i} = \int_{-\infty}^{+\infty} R_{E_i}(\tau) e^{-j\omega\tau} d\tau$ – спектральна щільність випадкового процесу $E_i(t)$, що зв'язана перетворенням Ж. Фур'є з його кореляційною функцією $R_{E_i}(\tau)$.

Тоді буде мати також місце така рівність:

$$R_{E_i}(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S_{E_i}(\omega) \cdot e^{j\omega\tau} d\omega. \quad (1.70)$$

Подаємо вираз 1.69 у вигляді:

$$S_{\beta_i}(\omega) = |W(j\omega)|^2 \cdot |S_{E_i}^{1/2}(\omega)|. \quad (1.71)$$

Таким чином, β_i можна уявити як результат проходження процесу зі спектральною щільністю 1, тобто «білого шуму» через ланки, що з'єднані послідовно та мають відповідні амплітудно-частотні характеристики $|W(j\omega)|$ і $|S_{E_i}^{1/2}(\omega)|$ (рис. 1.21).

Білий шум можна подати у вигляді послідовності статистично незалежних імпульсів, що мають гаусівський розподіл амплітуд. Причому на виході першої ланки з характеристикою $|S_{E_i}^{1/2}(\omega)|$ з'явиться сума імпульсів перехідних функцій:

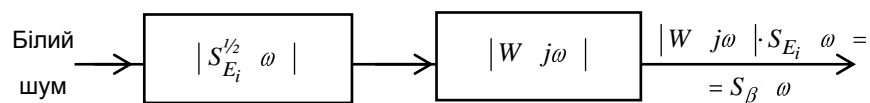


Рис. 1.21. Проходження білого шуму через послідовні ланки

$$\gamma(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} |S_{E_i}^{1/2}(\omega)| \cdot e^{j\omega t} d\omega, \quad (1.72)$$

що «спостерігаються» до моменту часу $t = t_0$.

Вихід першої ланки в момент часу $t_0 + \Delta t$ визначається як впливом імпульсів шуму до моменту t_0 , так і впливом імпульсів, починаючи з моменту t_0 до моменту $t_0 + \Delta t$. Результат такого впливу неможливо передбачити, оскільки ці імпульси статистично незалежні від імпульсів, що мали місце до t_0 .

Таким чином, можна передбачити в момент часу t_0 лише частину вихідного сигналу I -ї ланки в момент часу $t_0 + \Delta t$, що містить суму всіх імпульсних передавальних функцій у цей момент часу, таких, що викликані імпульсами шуму, які мали місце до моменту t_0 . Для цього за допомогою передавальної функції системи необхідно «зрушити» передавальні функції вліво на осі t на величину попередження Δt , зробивши їх рівними нулю для моментів часу, що передували впливу імпульсів, які їх викликали.

Оскільки має виконуватися умова фізичної здійсненності, то система не може реагувати на вплив раніше, ніж він вплинув на неї. Тоді імпульсну передавальну функцію системи, що здійснює прогнозування (рис. 1.22), подаємо так:

$$\left. \begin{aligned} v(t) &= \gamma(t + \Delta t), & t > t_0 = 0 \\ v(t) &= 0, & t < t_0 = 0 \end{aligned} \right\}. \quad (1.73)$$

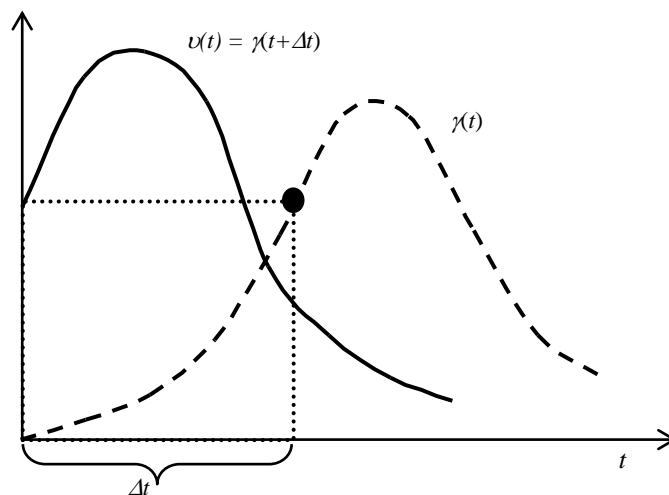


Рис. 1.22. Імпульсна перехідна функція прогнозувальної системи

Передавальна функція, що відповідає функції $v(t)$ буде мати такий вигляд:

$$V_{j\omega} = \int_0^{\infty} \gamma(t+\Delta t) \cdot e^{-j\omega t} dt. \quad (1.74)$$

Тоді, відповідно до рисунку 1.21, матимемо:

$$V_{j\omega} = |S_{E_i}^{1/2}(\omega)| \cdot W_{j\omega}. \quad (1.75)$$

Звідки

$$W_{j\omega} = \frac{V_{j\omega}}{|S_{E_i}^{1/2}(\omega)|} \quad (1.76)$$

є передавальною функцією фільтру, що прогнозує стаціонарний випадковий процес із мінімальною дисперсією, яка в цьому випадку визначається так:

$$D = [E_i(t+\Delta t) - \hat{E}_i(t+\Delta t)]^2 = \int_0^{\Delta t} \gamma^2(t) dt. \quad (1.77)$$

Таким чином, прогнозне значення кількісних показників процесу розвитку АО буде формуватися за допомогою відповідної схеми, що подано на рисунку 1.23.

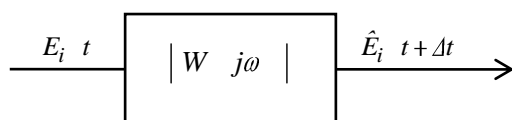


Рис. 1.23. Встановлення прогнозного значення показників процесу розвитку академічної обдарованості

Нехай кореляційна функція випадкового процесу $E_i(t)$ описується таким виразом:

$$R(\tau) = D E_i \cdot e^{-\alpha|\tau|} \cdot \cos \beta\tau. \quad (1.78)$$

Тоді шукана спектральна щільність цього процесу, відповідно до виразу 1.77, визначається так:

$$\begin{aligned} S_{E_i}(\omega) &= \int_{-\infty}^{+\infty} D E_i \cdot e^{-\alpha|\tau|} \cdot \cos \beta\tau e^{-j\omega\tau} d\tau = \\ &= D E_i \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\alpha|\tau|} \cdot \frac{e^{j\beta\tau} + e^{-j\beta\tau}}{2} \cdot e^{-j\omega\tau} d\tau = \\ &= \alpha D E_i \left[\frac{1}{\alpha^2 + \omega + \beta^2} + \frac{1}{\alpha^2 + \omega - \beta^2} \right]. \end{aligned} \quad (1.79)$$

Або

$$S_{E_i}(\omega) = \frac{2\alpha \cdot D E_i \cdot \omega^2 + \alpha^2 + \beta^2}{[\alpha^2 + \omega + \beta^2] \cdot [\alpha^2 + \omega - \beta^2]} = 2\alpha \cdot D E_i \cdot \left[\omega - j\sqrt{\alpha^2 + \beta^2} \right] \cdot \left[\omega + j\sqrt{\alpha^2 + \beta^2} \right]^{-1}$$

$$\times \frac{I}{[\omega - \beta + j\alpha] \cdot [\omega + \beta + j\alpha]} \times \frac{I}{[\omega - \beta + j\alpha] \cdot [\omega - \beta - j\alpha]}. \quad (1.80)$$

Причому

$$\begin{aligned} \psi_{j\omega} = \left| S_{E_i}^{1/2} \omega \right| &= \frac{\sqrt{2\alpha \cdot D E_i} \cdot (\omega - j\sqrt{\alpha^2 + \beta^2})}{[\omega - \beta + j\alpha] \cdot [\omega - \beta + j\alpha]} = \frac{\sqrt{2\alpha \cdot D E_i}}{2\beta} \times \\ &\times \left\{ \frac{\beta + j(\sqrt{\alpha^2 + \beta^2} - \alpha)}{\omega - \beta + j\alpha} + \frac{\beta - j(\sqrt{\alpha^2 + \beta^2} - \alpha)}{\omega - \beta + j\alpha} \right\}. \end{aligned} \quad (1.81)$$

З урахуванням того, що інтеграл вигляду $\frac{I}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{A}{\omega - \lambda} \cdot e^{j\omega t} d\omega$ дорівнює величині $Ae^{j\lambda t}$, тобто

$$\frac{I}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{A}{\omega - \lambda} \cdot e^{j\omega t} d\omega = Ae^{j\lambda t}, \quad (1.82)$$

застосовуємо вираз 1.72 і отримуємо:

$$\begin{aligned} \gamma_t = \frac{I}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \psi_{j\omega} d\omega &= \frac{j\sqrt{2\alpha D E_i}}{2\beta} \times \left\{ \left[\beta + j(\sqrt{\alpha^2 + \beta^2} - \alpha) \cdot e^{j(-\beta + j\alpha)t} \right] + \right. \\ &\left. \left[\beta - j(\sqrt{\alpha^2 + \beta^2} - \alpha) \cdot e^{j(\beta - j\alpha)t} \right] \right\}. \end{aligned} \quad (1.83)$$

Записуючи далі перехідну функцію $v_t = \gamma_{t+\Delta t}$ за умов, що $t > 0$, відповідно до виразу 1.72, знаходимо:

$$\begin{aligned} V_{j\omega} = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-j\omega t} v_t dt &= \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-j\omega t} \gamma_{t+\Delta t} dt = \frac{\sqrt{2\alpha D E_i}}{2\beta} \times \\ &\times \left[\frac{\beta + j(\sqrt{\alpha^2 + \beta^2} - \alpha)}{\omega - \beta + j\alpha} e^{j(-\beta + j\alpha)\Delta t} + \frac{\beta - j(\sqrt{\alpha^2 + \beta^2} - \alpha)}{\omega - \beta + j\alpha} e^{j(\beta + j\alpha)\Delta t} \right]. \end{aligned} \quad (1.84)$$

Далі, відповідно до виразу 1.76, маємо:

$$W_{j\omega} = \frac{V_{j\omega}}{\Psi_{j\omega}} = e^{-\alpha\Delta t} \left[\cos\beta\Delta t + k \frac{T_1 j\omega + 1}{T_2 j\omega + 1} \sin\beta\Delta t \right], \quad (1.85)$$

де

$$T_1 = \frac{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2} - \alpha}{\alpha\sqrt{\alpha^2 + \beta^2} - \alpha^2 + \beta^2}; \quad (1.86)$$

$$T_2 = \frac{1}{\alpha\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}}; \quad (1.87)$$

$$k = \frac{\alpha\sqrt{\alpha^2 + \beta^2} - \alpha^2 + \beta^2}{\beta\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}}. \quad (1.88)$$

Прогнозне значення показників процесу буде формуватися так, як це подано на рисунку 1.24. Якщо $\beta \rightarrow 0$, то отримуємо передавальну функцію $w_{j\omega} \rightarrow e^{-\alpha\Delta t}$. Динаміку у часі цієї функції подано на рисунку 1.25. Відомі три джерела помилок прогнозування.

1. Наявність похибки, що викривляє спостережені та прогнозні значення процесу формування АО учнів.

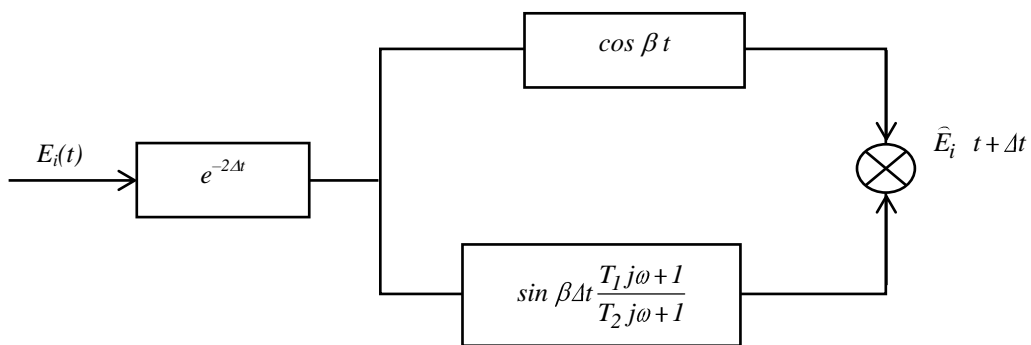


Рис. 1.24. Схема фільтра, що прогнозує процес з кореляційною функцією виду, поданою виразом 1.72

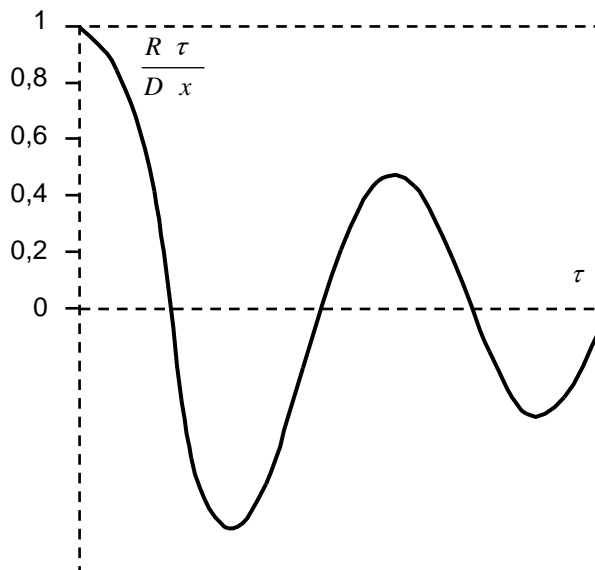


Рис. 1.25. Нормована кореляційна функція

2. Неправильний вибір математичної моделі процесу формування АО, зокрема його детермінованої основи.

Похибка прогнозу:

$$A_i = \left| \hat{E}_i(t) - E_i(t + \Delta t) \right| \quad (1.89)$$

формується, згідно зі схемою, що подана на рисунку 1.26.

3. Зміна характеру перебігу процесу порівняно з вихідними на інтервалах спостереження та упередження.

Перелічені засоби боротьби з першим із джерел помилок є більш дослідженими та такими, що успішно застосовуються [57].

Друге джерело помилок прогнозування не дозволяє отримати точний прогноз, незалежно від точності обчислень. Головний засіб боротьби з ним – це залучення досвідчених педагогів для вироблення математичної моделі прогнозування, а також здійснення логічного аналізу його результатів. Тоді прогнозування необхідно розглядати як задачу розпізнавання виду детермінованої основи процесу. Для її розв'язання обирають систему ознак $\bar{P} = p_1, p_2, \dots, p_n$, що характеризує ступінь відповідності пробної аналітичної функції, яка була обрана для прогнозування, реальним статистичним даним. Ця пробна функція має відповідати певним вимогам:

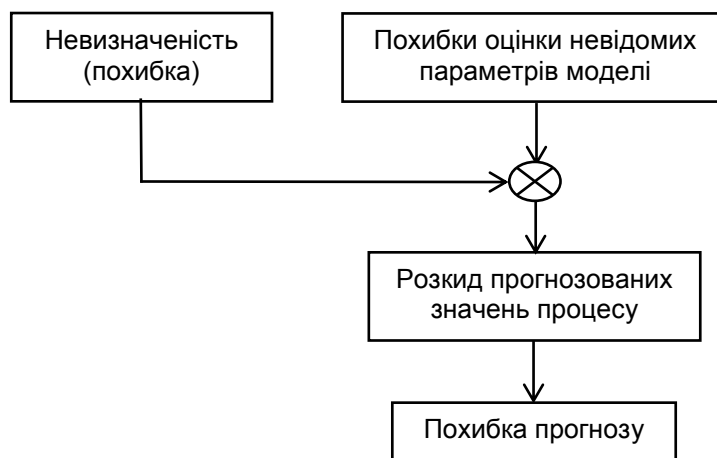


Рис. 1.26. Схема формування похибок прогнозу рівнів академічної обдарованості

1) мати повноту, тобто дозволяти з достатньою впевненістю розпізнавати вид детермінованої основи НВП; бути інваріантною стосовно коефіцієнтів і помилок, які мають бути визначені, тобто рішення щодо виду детермінованої основи процесу приймається на основі системи ознак \bar{P} і має не бути статистично залежним від коефіцієнтів і похибок;

2) бути інформативною, тобто система \bar{P} має охоплювати лише ті ознаки, які суттєво сприяють розпізнаванню виду детермінованої основи процесу.

Спектральні щільності пробних функцій і відповідних ним оптимальних прогнозних фільтрів подано в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4

Значення спектральної щільності випадкових процесів і відповідних оптимальних функцій фільтрів

$S_{E_i} \omega$	$W j\omega$
1	2
Const	0
$\frac{2 \cdot \alpha \cdot D E_i}{\alpha^2 + \omega^2}$	$e^{-\alpha \Delta t}$
$2 \cdot D E_i \left\{ \frac{1}{\alpha^2 + \omega + \beta^2} + \frac{1}{\alpha^2 + \omega - \beta^2} \right\}$	$\left[\cos \beta \cdot \Delta t + k \frac{T_1 j\omega + 1}{T_2 j\omega + 1} \cdot \sin \beta \Delta t \right] \cdot e^{-\alpha \Delta t}$
$\frac{1}{1 + \omega^2}$	$k \cdot T j\omega + 1$
$\frac{1}{1 + \omega^4}$	$\left[k T j\omega + 1 \right] \cdot e^{-\frac{\Delta t}{\sqrt{2}}}$

Більш небезпечним є *третє* з перелічених джерело помилок, зумовлене змінами в НВП стосовно вихідної, навіть, правильно обраної моделі, адже деякі учні мають яскраво виражену АО та мотивацію до навчання, що не може не впливати на результативність. Більш ефективним засобом боротьби з такими помилками є досвід дослідника-педагога та регулярний контроль.

Якщо помилка $\Delta_i > \varepsilon_i$, то задача прогнозування виникає знову з такими вихідними даними:

$$a_i = |E_1, E_2, \dots, E_i, \dots, E_i + \Delta t + \Delta_1, \dots|, \quad (1.90)$$

тобто маємо так звану прогнозу модель, що «навчається». Якщо $\Delta_i \leq \varepsilon_i$, то прогноз РАО є вірогідним і здійснюється з будь-якою точністю, що задається заздалегідь.

Модель, що розроблена, може «не спрацювати» в ситуаціях, коли НВП не є стаціонарним. Тоді, зберігаючи ту саму послідовність міркувань, необхідно застосувати для прогнозування РАО вже фільтр Калмана, що спеціально призначений для аналізу та прогнозу характеристик нестационарних випадкових процесів [54; 317].

Якщо ж робиться спроба прогнозування РАО учнів з яскраво вираженою АО чи на фінішній ділянці кожного етапу S-подібної функції формування потенціалу ЗУН, то вона добре апроксимується гіперболою [158].

1.5.4. Застосування сплайн-функцій для прогнозування рівнів академічної обдарованості

Отже, реалізація основних положень ТТН відповідає змісту одного з відомих діалектичних гегелівських законів розвитку. Це відображено в моделі, яку було побудовано в попередньому пункті за допомогою методології прогнозування кількісних показників випадкових процесів. Однак, спираючись на аналіз наукових джерел [5; 34; 100; 159; 214; 217; 266; 275; 277; 322 та ін.], можливим уявляється застосування з тією ж метою методів сплайнових функцій, що було розроблено з метою дослідження немонотонності різних профілів (кривих).

Йдеться про те, що в багатьох обчислювальних задачах інтерполяція сплайном більш ефективна, ніж інтерполяція багаточленом (поліномом), оскільки дає схожі результати навіть при менших ступенях поліномів, а отже, при його застосуванні не виникає феномен Рунге. Таким чином, мова йде про модель, яка могла б об'єднати чотири послідовних ділянки кривої розвитку ЗУН на рисунку 1.19.

Таким чином, метою цього пункту є розробка теоретичної сплайн-моделі розвитку АО, яка б охоплювала й описувала щонайменше чотири етапи формування потенціалу ЗУН у тих, хто навчається. Вважаємо, що наведене може бути досягнуто за умов адаптації методів побудови сплайн-функцій для моделювання особистісно-орієнтованого навчання учнів або студентів.

Розроблення сплайнової моделі розвитку РАО, а отже, накопичення певного потенціалу ЗУН, має відбуватися відповідно до певних вимог, а саме:

- бути психологічно обґрунтованим, тобто відповідати, хоча б загалом психолого-педагогічній сутності НВП;
- забезпечувати дослідження не лише групових, а й індивідуальних закономірностей розвитку АО;
- бути достатньо простою та зручною для користування.

Отже, нехай маємо певний відрізок a, b з таким розбиттям $\Delta: a = x_0 < x_1 < x_2 < \dots < x_N = b$. Тоді сплайн-функція – це функція $y = \varphi x$, яка $m-k$ разів може бути диференційованою на цьому відрізку, а її $m-k+1$ -та похідна має розрив на кожному інтервалі x_i, x_{i+1} .

Ця функція $y = \varphi x$ є поліномом ступеня m , а k називається дефектом сплайна: $0 \leq k \leq m$. Отримані на кожному інтервалі «склеєні (зшиті)» поліноми формують єдиний поліноміальний сплайн порядку m з вузлами $t_i, \overline{i=1, n}$: $a < t_1 < t_2 < \dots < t_n < b$. Важливими параметрами сплайна є найбільший порядок поліномів m , кількість i розташування вузлів, а також гладкість зшиття у вузлах.

Припустимо, що існують деякі результати навчання x_1, x_2, \dots, x_N і відповідні їм значення функції y_1, y_2, \dots, y_N функції $y = f x$. Ця функція невідома, але

можна побудувати таку функцію $y = \varphi(x)$, щоб у точках x_1, x_2, \dots, x_n спостерігалася рівність $f(x) = \varphi(x)$, а в інших точках відрізка a, b значення функцій були близькі.

Приймаємо, що $k_j = \varphi''(x)$ на окремому відрізку $\Delta_j = [x_{j-1}, x_j]$, $j = \overline{2, N}$.

Кубічний сплайн для кожного з можливих відрізків є поліномом першого ступеня, тобто лінійною функцією. Графік такої функції проходить через точки x_{j-1}, k_{j-1} , x_j, k_j і отримує вигляд:

$$\varphi''(x) = \alpha + \beta \cdot x, \quad (1.91)$$

де β – відповідає за кут нахилу до осі абсцис;

α – за зсув відносно нуля.

Рівняння прямої, що проходить через дві точки x_1, y_1 , x_2, y_2 можна записати в такому вигляді:

$$y_1 - y_2 \cdot x + x_2 - x_1 \cdot y + x_1 y_2 - x_2 y_1 = 0. \quad (1.92)$$

Звідки:

$$y_1 x - y_2 x + y x_2 - y x_1 + x_1 y_2 - x_2 y_1 = 0. \quad (1.93)$$

$$y_1 x - x_2 y_1 + x_1 y_2 - y_2 x + y x_2 - y x_1 = 0. \quad (1.94)$$

$$y_1 x - x_2 + y_2 x_1 - x = y x_1 - x_2. \quad (1.95)$$

$$y = \frac{y_1 x - x_2}{x_1 - x_2} + \frac{y_2 x_1 - x}{x_1 - x_2}. \quad (1.96)$$

$$y = \frac{y_1 x_2 - x}{x_2 - x_1} + \frac{y_2 x - x_1}{x_2 - x_1}. \quad (1.97)$$

Або, ввівши заміну $h_j = x_2 - x_1$, отримуємо:

$$y = \frac{y_1 x - x_2}{h_j} + \frac{y_2 x_1 - x}{h_j}. \quad (1.98)$$

Здійснімо таку заміну: $x_1 = x_{j-1}$, $x_2 = x_j$, $y_1 = k_{j-1}$, $y_2 = k_j$. Тоді матимемо:

$$\varphi''(x) = \frac{k_{j-1} x_j - x}{h_j} + \frac{k_j x - x_{j-1}}{h_j}. \quad (1.99)$$

Рівняння 1.88 нескладно двічі проінтегрувати та знайти аналітичний вираз кубічного сплайну:

$$\begin{aligned} \varphi(x) = & \frac{k_{j-1} x_j - x^3}{6h_j} + \frac{k_j x - x_{j-1}^3}{6h_j} + \\ & + \frac{x_j - x}{h_j} \left(y_{j-1} - \frac{k_{j-1} h_j^2}{6} \right) + \frac{x - x_{j-1}}{h_j} \left(y_j - \frac{k_j h_j^2}{6} \right) \end{aligned} \quad (1.100)$$

Коефіцієнти сплайну k_1, k_2, \dots, k_N невідомі, оскільки друга похідна від сплайну залишається невідомою.

З урахуванням того, що перша похідна φ' є безперервною в точках x_2, \dots, x_N значення коефіцієнтів можна знайти з ліво- і правобічної похідних $\varphi'(x_j - 0) = \varphi'(x_j + 0)$:

$$\begin{aligned} \frac{h_j}{6} k_{j-1} + \frac{h_j}{3} k_j + \frac{y_j - y_{j-1}}{h_j} = \\ \frac{h_{j+1}}{3} k_j - \frac{h_{j+1}}{6} k_{j+1} + \frac{y_{j+1} - y_j}{h_{j+1}}, \end{aligned} \quad (1.101)$$

$j = 2, \dots, N-1.$

Нехай $\frac{h_{j+1}}{h_j + h_{j+1}} = \lambda_j$, $1 - \lambda_j = \mu_j$.

Тоді систему з $N-2$ рівнянь і n невідомих можна подати у вигляді:

$$\begin{aligned} \mu_j k_{j-1} + 2k_j + \lambda_j k_{j+1} = \\ = \frac{6}{h_j + h_{j+1}} \left(\frac{y_{j+1} - y_j}{h_{j+1}} + \frac{y_j - y_{j-1}}{h_j} \right). \end{aligned} \quad (1.102)$$

де h – невідомі, що є коефіцієнтами сплайнів.

Сплайн-функція, яка апроксимована інтерполяцією, представлена на кожному з відрізків $y = a \cdot x^3 + b \cdot x^2 + c \cdot x + d$.

Після знаходження коефіцієнтів для кожного з відрізків стає можливим побудувати графік функції готовності АО, який може мати різний вид (рис. 1.18, 1.19). Причому, відповідно до природи сплайну, його окремі частини можуть приймати різні форми на кожному з відрізків, залежно від значень коефіцієнтів a, b, c, d .

У загальному випадку збіжність або навіть частинна подібність рівнянь сусідніх складових частин графіків не обов'язкові для результату. Отримання більш плавних складників може бути виконано наступною апроксимацією та згладжуванням функції з виключенням певних проміжних точок.

Детально аналізуючи графіки на рисунках 1.18 і 1.19, можна дійти висновку, що доцільно застосувати більш спрощені методи апроксимації. Зазначені графіки можуть бути лінійно-апроксимовані, якщо відстань між сусідніми (суміжними) точками x_i, x_{i+1} буде суттєво меншою в порівнянні зі значеннями $f(x_i)$ і $f(x_{i+1})$. Адже дійсно, маючи рівняння $y = a \cdot x + b$, для

визначення коефіцієнтів a, b необхідно вирішити систему з двох рівнянь для кожної пари точок. Це дасть на виході $N-1$ рівнянь прямих і кусочно-апроксимуючу функцію. Однак невідомо, як саме змінюється РАО в часі. Особливо якщо йдеться про незначну кількість точок, а отже, застосування методів сплайн-функцій є доцільним для запобігання великих розходжень між апроксимованою функцією φx_i і функцією $f x_i$.

Таким чином, отримання сплайну дає змогу здійснити всебічний аналіз процесу розвитку АО і дійти висновків щодо:

- індивідуального рівня та особливостях розвитку АО в тих, хто навчається;
- якості розроблених навчальних завдань, вправ і методичного наповнення контрольних завдань для остаточної перевірки рівнів розвинених ЗУН;
- індивідуальних особливостей спільного групового вирішення навчальних завдань;
- якості отриманої моделі розвитку АО.

Адже дійсно, належним чином проаналізована інформація надає можливість судити про закономірності й особливості процесу розвитку АО з використанням параметрів апроксимованих сплайнів. Наприклад, вільний член сплайну на проміжку x_1, x_2 визначає рівень попередньої навченості учня, його ЗУН, з якими був початий процес навчання. Інші коефіцієнти кожного зі сплайнів вказують на швидкість накопичення потенціалу ЗУН, прискорення в підготовці та випадкові флуктуації, що залежать від сторонніх чинників зовнішнього середовища.

Таким чином, спираючись на результати досліджень з праці [324] і властивості сплайн-функцій, відкриваються перспективи побудови сплайну $S = S_1, S_2, S_3, S_4$, утвореного чотирма окремими сплайнами (рис. 1.18). Кожний із цих окремих сплайнів є моделлю розвитку АО на відповідних етапах. Причому кожний з етапів буде ілюстрований відповідним емпіричним графіком.

1.6. Евристичні методи встановлення тезаурусу навчальної дисципліни

У підрозділі 1.1 зазначалося, що бум інформаційних технологій, зокрема прогрес у методах збору, зберігання й обробки даних призвів до накопичення величезних їх обсягів, що одразу порушує питання щодо обробки й аналізу цих даних. У контексті наших досліджень ідеться про необхідність визначення меж змістовного (знаннєвого) наповнення кожної НД, тобто формування її тезаурусу, оскільки перетинання з суміжними науковими напрямками (рис. 1.18 б, с) робить цю задачу невизначеною і навіть суперечливою. Адже цей

тезаурус має, з одного боку, мати внутрішню цілісність і завершеність, що призводить до збільшення обсягу НД. Зазначене може перетворити цей тезаурус на «розгалужений кущ», жартівлива інтерпретація якого подана на рисунку 1.27, а сувора академічна – на рисунку 1.28.



Рис. 1.27. Ілюстрація «кущистості» дерева знань

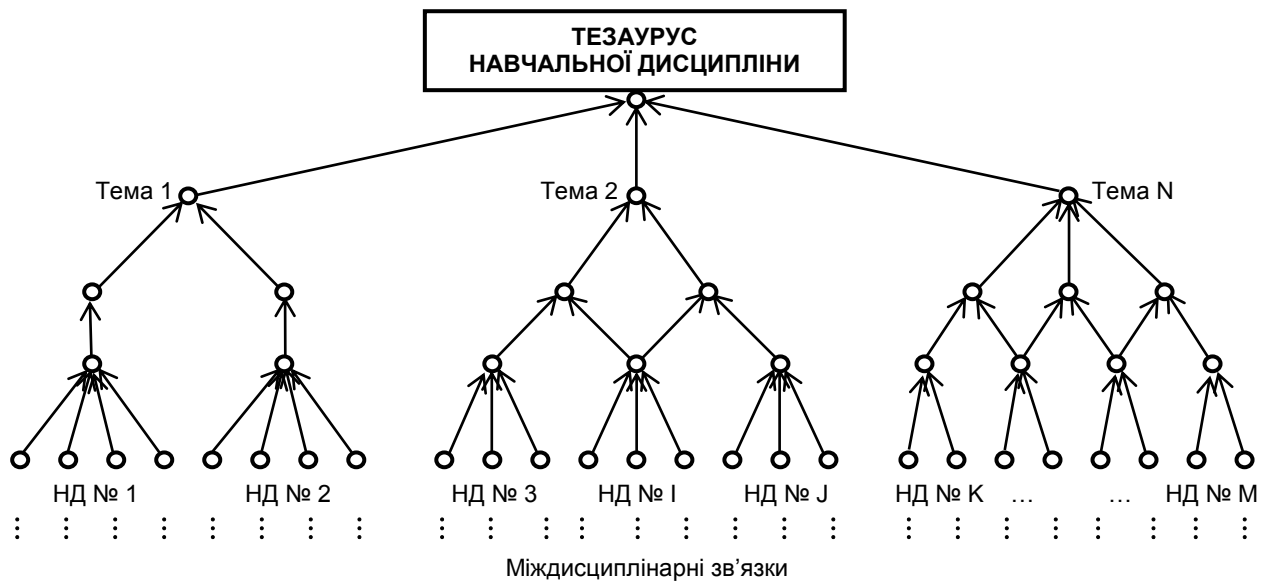


Рис. 1.28. «Дерево знань»: гіпотетичний приклад формування тезаурусу знань з певної НД

З іншого боку, це черговий раз нагадує про необхідність дійсного визначення архітектоніки викладення матеріалу в межах кожної НД, а також встановлення дієвих міждисциплінарних зв'язків. Наведене завдання є досить складним і його фактично неможливо формалізувати. З аналізу наукових джерел [7; 48; 50; 75; 141; 210; 294; 326 та ін.] впливає можливість застосування з зазначеною метою методології вирішальних евристик.

Так, наприкінці 1950-х рр. почали швидко розвиватися дослідження, які присвячені евристичним процесам. У цьому контексті варто згадати науковців А. Ньюела і Г. Саймона. Процеси такого роду керуються системами правил, названими *евристиками*, евристичними програмами або стратегіями.

Евристики – це правила, інструкції або інтуїтивні міркування, менш визначені, ніж алгоритми. На противагу останнім вони є *ненадійними*. Немає гарантії, що за допомогою евристик, навіть найкращих, людина буде здатна вирішити задачу. Однак евристики мають переваги в тому, що радикально зменшують трудність задачі та когнітивні зусилля, необхідні для її рішення.

Евристичні правила відіграють особливу роль в процесі розв'язання складних, незвичайних і творчих задач, з якими педагогічний персонал ЗСО і науково-педагогічний персонал ЗВО зустрічається на кожному кроці професійної діяльності.

Отже, у загальному випадку ПР щодо формування тезаурусу знань з певної НД можна уявити як процес, «що кущиться», що й дає змогу відобразити його у вигляді орієнтованого графу (рис. 1.28). Основу такого графа становлять вузлові точки (корні) процесу, що кущиться, в кожному з яких входить одна гілка (операція), а виходить n гілок (альтернатив), які народжуються операціями на кожному етапі.

Отже, евристичний метод постає у вигляді перевірених часом способів знаходження та реалізації різних рішень шляхом узагальнення, перемовин тощо. Цей метод базується на логіці, здоровому глузді, досвіді тощо, що сприяє виявленню нової суттєво важливої інформації. Метод застосовується за умов недоступності або відсутності можливості користуватися формалізованими методами ПР, тому цілком справедливо належить до мистецтва професійної діяльності педагогічного і науково-педагогічного персоналу.

Основні умови ефективного використання евристичного методу:

– необхідність прийняття нових і відповідальних рішень, реалізація яких буде сприяти подальшому позитивному розвитку вітчизняної освітянської системи;

– значний обсяг інформації, труднощі її опрацювання й обробки;

– наявність організаційної культури обговорення відповідальних завдань.

Якість виконання завдання зі створення тезаурусу певної НД визначається професіоналізмом, тобто рівнем кваліфікації як учасників відповідної спільної праці, так і її організаторів.

На сьогодні встановлено, що евристичний метод охоплює понад 30 наборів різних прийомів. Послідовність їх реалізації зазвичай така:

- 1) узагальнення задачі;
- 2) конкретизація задачі;
- 3) формулювання зворотної задачі;
- 4) включення в іншу структуру;

- 5) критика очевидних рішень;
- 6) пошук привнесених умов;
- 7) зворотний рух від кінця до початку міркувань;
- 8) зближення результатів і мети;
- 9) перекодування тексту в модель;
- 10) використання результатів рішення подібних задач;
- 11) всебічний розгляд;
- 12) аналіз умов;
- 13) аналіз конфлікту;
- 14) висування будь-якої ідей;
- 15) переструктурування.

Додатково вкажемо, що перекодування тексту в модель – це спроба застосування аналітичних методів для вирішення поставленого завдання. Розглянемо зміст таких методів на прикладі обрізання «дерева знань» для створення тезаурусу певної НД.

Вважатимемо, що загальна кількість гілок, які з'являються на T -му етапі, дорівнює N^T .

Якщо маємо граф, що містить N альтернатив у кожному корні, то він має довжину T і один правильний шлях до мети, то за випадкових проб буде потрібно зробити в середньому $0,5 \cdot N^T$ проб. У тому ж графі, якщо евристичний тест дозволить відкинути як безрезультатні половину альтернатив у кожному корні та здійснити випадковий пошук, то кількість проб зменшиться до $0,5 \cdot 0,5 \cdot N^T$, тобто у 2 рази тощо.

Рисунок 1.28 ілюструє, як сходяться знання, поняття з різних НД і наукових напрямів у деякий знаннєвий простір, званий тезаурусом конкретної НД. Обрізання цього розгалуженого куща відбувається шляхом застосування того чи іншого тесту. Унаслідок цього одержується вже усічений процес, що кущиться, в якому ефективність пошуку рішень щодо залучення в тезаурус певної навчальної інформації оцінюється так [7; 326].

Приймаємо, що:

m_1, m_2, \dots, m_{T+1} – кількість усічених корнів процесу, що кущиться на 1 -му, 2 -му, ..., T -му, $T+1$ -му етапах рішення;

N – кількість операцій, що застосовуються.

Тоді кількість гілок на цих етапах складено відповідно до

$$\left. \begin{aligned} l_1 &= N - m_1 \\ l_2 &= N - m_1 \cdot N - m_2 \\ &\dots\dots\dots \\ l_T &= N^T - m_1 N^{T-1} - \dots - m_{T-1} N - m_T \\ l_{T+1} &= N^{T+1} - m_1 N^T - \dots - m_{T-1} N^2 - m_T N - m_{T+1} \end{aligned} \right\} \quad (1.103)$$

Якщо на деякому етапі (наприклад, на T -му) буде досягнуто шукане рішення, то на наступному етапі ($T+1$ -му) всі гілки слід усікти, тобто $l_{T+1} = 0$.

Позначимо далі загальну кількість відсічених гілок – через M , а загальну кількість гілок, що залишилися, – через L . Тоді

$$M = \sum_{j=1}^{T+1} m_j; \quad L = \sum_{j=1}^{T+1} l_j. \quad (1.104)$$

Складаючи рівняння (1.103), отримуємо

$$L = N \frac{N^{T+1} - 1}{N - 1} - m_1 \frac{N^{T+1} - 1}{N - 1} - m_2 \frac{N^T - 1}{N - 1} - \dots - m_{T+1} \frac{N - 1}{N - 1}. \quad (1.105)$$

Або з урахуванням виразу 1.93, прийдемо до результату

$$L = \frac{M - N}{N - 1}. \quad (1.106)$$

Вважаючи, що кількість гілок, яка залишилася, може бути інтерпретована як довжина шляху, що веде до рішення, отриманий результат можна інтерпретувати так: довжина шляху, що веде до рішення, залежить від співвідношення кількості відсічених корнів і кількості застосованих операцій.

Розуміючи в подальшому ефективність рішення E_T як співвідношення довжини шляхів, що ведуть до рішення, без використання (L^*) і з використанням (L) того чи іншого тесту (знання), отримуємо таке:

$$E_T = \frac{L^*}{L}. \quad (1.107)$$

Якщо тест не використовувати, то кількість шляхів до рішення буде максимальною:

$$L^* = \frac{N^{T+1} - 1}{N - 1}. \quad (1.108)$$

Підставляючи формули 1.106 і 1.108 до виразу 1.107, одержимо

$$E_T = \frac{N^{T+1} - 1}{M - N}. \quad (1.109)$$

Знайдемо граничні значення M , а через них й E_T .

1. M_{min} існує лише тоді, коли на кожному з T етапів є лише один шлях, а на $T+1$ -му етапі немає жодного шляху (тому що рішення вже знайдено), тобто:

$$\left. \begin{array}{l} m_1 = m_2 = \dots = m_T = N-1 \\ m_{T+1} = N \end{array} \right\}$$

Тоді маємо, що

$$M_{min} = N-1 \cdot T + N. \quad (1.110)$$

2. M_{max} можливо, коли на кожному з T етапів мають місце всі шляхи, а на $T+1$ - му етапі всі шляхи відсічені, тобто

$$m_1 = m_2 = \dots = m_T = 0; \quad m_{T+1} = N^{T+1}$$

Звідси маємо, що

$$M_{max} = N^{T+1}. \quad (1.111)$$

Підставляючи отримані значення M_{min} і M_{max} до рівності 1.94, отримуємо таке

$$1 \leq E T \leq \frac{N}{T} \cdot \frac{N^T - 1}{N - 1}. \quad (1.112)$$

Підрахуємо далі ефективність рішення під час використання ієрархічної системи його прийняття. Нехай передостанній рівень ієрархічної системи створює p підцілей (і, таким чином, p етапів), що об'єднують за T' операцій останнього рівня. Тоді $T = pT'$.

Загальна кількість гілок, які ведуть до кожної з підцілей, відповідно до раніше наведеного буде $N^{T'-1} / N-1$, а всього:

$$L^{**} = \frac{N^{T'-1}}{N-1} \cdot p \quad \text{або} \quad L^{**} = \frac{N^{T'-1}}{N-1} \cdot \frac{T}{T'} \quad (1.113)$$

Порівнюючи останній вираз із загальною кількістю шляхів до рішення, отримуємо

$$\frac{L^*}{L^{**}} = \frac{N^T - 1}{N^{T'-1}} \cdot \frac{T'}{T}, \quad (1.114)$$

або, враховуючи, що $N^T \gg 1$ і $N^{T'} \gg 1$,

$$\frac{L^*}{L^{**}} \approx \frac{T'}{T} \cdot N^{T-T'}. \quad (1.115)$$

Дослідження евристичних стратегій, що застосовувалися під час вирішенні наукових проблем, а також проблем, які виникають у колективних іграх або в процесі ПР іншого роду, значно збільшили знання з цього питання [141].

1.7. Кваліметрична модель прийняття рішення щодо припинення навчання

Таким чином, наслідки синергетичного ефекту, безумовно сприяють, з одного боку, переходу тих, хто навчається, на новий РАО, що підтверджується новими знаннями, які продукуються ними, або новим типом мислення. З іншого боку, в умовах дії нормативних обмежень на час опанування кожною НД у межах шкільної / університетської програми необхідно чітко орієнтуватися на досягнення або БКР, або РД, або «прохідного» балу прийнятої шкали оцінювання знань.

Усе наведене порушує питання щодо необхідності обґрунтування факту ПР щодо припинення навчання з певної теми чи НД загалом.

Отже, природно, що з плином часу міцність розвинутих ЗУН або ймовірність безпомилкового виконання навчальних завдань тяжіє до 1, незалежно від особливостей (закономірностей) цього розвитку (рис. 1.11). Оскільки НВП безперечно є стохастичним, на який впливає багато чинників різного характеру та джерел походження, то припустимо вважати, що відповідна модель розвитку ЗУН є стаціонарною відносно нелінійної функції [35; 41; 62; 128; 186; 228; 317 та ін.].

Як відомо, показники стаціонарного стохастичного процесу (ССП) можна подати у вигляді:

$$z_i = \mu + A_i, \quad (1.116)$$

де z_i – поточний показник процесу навчання;

μ_i – постійний середній рівень (тренд) процесу навчання;

A_i – випадкове відхилення показників ПП у час t , розподілене нормально стосовно тренду.

Якщо прийняти, що $\mu = 0$ в ідеальному випадку, то отримуємо:

$$\sum_{t \rightarrow \infty} A_i = 0. \quad (1.117)$$

Якщо прийняти, що функція y t відповідає графіку на рис. 1.18 (а), то ССП відносно надбання ЗУН можна подати в нормованому вигляді:

$$\hat{z}_i = \frac{\mu}{y} \frac{1}{t} + \frac{A_i}{y} \frac{1}{t}. \quad (1.118)$$

Якщо прийняти, що тренд μ є нелінійним середнім рівнем ССП і співпадає з функцією y_t за умов відсутності випадкової складової Δ_t , а отже, $\mu = y_t$, показник нормованого ССП надбання певного потенціалу ЗУН дорівнює:

$$\hat{z}_i = 1 + \frac{\Delta_t}{y_t}, \quad (1.119)$$

тобто, описує ССП відносно середнього рівня 1.

Природно, що показники навчання в умовах відсутності складного програмно-апаратного забезпечення НВП не можуть бути стандартизовані, тому мають різну природу, тобто визначаються проміжками часу, частотою, складністю тощо. У будь-якому випадку в результаті виконання навчальної справи ті, хто навчаються, отримують оцінки, за якими й визначається рівень їх поточної успішності [35].

В простому узагальненому вигляді успішність навчання приймає значення x , на інтервалі $[x^-; x^+]$, де x^- найменша (наприклад, оцінка «1» 12-бальної шкали), а x^+ відповідно найбільша можлива оцінка (наприклад оцінка «100» 100-бальної шкали) згідно зі шкалою, що була прийнята. Діапазон оцінок $[x^-; x^+]$ може містити n ключових значень, які ділять його на $n+1$ інтервалів. Вхідження оцінки x в один з інтервалів визначить зведену оцінку учня за виконання навчальної справи.

З огляду на різноманіття здібностей до навчання, а отже, і досягнутих РАО, нескладно дійти висновку, що параметри моделі тих, хто навчається, будуть відрізнятися. Однак термін вивчення певної теми чи кількість навчальних вправ із певної теми можуть нівелювати вихідні навчальні здібності учнів.

Для ілюстрації наведеного звернемося до прикладу початкової ПП курсантів-льотчиків. Встановлено, що після 10 год тренувань на тренажері значного зростання рівня ПП майже не відбувається. Причому зі зменшенням зростання рівня навченості курсантів-льотчиків вони досягають свого РД, який відіграє як критеріальну, так і мотиваційну функцію. Це може призвести навіть до зниження рівня навченості. Отже, можна дійти висновку, що існує також показник часу t , який має впливати на інтегральний показник припинення тренування I , у якості обмеження.

Тоді I можна виразити як $I = f(z_i, t)$ для кожного облікового елемента в програмі тренувань курсантів-льотчиків. Йдеться про загальну форму інтегрального показника, від якого залежить припинення навчання і ПП [10]. Подальші міркування наведемо, спираючись на приклад припинення ПП авіаційними операторами «переднього краю» (членами льотного екіпажу, диспетчерами управління повітряним рухом) [35].

Припинення процесу навчання і ПП – це результат рішення про те, що ЗУН авіаційного оператора досягли необхідного рівня, і його можна допустити до подальшої роботи на реальному робочому місці. Загалом припинення ПП відбувається з декількох причин:

- вичерпано термін тренування;
- відбулося закінчення навчальної програми;
- авіаційними операторами було досягнуто необхідного рівня ЗУН;
- було досягнуто визначений РД;
- було досягнуто інтегральний ключовий показник припинення ПП.

Враховуючи вплив (як позитивний, так і негативний) авіаційних операторів «переднього краю» на забезпечення належного рівня безпеки польотів, варто розрізняти припинення ПП із задовільними результатами (досягнення БКР) та невдале припинення. Оскільки авіаційна галузь вимагає зведення помилок до нуля для запобігання виникненню авіаційних подій чи катастроф, ключовим моментом під час визначення задовільності результату тренувань є рівень ПП авіаційних операторів. Виділивши зі списку причин ключові складові, їх стан на момент закінчення АО навчання можна показати так, як це подано в таблиці 1.5.

Оскільки інтегральний показник, якому і лише якому притаманна системна властивість емерджентності, враховує показники часу та успішності, то його не внесено до таблиці 1.5. З неї випливає, що ЗУН, опановані конкретним випробуванням авіаційним оператором «переднього краю», можуть бути визнаними успішними, якщо він пройшов повний курс навчання та отримав задовільну оцінку раніше за нормативно потрібний час, виділений на ПП. Інтегральний показник припинення тренування має враховувати цю можливість. Наведене припускає введення показника відношення реально витраченого часу до максимального часу навчання [337]. Тоді позначимо через t_0 – нормативно встановлений час ПП, а через t_s – реально витрачений час.

Таблиця 1.5

Ключові складові професійної підготовки та їх стан

Професійна підготовка	
Складова	Стан складової
Термін тренування	Не більше визначеного
Опанований матеріал	Повністю
Рівень знань, умінь, навичок	Не нижче за бажаних

Отже, приймаємо, що частка прослуханого навчального матеріалу є абсолютною, дорівнює $n = 100\%$ норми, що є підставою для виставлення задовільної оцінки.

Для врахування кількості опанованого навчального матеріалу найкраще підходить параметр λ бінарної природи, значення якого визначається за наступним правилом

$$\lambda = \begin{cases} 1, & n = 100\% \\ 0, & n = 0\%, 99\% \end{cases} \quad (1.120)$$

Тоді формула інтегрального показника навченості прийматиме вигляд

$$I = f(\lambda, z_t, t_0, t_s) \quad (1.121)$$

Оскільки кількість інформації, опанованої впродовж періоду навчання, є сталою величиною, то можна стверджувати, що в певний час $t = \tau = t_0$, згідно з ідеальним експонентним законом авіаційний оператор матиме $z_t \tau = X^+$.

Нехай для затвердження задовільного рівня підготовки авіаційним операторам варто досягти певного рівня ЗУН: $z_t \tau \geq aX^+$, ($a = 0,1$). Тоді для тих з них, хто витратив τ часу на ПП, інтегральний показник має вигляд:

$$I = \begin{cases} \lambda z_t \tau \\ t_s = \tau; z_t \geq aX^+ \end{cases} \quad (1.122)$$

Для авіаційних операторів, які мають незадовільні результати навчання та ПП, не має різниці, наскільки погано вони опанували навчальні матеріали. Для них справедливе введення наступної умови:

$$I = \begin{cases} \lambda z_t \tau, & t_s = \tau; z_t \geq aX^+ \\ 0, & t_s = \tau; z_t < aX^+ \end{cases} \quad (1.123)$$

Оскільки тренд є незмінною складовою $\mu = x t$, то ми припускаємо, що той, хто навчається, демонструє такий набутий рівень опанування ЗУН, що описується ідеальним експонентним законом, що наочно ілюструє рисунок 1.18 (а).

Вважаємо таке припущення справедливим, якщо йдеться про підготовку й перепідготовку (переучування) авіаційних операторів високого ґатунку майстерності. Кожен з них має особисті, властиві лише йому когнітивні риси, а отже, і набутий потенціал ЗУН, які впливають на процес навчання і ПП. Тобто для кожного випробуваного μ не буде дорівнювати ідеальному значенню, а матиме місце незначна різниця в показнику ПП.

Виділивши цю різницю, вважатимемо її показником особистих властивостей авіаційного оператора відносно ідеального закону розвитку ЗУН. Залишимо $\mu = y t$ і виділимо показник із випадкової складової з виразу 1.116.

Очевидно, що випадкова складова $\frac{4}{y t}$ може приймати як додатні, так і від'ємні значення залежно від 4_t . Оскільки стаціонарний процес характеризується наближенням його показника до сталого значення, то 4_t в кожному випадку буде демонструвати не лише відхилення випадкової величини, а й показник особистих властивостей випробуваних. Виділити цей показник можна за таким алгоритмом. Нехай

$$\frac{4}{y t} = \frac{4_{tc}}{y t} + \frac{4_{tv}}{y t}, \quad (1.124)$$

де 4_{tc} – показник особистих властивостей;

4_{tv} – дійсне відхилення випадкової величини.

Тоді, маючи низку показників набутих рівнів ПП для кожного моменту часу t матимемо:

$$\frac{4_t}{y t} = \frac{4_{tc}}{y t} + \frac{4_{tv}}{y t}, \quad (1.125)$$

де $4_{tc} t = const$;

$4_{tv} t$ – довільно змінюється.

За визначенням стаціонарності процесу:

$$\sum_{t \rightarrow \infty} 4_{tv} t = 0, \quad (1.126)$$

а отже

$$4_{tc} t = \frac{\sum [4_1, \dots, 4_t]}{t} \quad (1.127)$$

тобто спостерігається звичайне середнє арифметичне.

Базуючись на значеннях $4_{tc} t$, можна дійти висновку про дострокове припинення тренування авіаційних операторів «переднього краю» за встановленою програмою ПП і можливість переходу на професійно-орієнтовану ПП за завданнями підвищеної складності. Безумовно, якщо це дозволяє програма навчання.

Розглянувши ряд значень $\frac{4_{tc}}{y t}$ при $t = 1, 2, 3, \dots$ можна виділити декілька груп авіаційних операторів. Приймемо, що

$$\forall t: \Delta^+ = \frac{\sum \begin{cases} 1, & A_{tc}^{t+1} \geq A_{tc}^t \\ 0, & A_{tc}^{t+1} < A_{tc}^t \end{cases}}{t}. \quad (1.128)$$

Перша група характеризується відсутністю плато та спадаючих відрізків на графіку показника ССП, що відповідає надбанню ЗУН. Для цієї групи характерною є умова

$$\Delta^+ = 1. \quad (1.129)$$

Друга група характеризується наявністю невеликої кількості плато та спадаючих відрізків на графіку показника ССП, що ілюструє надбання ЗУН. Для цієї групи характерною є умова

$$\Delta^+ = 1; 0,75. \quad (1.130)$$

Третя група характеризується частою наявністю плато та спадаючих відрізків на графіку показника ССП, що ілюструє надбання ЗУН. До третьої групи належать авіаційні оператори, для яких

$$\Delta^+ = 0,75; 0,5. \quad (1.131)$$

В четвертій групі наявність плато та спадаючих відрізків на графіку показника ССП надбання ЗУН постійна або переважає. Для цієї групи

$$\Delta^+ = 0,5; 0. \quad (1.132)$$

Для авіаційних операторів, які досягли бажаного рівня z_t t навчання може бути закінченим за умови, якщо $\Delta^+ = 1$ або $\Delta^+ = 1; 0,75$. Тоді формула інтегрального показника навченості матиме вигляд:

$$I = \begin{cases} \begin{cases} \lambda z_t \tau \\ t_s = \tau; z_t \geq aX^+ \end{cases} \\ \begin{cases} \lambda z_t \tau \\ t_s < \tau, z_t \geq aX^+, \Delta^+ > 0,75 \end{cases} \\ 0 \\ \begin{cases} t_s = \tau, z_t < aX^+ \end{cases} \end{cases}. \quad (1.133)$$

Вираз 1.133 є остаточним виглядом критеріїв ПР щодо припинення навчання і ПП. Зазначений показник враховує час навчання, кінцевий рівень ЗУН, повноту опанування навчальної програми та в разі виходу випробуваних на бажаний рівень успішності може запропонувати дострокове закінчення навчання залежно від динаміки рівня успішності.

Розділ 2. МЕТОДОЛОГІЯ КВАЛІМЕТРІЇ СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

2.1. Застосування інформаційно-кібернетичних ланцюгів для моделювання спільної навчальної діяльності

Загальноприйнято, що якщо кожний окремих представник навчальної групи буде мати достатньо високий РАО, то і на всю групу буде «автоматично» поширена системна властивість емерджентності [12; 121; 179; 205 та ін.], яка перетворюється на синергетичний ефект [149; 268; 320; 330 та ін.]. Тоді, скажімо, для навчальної групи, яка утворюється $m=3$ учнями, які спільно виконують окреме навчальне завдання невисокої складності, цей ефект можна подати в такому формальному вигляді $1+1+1 > 3$. Це свідчить про демонстрацію простого адитивного синергетичного ефекту. Якщо ж навчальна група продукує нові ЗУН, розв'язуючи навчальне завдання підвищеної складності, то ефективність її праці можна нормально записати так: $1+1+1 > 3^3$, що свідчить про прояв вже складного мультиплікативного синергетичного ефекту.

Для групи, яка утворена m учнями, наведене можна формально подати так:

$$\left\{ \begin{array}{l} 1+1+\dots+m > t \quad - \text{простий адитивний} \\ \qquad \qquad \qquad \qquad \text{синергетичний ефект} \\ 1+1+\dots+m \gg t \quad - \text{складний адитивний} \\ \qquad \qquad \qquad \qquad \text{синергетичний ефект} \\ 1+1+\dots+m \geq t^m \quad - \text{складний мультиплікативний} \\ \qquad \qquad \qquad \qquad \text{синергетичний ефект} \end{array} \right. \quad (2.1)$$

Якщо виконується будь-яка з умов виразу 2.1, то навчальна група дійсно може розглядатися як цілісне утворення, якому дійсно притаманна системна властивість емерджентності. Однак зазначеного «автоматичного» утворення навчальної групи як ефективного колективного виконавця навчальних завдань не відбувається, що вимагає проведення відповідних досліджень з розроблення технології організації навчальної групи та аналізу її діяльності.

Значний внесок в розробку зазначеної проблеми, особливо у частині, що стосується невеликих груп авіаційних операторів (льотних екіпажів, диспетчерських змін) зробили Н. Завалова та В. Пономаренко [213], В. Юсов [333], які розкрили вплив соціально-психологічних чинників на колективну діяльність. Різні аспекти урахування міжособистісних зв'язків у колективній діяльності авіаційних операторів «переднього краю» розглядаються в працях С. Богачева [30], К. Платонова та Б. Гольдштейна [211], В. Бодрова [32], Б. Покровського [212], О. Рєви [248] та ін. Причому спостерігається набагато менше результатів досліджень з формально-математичного опису й оптимізації діяльності невеликих груп, що не дає змогу повною мірою отримати всі

очікувані від моделювання позитиви, що були визначені Генеральним конструктором О. К. Антоновим і наведені нами в попередньому розділі.

Вважаємо, що найбільш придатними для розв'язання сформульованої проблеми є методи кібернетичних інформаційних ланцюгів професора А. Денисова [85], які, на жаль, знайшли на теренах СНД незначну кількість прихильників [74; 97; 225; 242 та ін.]. Для моделювання спільної діяльності членів невеликої навчальної групи ці методи застосовуються вперше.

Інформаційний ланцюг в загальному випадку визначають як сукупність взаємодіючих джерел, перетворювачів і споживачів інформації (рис. 2.1). Такі інформаційні ланцюги завжди замкнуті на джерело або за допомогою каналів прямого і зворотного зв'язку, або (у відсутність одного з них) за допомогою логічних зв'язків між джерелом і навантаженням.

Як відомо, стан матерії, що нас оточує, характеризується деякою невизначеністю, або *ентропією*, $H_0 = -\log P_0$, яка постає в ролі *інформаційного потенціалу* (суті) події, апріорна імовірність якої дорівнює P_0 . Метою та сенсом будь-якого управління є зміна в той чи інший бік цієї апріорної імовірності події до деякого нового значення $P_{ум.}$, якому відповідає нове значення потенціалу $H_{ум.} = -\log P_{ум.}$, де $P_{ум.}$ – імовірність події за умови управління нею. Таким чином, суть управління, здійснюваного джерелом інформації, може бути охарактеризована деякою *інформаційною напругою*:

$$\Delta H = H_0 - H_{ум.} = \log \frac{P_{ум.}}{P_0}. \quad (2.2)$$

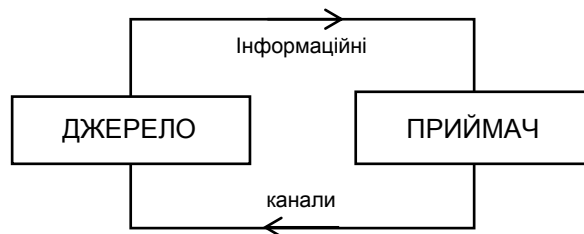


Рис. 2.1. Загальна структура інформаційного ланцюга

У процесах вирішення навчальних завдань джерелом інформації є зазвичай люди (інші члени групи, учитель-тьютор тощо), або технічні пристрої (комп'ютери). Комп'ютер є джерелом керівної інформації, напруга якого дорівнює логарифму відношення ймовірностей успішної праці навчальної групи за умов функціонування та відмови цього технічного засобу.

Із виразу 2.2 випливає логічний висновок, що інформаційна напруга (суть) джерела ΔH може бути як позитивною, коли за його допомогою збільшується імовірність бажаної події (правильного вирішення навчального

завдання), так і негативною, коли отримана за його допомогою інформація призводить до зниження імовірності правильного вирішення навчального завдання. Якщо $P_{ум.} = P_0$, то напруга джерела рівна нулю, тобто його роль в управлінні неістотна і він не має сенсу.

Інформаційну напругу, як і ентропію, можна вимірювати в різних одиницях залежно від вибору основи логарифму у виразі 2.2 або від схильності дослідника до тих або інших інтерпретацій. Інформаційну ентропію ототожнюють з термодинамічною ентропією, вимірюючи їх в однакових одиницях. Однак надалі будемо користуватися в ролі одиницею напруги *бітами*, які можна отримати, якщо в виразі 2.2 застосовувати двійкові логарифми, оскільки це забезпечує таку розмірність усіх інших інформаційних величин, що добре інтерпретується [36; 85].

Якщо виконавча система не володіє ані пам'яттю, ані звичками, то єдиною її характеристикою в цьому аспекті є *інформаційний опір*, тобто час її реакції на отриману інформацію (час виконання навчального завдання), який обчислюється від моменту виходу керівної інформації з джерела до моменту отримання джерелом сигналу зворотного зв'язку про досягнення поставленої мети. Наприклад, в освітянській системі, як і у будь-якій *іншій гуманістичній системі управління*, в якій розпорядження можуть віддаватися в усній формі або через комп'ютерну мережу, інформаційний опір системи виконання дорівнює часу виконання від моменту, коли розпорядження сформульоване, до моменту, коли поступила доповідь про виконання.

Зауважимо, що на думку Л. Заде (Lotfi Zadeh), одного з фундаторів нечіткої математики, «гуманістичні – це такі системи, на поведінку яких великий вплив здійснюють судження, сприйняття або емоції людини... Сама людина (індивід) та процеси її мислення також можуть розглядатися як гуманістичні системи» [101]. Отже, гуманістичні – це будь-які системи, у складі яких є людина. Залежно від цілей, які переслідує людина в гуманістичній системі, може бути виділена деяка множина класів гуманістичних систем. Освітні гуманістичні системи – це такі, де мета фахівця-педагога (педагогічного колективу) полягає в передачі та розвитку в тих, хто навчається, необхідних ЗУН, зокрема вміння вчитися [77].

Вкажемо, що час, який необхідний для прийняття самого рішення, його викладу і осмисленого сприйняття доповіді про виконання, є внутрішнім інформаційним опором джерела інформації, зворотним його пропускній спроможності I_{max} . Таким чином, для системи без звичок і пам'яті (рис. 2.2) має місце інформаційний закон Ома:

$$I = \frac{\Delta H}{\tau_n} \quad (2.3)$$

де I – інформаційний струм у ланцюзі навантаження;

$\tau_n = \tau - \tau_{см.}$ – інформаційний опір навантаження;

τ і τ_{em} – інформаційні опори відповідно всього ланцюга та джерела (внутрішній);

З формули 2.3 випливає, що за однократного досягнення мети через систему проходить інформація J_u , яка дорівнює напрузі джерела:

$$J_u = I \cdot \tau_n = \Delta H . \quad (2.4)$$

За тривалої роботи системи впродовж часу T крізь неї проходить інформація:

$$J = \int_0^T I dt = \int_0^T \frac{\Delta H}{\tau} dt . \quad (2.5)$$

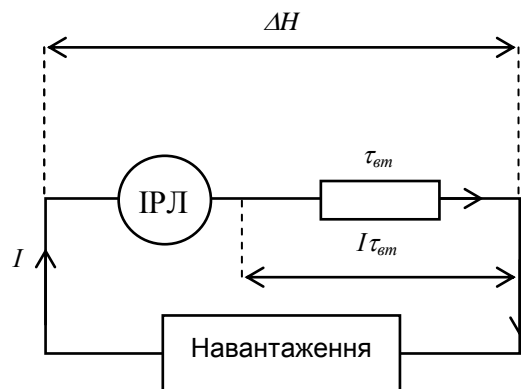


Рис. 2.2. Простіший інформаційний ланцюг:
ІРЛ – інформаційна рушійна логіка

Наприклад, звичайною є ситуація, коли після завершення заздалегідь доведеного до учнів часу виконання контрольної роботи педагог виголошує команду: «Роботу припинити, зошити закрити і здати на перевірку». З урахуванням поведінки недисциплінованих учнів, команда повторюється декілька разів упродовж часу T . Оскільки для виконання цієї команди учням потрібен певний час τ , то вони встигають отримати інформацію

$$J = -\frac{T}{\tau} \log P ,$$

де P – імовірність мимовільного виконання команди, якщо педагог раптом з якихось обставин її не повторює та дисципліновані учні орієнтуються лише на показники свого годинника ($P_{ум} = I$).

Формула 2.5 є справедливою лише в тих випадках, коли напруга і струм не змінюють знак при сприйнятті інформації від педагога. У тих же вельми частих випадках, коли напруга і струм періодично змінюють знак, у формулі 2.5 варто підставляти діюче значення струму, яке може бути визначене так:

$$I_{\partial} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} = \sigma i, \quad (2.6)$$

де i – миттєве значення інформаційного струму;
 T – період зміни струму.

Наприклад, якщо під час виконання навчального завдання в процесі зовнішнього незалежного оцінювання (ЗНО) передається послідовність команд «почати працювати» / «припинити працювати» з періодом T і тривалістю $t_{ноч.}$ і $t_{прин.}$ кожна (рис. 2.3), то відповідні їм позитивна та негативна інформаційна напруга $\Delta H_{ноч.}$ і $\Delta H_{прин.}$ визначаються відповідною апріорною імовірністю цих станів об'єкта управління до подачі команд. Причому, якщо час включення інформаційний опір об'єкта становить $t_{ноч.}$, а якщо час відключення – τ_0 , то вищенаведеній напрузі відповідають струми $i_{ноч.} = \frac{\Delta H_{ноч.}}{t_{ноч.}}$ впродовж часу $t_{ноч.}$ і $i_0 = \frac{\Delta H_0}{t_0}$ впродовж часу t_0 .

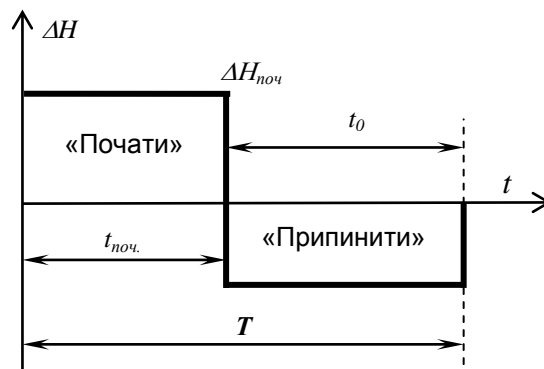


Рис. 2.3. Знакозмінна ентропія

Природно, що ефективність джерела залежить від того, наскільки швидко воно видає керівну інформацію при зміні стану навантаження. Запізнювання, наявне в джерелі, знецінює видану їм керівну інформацію та виконує функції внутрішнього інформаційного опору джерела. Напругу джерела, яку воно має на холостому ході без інформаційного навантаження, без урахування внутрішнього опору, називають *інформаційно-рушійною логікою* (ІРЛ) джерела. За наявності ж навантаження інформаційний струм I створює падіння напруги на внутрішньому опорі τ_{em} (див. рис. 2.2), яке знижує ІРЛ до робочої напруги на величину $I \cdot \tau_{em}$ так, що

$$\Delta H = h - I \tau_{em}, \quad (2.7)$$

де h – ІРЛ джерела.

Отже, чим більше запізнювання в джерелі, тобто чим більше часу займає процес переробки інформації і ПР, тим, згідно з 2.7, менше його напруга в

порівнянні з ІРЛ, а отже, тим менше воно здатне змінити імовірність досягнення мети керування. Ця властивість більш посилюється у міру збільшення навантаження, тобто в міру зростання інформаційного струму. Тому при проектуванні джерела для роботи на певне навантаження (на заданий інформаційний струм) необхідно з урахуванням його внутрішнього опору завищувати його ІРЛ на $I \cdot t_{em}$ з метою забезпечити задану імовірність потрібної події. Переписавши вираз 2.7 у формі

$$P_{ум.} = P_h e^{-I \tau_{em} \ln 2}, \quad (2.8)$$

отримаємо, що для великих інформаційних струмів джерела з помітним внутрішнім опором (запізнюванням) τ_{em} можуть забезпечити лише порівняно низьку імовірність $P_{ум.}$ бажаної події. Оскільки будь-які реальні джерела інформації (учні, педагоги) володіють кінцевим інформаційним опором, то розглянемо способи його зменшення за допомогою схемних перетворень. Поки зазначимо, що стосовно людини ІРЛ характеризує її потенційні творчі можливості при практично необмеженому часі, відведеному для ПР.

Стосовно внутрішнього інформаційного опору членів екіпажу, то він характеризує лише швидкість міркування (наприклад, швидкість арифметичних операцій) незалежно від потенційних можливостей індивіда. Інформаційна ж напруга людини як джерела інформації визначається, згідно з виразом 2.7 сукупною дією чинників. У результаті чого учні з незвичайно високим РАО, але зі сповільненою реакцією, виявляються безпорадними за необхідності виконувати навчальні завдання в умовах дефіциту часу, забезпечуючи, згідно з виразом 2.8, лише порівняно низьку імовірність досягнення мети управління. Навпаки, люди навіть дуже обмежені, але рішучі та з хорошою реакцією, володіючи низьким інформаційним опором і навичками вирішення навчальних завдань репродуктивного конструктивно-варіативного рівня складності, здатні за обмежених значень інформаційних струмів забезпечити відповідно до виразу 2.8 досить успішне виконання навчального завдання в умовах дефіциту часу.

Реальні інформаційні ланцюги нерідко є складними переплетеннями джерел і приймачів, що не зводяться лише до послідовних або паралельних з'єднань. Стосовно навчальної групи йдеться про те, що кожний її член, будучи водночас приймачем і джерелом інформації, обмінюється інформацією практично з кожним із решти членів, утворюючи складне переплетення інформаційних зв'язків. Ось чому до подібних ланцюгів застосовні інформаційні закони Кирхгофа, перший з яких відображає закон збереження інформації почуттів (принцип безперервності струму) і формулюється так: сума струмів, що протікають через будь-який вузол схеми, дорівнює нулю (під вузлом розуміється будь-який перетин або розгалуження провідників інформації).

Другий закон Кирхгофа розглядає основну властивість логічної інформації: сумарні падіння напруги за будь-якими шляхами між двома вузлами рівні між собою (не залежать від шляху), тобто мета не залежить від засобів.

Розглянемо, з урахуванням результатів досліджень [85; 320], застосування цих законів на прикладі управління діяльністю невеликою навчальною групою, яка утворюється $m=3$ учнями. Припускаючи, що всі перелічені члени цієї групи є особами відповідальними та враховуючи взаємний зв'язок і органічну єдність сфер їх навчальної діяльності, можна уявити два варіанти схем управління (рис. 2.4).

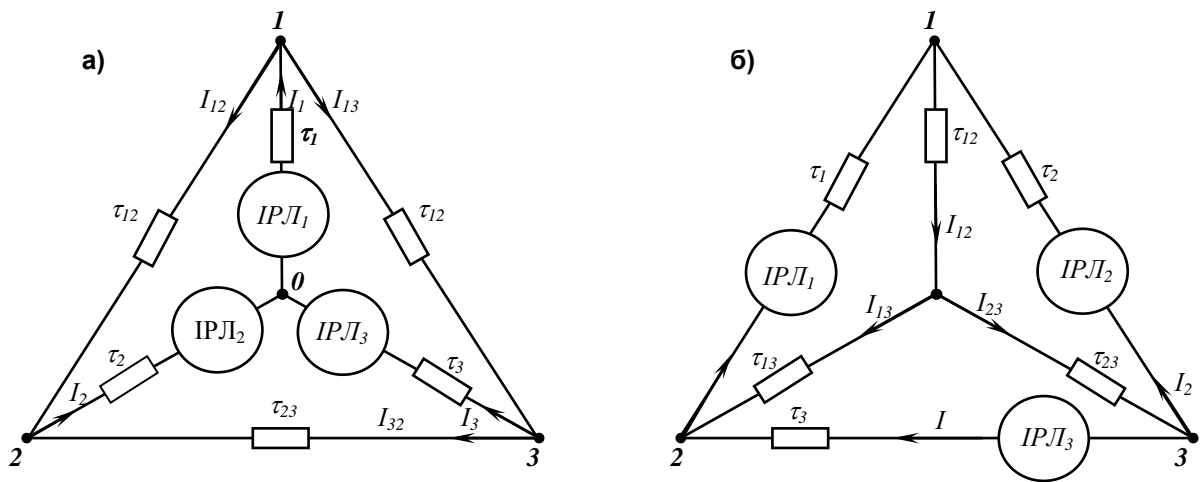


Рис. 2.4. Схеми керування невеликою навчальною групою при виконанні спільного навчального завдання:

- а) послідовна організація спільної навчальної праці;
- б) паралельна організація спільної навчальної праці

На рисунку 2.4 ІРЛ кожного члена групи поставлені у відповідність інформаційні опори τ_{11} , τ_{12} , τ_{13} . Умовно будемо вважати, що учень 1 (ІРЛ₁) виконує функції координатора. Також вважатимемо, що йдеться про спільне виконання навчального завдання з математики з трьох тем.

Схема на рисунку 2.4 (а) відповідає випадку, коли кожний із членів групи впевнено орієнтується безпосередньо у двох із трьох тем. Причому всі вони вирішують завдання в безпосередньому контакті один з одним. Тому рішення завдання, виконане одним з учнів, доводиться погоджувати щонайменше з одним з тих, хто залишилися, адже відносно до кожного навантаження ці особи сполучені попарно послідовно.

На відміну від наведеного, схема на рисунку 2.4 (б) допускає незалежний (паралельний) вихід кожного з них на свої сфери управління з деяких питань, залишаючи решту питань для узгодженого (послідовного) управління.

Звернемося спочатку до першої з цих схем (рис. 2.4, б), застосувавши до неї закони Кирхгофа. Умовимось, що напрямки струмів, які довільно позначені на рисунку 2.4 (а), будемо вважати позитивними, коли вони

спрямовані до вузла, і негативними – коли вони спрямовані від нього.

Отже, перший закон Кирхгофа стосовно вузла 1 розгалуження струмів дає $I_1 = I_{12} + I_{13}$. Так само маємо для вузлів 2, 3, 0: $I_2 = I_{12} + I_{23}$; $I_3 = I_{23} - I_{13}$; $I_2 = I_1 + I_3$.

Застосовуючи другий закон Кирхгофа до всіх ланцюгів між вузлами 1 і 2 та вважаючи, що напрям ІРЛ джерел співпадає з напрямками струмів у ланцюгах, отримаємо:

$$\begin{aligned} \Delta H_{12} = I_{12}\tau_{12} = h_1 + h_2 - I_1\tau_1 - I_2\tau_2 = \\ h_1 - h_3 - I_1\tau_1 + I_3\tau_3 + I_{23}\tau_{23} = I_{13}\tau_{13} + I_{23}\tau_{23}. \end{aligned} \quad (2.9)$$

Розглянуту процедуру можна продовжувати для пар вузлів: «1 – 3», «2 – 3», «0 – 1», «0 – 2», «0 – 3». Однак у цьому немає необхідності, оскільки для визначення шести невідомих струмів нам потрібно лише шість рівнянь, а ми їх вже отримали значно більше. Причому до цих рівнянь увійшли всі параметри схеми.

Розв'язуючи отриману систему рівнянь, можна знайти струми в усіх гілках схеми. З урахуванням громіздкості виразів, що виходять, розглянемо спрощений варіант завдання управління, коли:

$$\begin{cases} h_1 = h_2 = h_3 = h \\ \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_{em} \\ \tau_{12} = \tau_{13} = \tau_{23} = \tau_H \end{cases} \quad (2.10)$$

За таких умов легко отримати наступне:

$$I_{13} = 0; \quad (2.11)$$

$$I_1 = I_3 = I_{12} = I_{23} = 0,5 \cdot I_2; \quad (2.12)$$

$$\Delta H_{12} = \Delta H_{32} = I_{12}\tau_H = 2h - I_1 + I_2 \tau_{em} = I_{23}\tau_H \quad (2.13)$$

Враховуючи вирази 2.9–2.13, отримуємо:

$$I_2 = \frac{4 \cdot h}{\tau_H + 3 \cdot \tau_{em}}; \quad (2.14)$$

$$I_1 = I_3 = I_{12} = I_{23} = 2h \cdot \tau_H + 3 \cdot \tau_{em} \quad (2.15)$$

Таким чином, якщо припустити, що всі інформаційні навантаження приблизно однакові, а члени навчальної групи володіють зіставними ІРЛ і внутрішніми опорами, то при виконанні завдання за схемою рис. 2.4 (а) виникає реальна загроза, що одна зі сфер управління (навчальна тема з математики) виявиться некерованою, тобто неохопленою жодним із членів групи. На схемі наведене відповідає елементу τ_{13} .

Застосовуючи тепер закони Кирхгофа до тих самих вузлів і гілок схеми на рисунку 2.4 (б), ми отримуємо:

$$\left. \begin{aligned} I_{12} &= I_1 + I_2 \\ I_1 &= I_{13} + I_3 \\ I_{23} &= I_2 + I_3 \\ I_{12} &= I_{12} + I_{23} \end{aligned} \right\} \quad (2.16)$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{12} &= h_1 - I_1 \tau_1 = I_{12} \tau_{12} + I_{13} \tau_{13} = \\ &= I_{12} \tau_{12} + I_{23} \tau_{23} - h_3 + I \tau_3 = h_2 - I_2 \tau_2 - h_3 + I_3 \tau_3 \end{aligned} \quad (2.17)$$

Вирішуючи відповідну систему рівнянь, отримуємо вирази для струмів у всіх гілках схеми. Знов звернемося до спрощень задачі за тих же умов, що і в першому випадку. Одразу зазначимо, що, попри рівність напруги джерел і подібність навантажень, у схемі рисунку 2.4 (а) жодної симетрії струмів у гілках не наступає, оскільки симетрія будь-яких двох джерел завжди порушується третім джерелом. Проте, як легко можна переконатися, складена для схеми рисунку 2.4 (б) система рівнянь при прийнятих допущеннях сумісна лише, якщо $I_{13} = 0$.

$$I_{12} = I_{23} = \frac{2h}{3\tau_n + \tau_{em}}; \quad (2.18)$$

$$I_1 = I_3 = \frac{h}{\tau_{em}} \frac{\tau_n + \tau_{em}}{3\tau_n + \tau_{em}}; \quad (2.19)$$

$$I_2 = \frac{h}{\tau_{em}} \frac{\tau_{em} + \tau_n}{3\tau_n + \tau_{em}}. \quad (2.20)$$

Порівнюючи схеми (а) і (б) рисунку 2.4, можна дійти висновку, що обидві вони при рівності ІРЛ і внутрішніх опорів джерел і при однакових навантаженнях приводять до некерованості однієї з сфер навчальної діяльності групи, тобто одна з навчальних тем з математики може бути неохопленою. Причому, якщо $\tau_n \gg \tau_{em}$, тобто якщо для ПР щодо вибору методів вирішення навчального завдання потрібно значно менше часу, чим для його виконання, то схема на рисунку 2.4 (а) дає в три рази більші струми інформації в навантаженнях, ніж схема 2.4 (б), що забезпечує їй кращу керованість. Проте джерела ІРЛ₁ і ІРЛ₃ в схемі 2.4 (а) завантажені в 6 разів більше, ніж в схемі 2.4 (б), а джерело ІРЛ₂ – навіть у 8 разів більше.

Якщо ж $\tau_{em} \gg \tau_n$, тобто якщо процедура вироблення й узгодження управлінських рішень вимагає значно більше часу, ніж їх виконання, то тепер вже схема на рис. 2.4 (б) забезпечує в 3 рази більші струми у сферах управління, ніж схема на рисунку 2.4 (а). Відповідно завантаження джерел

ІРЛ₁ і ІРЛ₃ в схемі на рисунку 2.4 (б) на третину більше, ніж їх завантаження в схемі на рисунку 2.4 (а), а завантаження джерела ІРЛ₂ у схемі на рисунку 2.4 (б) на третину менше, ніж в схемі на рис. 2.4 (а), хоча і рівна завантаженню джерел ІРЛ₁ і ІРЛ₃ у своїй схемі.

На завершення подамо обидва закони Кирхгофа у вигляді універсальних формул. Отже, для будь-якого вузла інформаційного ланцюга

$$\sum_{k=1}^n I_k = 0, \quad (2.21)$$

а для будь-якого замкненого контуру

$$\sum_{k=1}^n \Delta H_k = 0. \quad (2.22)$$

2.1.2. Ризик, конфлікт і невизначеність навчальної ситуації за відмови учня від спільної праці

Дослідники спільної навчальної діяльності переважно виходять з того, що нібито всі члени групи, залучені до такого роду праці, беруть участь у розв'язанні відповідних завдань. Однак поза увагою залишилися проблеми, пов'язані з ситуацією, коли з якихось причин окремих член (чи декілька членів) навчальної групи вже в процесі розв'язання отриманого завдання буде усуватися від спільної навчальної праці. З джерел [229; 240; 259] випливає, що така ситуація сприяє прояві ризику, конфлікту та невизначеності в процесі ПР. Абстрагуючись від конкретного змісту перелічених характеристик і уявляючи собі поле ПР у вигляді деякої поверхні, на якій фіксується визначена точка – ПС, зв'язки, які утримують цю точку на поверхні, є аналогічні аналітичним зв'язкам між конфліктом, ризиком і невизначеністю. Тоді рівняння зв'язку може бути отримано за умови рівноваги, що випливає з принципу віртуальних переміщень.

Розглянемо ситуацію, коли кожному члену невеликої навчальної групи пропонують взяти участь у спільній роботі. Кожний учасник має право задавати питання, з'ясування яких він вважає важливим для ПР і вирішення навчального завдання.

Рішення буде позитивним, якщо учасник обговорення погоджується взяти участь у роботі невеликої групи, і негативним – у протилежному випадку.

Відповідні коефіцієнти конфліктності (c), ризику (r) та невизначеності (u) обчислюються згідно з формулами:

$$c = \frac{4pq}{N \cdot N - t}; \quad (2.23)$$

$$R = \frac{I+t \cdot I+v}{N^2}; \quad (2.24)$$

$$U = \frac{v}{m}, \quad (2.25)$$

де N – загальна кількість учнів, залучених до спільної навчальної праці в невеликій групі;

p – кількість позитивних рішень;

q – кількість негативних рішень;

t – кількість відмов від спільної праці;

m – кількість питань, які були задані учасниками;

v – кількість питань, які були залишені без відповіді.

Якісний аналіз виразів 2.23–2.25 показує (рис. 2.5, а), що найбільший ризик спостерігається при повній невизначеності в тому випадку, коли конфліктність ситуації є максимальною ($C=1$).

За відсутності конфліктності ($C=0$) найбільший ризик спостерігається вже не при повній невизначеності, а дещо раніше, а при її збільшенні навіть зменшується.

Значимо, що в теорії вимірювань імовірність помилки (ризик) зменшується залежно від того, як збільшуються втрати від помилок. Наведене дає змогу припустити, що поле ситуацій може бути умовно поділене на три зони (рис. 2.5, а).

а) без врахування лідерських установ

б) з урахуванням лідерських установ

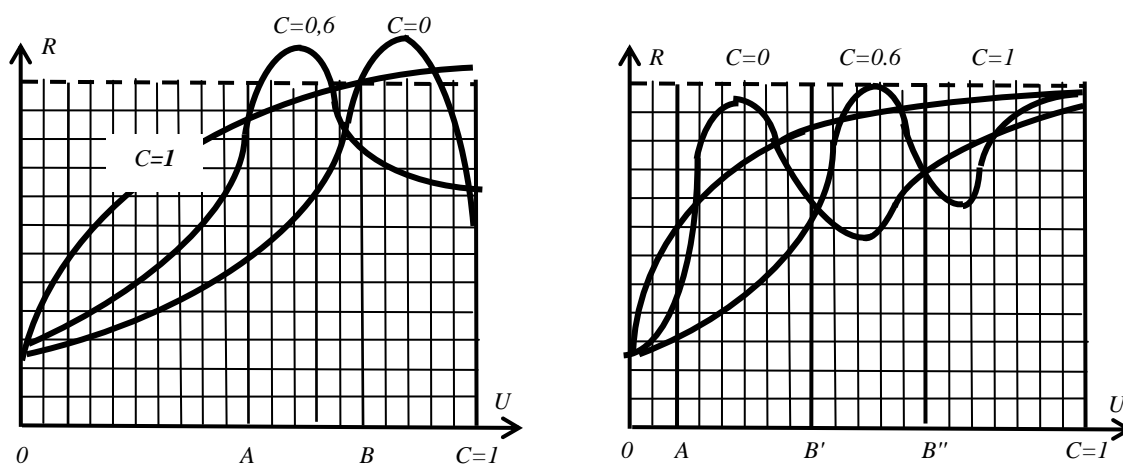


Рис. 2.5. Взаємозв'язок ризику, конфлікту та невизначеності в прийнятті рішень

У першій (0–А) зоні взаємозв'язок ризику та невизначеності є тим меншим, чим меншим є рівень конфліктності – це зона «байдужості».

Друга зона (А–В) характеризується наявністю випуклого максимуму

ризик, тому може бути обраний певний компроміс ($A-B$ – зона «компромісу»).

У *третьій зоні* ($B-C$) вибір переважно визначається ступенем конфліктності, – це зона «зіткнення».

Ще більш складна картина спостерігається, якщо врахувати специфічні настанови (наприклад, лідерські), коли члену невеликої групи пропонується її очолити (рис. 2.5, б). Тут спостерігається розщеплення зони «компромісу», розширення зони «зіткнення» і майже повне зникнення зони «байдужості».

Окрім наведеного, величина ризику суттєво залежить не стільки від кількості інформації, яка надходить (в конкретному випадку – кількість питань m), скільки від її якісного змісту. Наприклад, відсутність інформації про те, хто саме залучається до роботи в невеликій групі, може значно збільшити коефіцієнт ризику за порівняно низького загального рівня невизначеності.

Розглянемо такий гіпотетичний приклад застосування вищенаведеного. Нехай до спільної праці залучено $N=10$ учнів того самого класу. Нехай вони розглядають 20 альтернатив, які оцінюються також за 20-ма характерними ознаками (рисами, показниками, характеристиками тощо). Припустимо, що внаслідок групового обговорення було прийнято рішення щодо найкращої альтернативи A_i , тому $p=1$.

Нехай шість альтернатив було виключено з розгляду. Тому будемо вважати, що $q=6$.

Будемо вважати, що два учні відмовилися взяти участь в обговоренні. Звідси маємо, що $t=2$. Відповідно до виразу 2.21, отримуємо таке значення коефіцієнту конфліктності:

$$C = \frac{4 \cdot 1 \cdot 6}{10 \cdot 10 - 2} = 0,3.$$

Нехай учасники учнівської наради не мають належної інформації щодо п'яти ознак, за якими порівнюються альтернативи, а тому звертаються за цією інформацією до педагога. І оскільки ці ознаки стосуються всіх альтернатив, з яких здійснюється вибір, то маємо, що $m=12 \times 5=60$.

Якщо педагог не в змозі дати повноцінну характеристику двох рис трьох альтернатив, то маємо, що $v=2 \times 3=6$.

Тоді, згідно з виразами 2.22 і 2.23 отримуємо такі відповідні значення коефіцієнтів ризику і невизначеності:

$$R = \frac{1+2 \cdot 1+6}{10^2} \approx 0,21.$$

$$U = \frac{6}{60} = 0,10.$$

Отже, результати, отримані за допомогою гіпотетичного прикладу, дають загальне уявлення щодо ризику, конфлікту та невизначеності ситуацій вибору, коли хтось із членів групи, яка ПР, відсторонюється від обговорення.

2.3. Методологія оцінювання структурної ефективності спільної навчальної праці в невеликій учнівській групі

2.3.1. Ознаки і характеристика невеликої учнівської групи

Упровадження в практику навчання арсеналу інтерактивних методів, тобто таких, що спрямовані не лише і не стільки на закріплення вже вивченого матеріалу, скільки на вивчення нового, має відбуватися в так званих невеликих учнівських групах або в парах чи тріадах. Тому дослідження діяльності невеликих учнівських груп, яка передбачає спільне виконання навчальних завдань, особливо її організаційних аспектів є актуальною науковою та практичною задачею.

Отже, невеликі групи – це нечисельні об'єднання людей, які характеризуються спільністю цінностей, норм, інтересів членів групи, де відбувається соціалізація вічності.

У невеликих групах відбуваються різні внутрішньо групові стосунки (родинні, професійні тощо), а індивід соціалізується, пристосовується до суспільного життя. Фундаторами концепцій функціонування невеликих груп вважають Дж. Морено (J. L. Morenos.), К. Левін (Kurt Zadek Lewin), Дж. Хоманс (George Casper Homans), П. Сорокін (табл. 2.1) [151; 174; 274; 341].

Таблиця 2.1

Концепції функціонування невеликих груп

№	Назва теорії (підходу)	Провідні представники	Зміст теорії (підходу)
1	Соціометричний підхід	Дж. Морено	Суть цього підходу полягає в кількісному вимірі рівня стосунків симпатій і антипатій у групі
2	Теорія групової діяльності	К. Левін і Дж. Хоманс	Сенс цієї концепції в тому, що аналізуються форми і стосунки усередині групи
3	Теорія групової поведінки – біхевіоризм	П. Сорокін	Вивчаються взаємодії між членами групи, групові конфлікти, мотиви групової діяльності тощо

Отже, за видом діяльності та виконуваними функціями невеликі групи розрізняються за такими параметрами.

- 1) За родом діяльності:
 - a) виробничі;
 - b) навчальні;
 - c) аматорські, у яких члени групи пов'язані загальними інтересами та захопленням.

2) За способом виникнення:

а) формальні, тобто сформовані для виконання певних функцій усередині системи більш високого рівня з чисельністю 2–20 осіб;

б) неформальні або контактні, що виникаються на основі взаємних симпатій, чисельністю 2–9 осіб, що визначається обмеженістю психофізіологічних можливостей людини з запам'ятовування та розпізнавання певної кількості об'єктів. Окремо потрібно зауважити, що нижню межу чисельності невеликих груп 2–3 особи було встановлено Г. Зіммелем (Georg Simmel), який ввів поняття «діади» і «тріади» [107].

3) За ступенем розвитку міжособистісних стосунків:

а) диференціальні;

б) згуртований колектив.

4) За значущістю для індивіда:

а) групи членства, коли усі члени групи вважають себе рівними;

б) референтні групи, що становлять значне для індивіда коло стосунків.

Окрім того, для референтних груп ще характерні, з одного боку, функції порівняння параметрів і якостей своєї та інших груп і характеристик членів групи поміж собою, а з іншого – функції норми, тобто еталону поведінки і оцінки самого індивіда і оточуючих (табл. 2.2).

5) За виконуваними функціями:

а) інструментальні функції, які пов'язані з організацією спільної діяльності всередині групи;

б) експресивні та підтримуючі функції, пов'язані з задоволенням потреб індивіда у групі.

Таблиця 2.2

Види референтних груп

№	Види груп	Характеристика груп
1	Нормативні референтні	Об'єднання людей, цінності і норми поведінки яких сприяють розвитку особистісних властивостей індивіда і зумовлюють його подальші дії. (родина, друзі, колеги)
2	Позитивні референтні	Об'єднання людей, в які людина прагне увійти (дозвільні, спортивні групи)
3	Негативні референтні	Це групи, у яких особистість відкидає існуючі цінності і намагається дистанціюватися (наркомани, злочинці)

б) За глибиною та характером відносин між членами групи:

а) первинні групи – об'єднання людей, що характеризуються тісними зв'язками, стійкими неформальними стосунками й емоційно забарвленими контактами. Для первинних груп властива колективна єдність, сприйняття себе як «ми», а також виникнення протиріч і конфліктів. Приладом первинної

групи виступає родина;

б) вторинні групи – це об'єднання людей, зв'язок яких має безособовий характер і формалізовану взаємодію. У таких групах спостерігається наявність спільної мети, однак між членами групи особистісні стосунки є необов'язковими. Прикладом таких груп може бути студентська група чи учнівський клас, професійний колектив, спортивний клуб тощо. Ці групи спрямовані на реалізацію спільних цілей, тоді як первинні групи орієнтовані на зміцнення між особистих стосунків всередині групи.

7) За способом організації діяльності та особливостей форм соціального контролю:

а) формальні групи – об'єднання людей, діяльність яких регламентована офіційними правилами (інститутами). Ці групи мають такі ознаки:

- чіткий розподіл ролей (керівник – підлеглий);
- регламентація та строгість стосунків усередині групи;
- необхідність виконання певних умов;
- ієрархія та ранжованість групи;
- санкції за невиконання приписів;

б) неформальні групи – це об'єднання людей, які свідомо чи стихійно створюються з огляду на спільність інтересів і цінностей. Стосунки в таких групах будуються на відносній незалежності та свободі, мета – не чітко виражена, соціальний контроль ґрунтується на традиціях і відображає групову думку. Особливостями неформальних груп є ситуативність їх створення, недовговічність, стихійність ролей членів групи. Ці групи розрізняються на соціально значущі (групи прибічників йоги, дружні компанії) й асоціальні (девіантні групи – алкоголіки, наркомани тощо).

У контексті наших досліджень сконцентруємо увагу на *структурі учнівської групи*, тобто прийнятому розподілу керівництва та підлеглості, прав і обов'язків між членами групи, порядок відносин і спільних дій членів групи, характер комунікацій і переваг. З урахуванням рекомендацій, поданих у працях [142; 260; 315; 342; 354; 355] і адаптованих нами для проблем дидактики, варто зауважити, що:

1) наявність розвинених структур регулювання ризику недосягнення БКР забезпечує належний баланс між управлінням НВП і регулюванням цього ризику;

2) структура, яка розроблена з урахуванням відповідного ступеня складності, стандартизованих процедур і централізованого ПР і сумісна як з цілями ЗО, так і з характеристиками навколишнього соціального середовища.

Зазначимо, що проблеми соціометрії та впливу її результатів на розподіл ролей в учнівській групі, зокрема структуру взаємодій її членів у цій монографії нами свідомо не розглядаємо.

2.3.2. Структурно-системні особливості невеликих навчальних груп

Отже, уявляючи показники та характеристики невеликих груп, подані в попередньому пункті, можна констатувати, що вони є універсальними і можуть застосовуватися для аналізу, зокрема діяльності невеликих навчальних груп. Усі дослідження проводяться нами відповідно до методології теорії систем і системного аналізу. Застосовуючи відповідні дефініції, приймаємо таке:

1) *систему*, відповідно до [57; 178; 183; 205 та ін.], будемо розуміти як упорядковану певним чином множину елементів (навчальний підрозділ, педагогічний персонал, навчальний клас, самі учні та їх різноманітні об'єднання для спільного вирішення певних навчальних завдань тощо), що взаємопов'язані між собою у часі та просторі (відповідно до посадових інструкцій, призначення робочих місць (постів), особливостей соціальних норм, прийнятих у конкретному навчальному соціумі та особливостями організації НВП, зокрема відокремленими підрозділами, тими, хто навчається (дистанційне навчання) тощо) і утворюючих деяку спільність, якій притаманна системна властивість емерджентності [12; 179; 205; 247 та ін.];

2) *структуру* системи (організації, ЗО, навчального класу тощо) розуміють як сукупність елементів і зв'язків між ними, визначуваних, відповідно до розподілу функцій і цілей, що поставлені перед системою [77; 85; 136; 178; 179; 183; 205; 240; 328 та ін.]. Тому одним із головних завдань структурного аналізу є побудова наочної формальної моделі, яка б відображала існуючу систему взаємодії елементів як поміж собою, та і з зовнішнім середовищем. І якщо структура спроектована довільно, система може давати збої, особливо під час роботи в умовах перевантаження. На рисунку 2.6 подані приклади структурно-функціональної організації діяльності установ чи спільної праці окремих працівників, зокрема учнів, студентів, слухачів тощо, поєднаних для спільного виконання певних навчальних завдань [27; 39; 56; 85; 70; 104; 105; 183; 188; 227; 248; 249; 262; 282; 283; 290; 328; 335 та ін.];

3) *складність* структури управління в НВП пов'язана з:

- визначенням необхідної кількості рівнів управління;
- необхідністю розподілу навчальної та викладацької праці за видами робіт (структурні підрозділи ЗО, навчальні класи, групи, окремі учні тощо);
- ступенем розподілу або централізації персоналу, тобто суб'єктів і об'єктів НВП;

– ступенем автоматизації, що полегшує зв'язок між рівнями керування.

НВП є складною високотехнологічною (оскільки застосовує сучасні ІТ), соціотехнічною (оскільки час, що виділяється для функціонування системи «учень – ПЕОМ – середовище (не лише природне, а й навчальне і соціальне)» неухильно зростає), відкритою системою, то для дослідження закономірностей її функціонування та розвитку має бути застосовано підхід, що враховує

повільне накопичення інформації про систему на основі набору певних функцій. Цей підхід, названий «геном Ф. Темнікова», потрібен саме для освітянської системи, оскільки відкриває перспективи для її деталізації та подання в стратифікованому вигляді на кожному наступному рівні з подальшим вивченням кожної страти підсистеми, можливістю відкидання, редагування, додання нових страт, але ж за умов збереження концепції верхньої страти [56; 57].

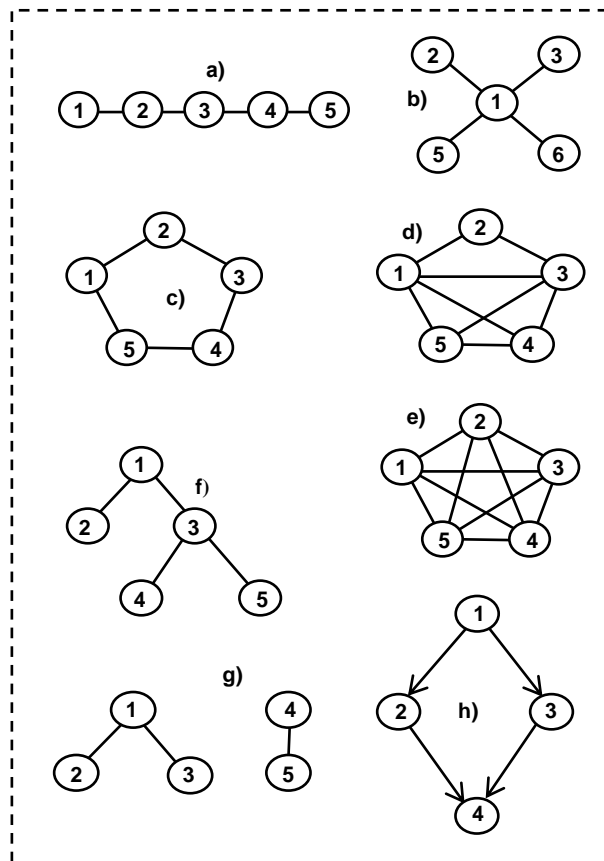


Рис. 2.6. Приклади типової структурно-функціональної організації:
 а) «ланцюжок»; б) «зірка»; в) «коло»;
 д) «мережа неповна»; е) «мережа повна»;
 ф) «дерево»; г) «незв'язана»; г) ромбоподібна

Розглянемо більш детально «ген Темнікова» з позицій виявлення ознак інформаційних систем (ІС) [56–58; 84; 85 та ін.].

Отже, як було доведено в підрозділі 1.1, сучасне навчання відбувається в умовах інформаційного буму. Тому будь-яка освітянська система, а отже, і НВП, що в ній відбувається, «приречені» бути інформаційними. У 1970 р. Ф. Є. Темніков запропонував такий склад основних функцій будь-якої системи, що поданий на рисунку 2.7 [58].

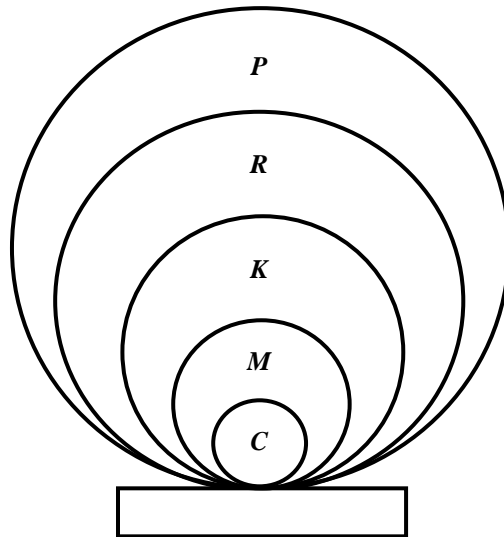


Рис. 2.7. Складники будь-якої інформаційної системи
(Ф. Темніков)

На рис. 2.7 прийняті такі позначки:

c – зв’язок (communication) – реєстрація, передача інформації, переміщення в просторі G ;

m – пам’ять (memory) – зберігання інформації, переміщення її у часі t ;

k – розрахунок (calculations) – від слів «калькулятор», «комп’ютер» – обробка отриманої інформації J ;

r – свідомість (reason) – розум;

p – політика (politics).

Так, Ф. Темніков розглянутий набір функцій вважав відмінною особливістю будь-якої складної живої системи, тому є необхідним і достатнім для її функціонування. Зображення у формі кіл він назвав «контурами» зв’язку, зберігання, розрахунку, свідомості та політики, які мають формуватися в складній системі. Причому зауважив, що для ІС достатньо застосування перших трьох контурів.

Для системи, зокрема освітній, у якій відбувається рух інформації в будь-якій формі, спостерігається дійсне її переміщення у просторі (рис. 2.8, а), тобто виконання функції c , після застосування якої система потрапляє в точку $A = f G$. Стосовно НВП йдеться, наприклад, про такі системи передачі інформації: ПЕОМ і комп’ютерні мережі, Інтернет-портالي типу «Острів знань», телефонний зв’язок, а також вербальна передача інформації педагогом тощо.

Більш складними є системи з пам’яттю, у яких разом з передачею інформації вводяться блоки її затримки в часі та зберігання, тобто виконуються функції c і m . Як наслідок (рис. 2.8, b), система опиняється в точці $B = f G, t$.

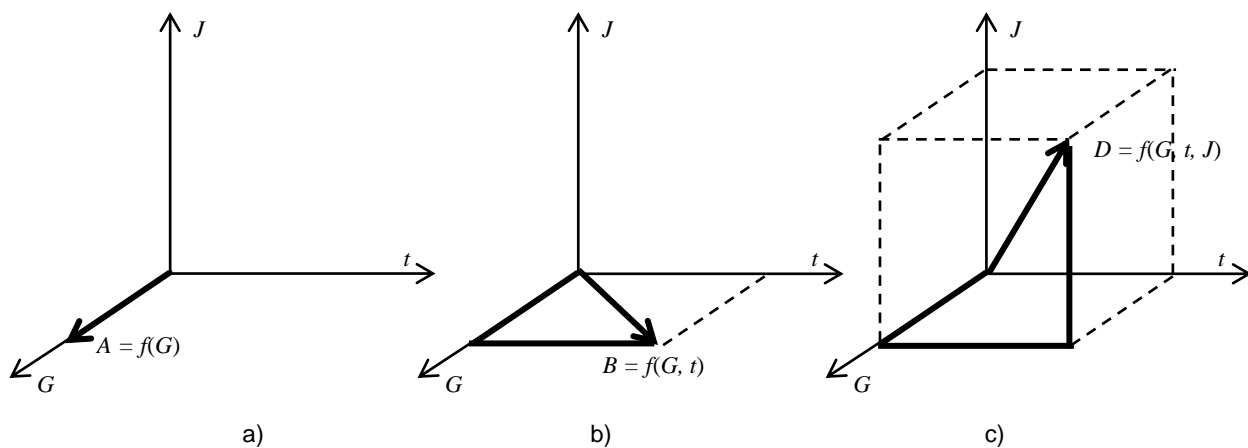


Рис. 2.8. Особливості розповсюдження інформації:
 а) переміщення інформації у просторі;
 б) передача інформації із затримкою;
 с) передача інформації з затримкою і обробкою

Щоб система вважалася інформаційною, в ній має відбуватися ще й обробка інформації, тобто мають виконуватися разом три функції s , m , k (рис. 2.8, с), після чого система потрапляє в точку $D = f(G, t, J)$.

В живих системах висувається вимога до обробки інформації типу проведення розрахунків, тому передбачається контур k , тобто наявність свідомості, розуму. У складних організованих системах (наприклад, освітянській) обов'язково мають враховуватися функції політики. Скажімо, європейська орієнтація вектору вітчизняної освіти або суспільне замовлення на фахівців високого гатунку тощо.

Дослідження [227; 242; 248; 249 та ін.] вказують, що для розробки та аналізу офіційних чи спеціально створюваних структур у освітянській гуманістичній системі (у визначенні Л. Заде [101]) можуть бути застосовані математичні методи теорії графів [27; 39; 63; 85; 104; 105; 108; 164; 183; 195; 282; 312; 335 та ін.]. Причому позитивна риса такого підходу визначається мінімально потрібним об'ємом апріорної інформації про структуру системи (організації) при наявності зв'язків та їх спрямованості.

Оскільки всередині системи здійснюється перманентна взаємодія її підсистем і елементів, то головними закономірностями комунікативності під час взаємодії системи зі складним середовищем є таке [108; 230; 262 та ін.]:

- 1) система – це цілісний комплекс взаємопов'язаних елементів;
- 2) система створює особливу єдність з середовищем;
- 3) будь-яка досліджувана система – це елемент системи більш високого порядку;
- 4) елементи будь-якої досліджуваної системи виступають саме як системи більш низького порядку.

Практично наведене має бути застосовуваним під час розробки структурної організації діяльності великих (установи, підприємства, ЗО) і невеликих начальних груп. Причому звернемо увагу, що в більшості випадків будь-яка система є ієрархічною (структурна організація функціонування за принципом «дерево»), тобто такою, якій властиві специфічні особливості [85; 164; 312 та ін.]:

- послідовне вертикальне розташування підсистем, що утворюють цю систему, або вертикальна спільна підлеглисть;
- пріоритет дій або право втручання підсистем верхнього рівня в дію підсистем нижнього рівня;
- залежність дій підсистем верхнього рівня від фактичного виконання підсистемами нижчих рівнів своїх функцій.

Разом з «деревом» спільна діяльність найбільш часто організується також за принципом «зірка», «мережа», «ланцюжок».

Відомо декілька компонентів, які мають враховуватися педагогом як людиною, яка ПР (ЛПР) чи керівництвом ЗО під час формування структури учнівських груп чи організацій загалом. З-поміж них є такий компонент як *складність*, що охоплює визначення необхідного числа рівнів управління, необхідний розподіл праці та спеціалізацію за видах навчальних робіт, ступінь розподілу або централізації педагогічного чи учнівського персоналу, а також ступінь інформатизації, що полегшують зв'язок між рівнями.

Проблеми, які сформульовані, зазвичай вирішуються для аналізу ефективності структурної організації гуманістичних систем (ще раз нагадаємо, у визначенні Л. Заде [101]), до яких, безумовно, належить і ЗО, і НВП, що в них відбувається, і учнівські групи тощо. Для цього застосовують методологію організаційної ергономіки, організаційної педагогіки та теорії графів [27; 39; 63; 85; 104; 105; 108; 114; 195; 282; 290; 312; 314; 326 та ін.], що й має бути врахованим під час структурної організації діяльності невеликих учнівських груп чи ЗО загалом.

2.3.3. Оцінювання структурної ефективності організації навчальної діяльності невеликих учнівських груп

Таким чином, з вищевикладеного випливає нагальна необхідність подальшої адаптації та розвитку сучасних методів організаційної ергономіки, організаційної педагогіки та теорії графів для потреб ретроактивного і проактивного аналізу й оптимізації структурної ефективності великих і невеликих груп, що функціонують у вітчизняній освітянській системі.

Головною позитивною рисою дослідження офіційних структур є потреба в мінімальному об'ємі апріорної інформації про неї у вигляді наявності зв'язків між елементами, що утворюють структуру. Будемо вважати, що всі лінії, які об'єднують два вузли, однакові та пов'язані одиницею відстані.

Повертаючись до рисунку 2.6 ще раз зауважимо, що схема будь-якої структури зазвичай подається у вигляді графа, де кружками, що є вузлами графа, позначаються, наприклад, учасники НВП, а лініями – взаємозв'язки між ними. Вважається, що всі лінії, які поєднують два вузли, однакові та відповідають одиниці відстані.

Відомо, що ефективність досягнення цілей, поставлених перед організацією (ЗО), її підрозділом, навчальним класом чи окремою групою суттєвим чином залежить від організації її структури, тобто від характеру поєднання підструктур, виконавців, тощо. Тому, спираючись на [27; 39; 63; 85; 104; 105; 108; 164; 183; 282; 312; 326 та ін.], розглянемо детальніше спочатку типові види структурно-функціональної організації діяльності, подані на рисунку 2.6.

Діяльність організовується за принципом «ланцюжка» (рис. 2.6, а), коли процес вироблення рішення розбивається на низку послідовних операцій, кожна з яких доручається окремому підрозділу (підструктурі), або, якщо мається на увазі діяльність усередині підрозділу – окремому виконавцю – його члену.

За умов, які потрібні операції виконуються паралельно та незалежно одна від одної, коли їх планування та координація здійснюється яким-небудь спеціально призначеним виконавцем або спеціальним підрозділом, функціональна організація діяльності постає у вигляді «зірки» (рис. 2.6, б). Причому вважають, що діяльність нібито відносно проста і рішення відповідних завдань не потребує пробки великих обсягів інформації або виконання складних алгоритмів діяльності. Тобто потенційні зв'язки окремих структурних підрозділів використовуються лише частково, і навпаки, більш повне їх використання знижує швидкість вирішення задачі та збільшує шанси виникнення помилок.

Якщо процес діяльності організований циклічно, тобто так, що операції, що до нього входять, виконуються послідовно різними співробітниками або структурними підрозділами (проте кінцева операція одного циклу є початковою для наступного), то функціональна структура постає як «коло» (рис. 2.6, с).

Якщо виконуються завдання, які потребують переробки суттєвих обсягів інформації і виконання складних алгоритмів діяльності, більш ефективними є організації (або групи) зі структурою, організованою за типом неповної (рис. 2.6, d) або повної (рис. 2.6, e) «мережі». Вважається, що в процесі спільної діяльності всі структурні підрозділи ЗО або всі члени одного підрозділу пов'язані поміж собою.

Ієрархічною назвемо структуру з наявністю підлеглих, тобто нерівноправних зв'язків між елементами, коли вплив в одному з напрямів набагато більший, ніж в іншому (рис. 2, f, g). Типовий ієрархічний зв'язок із впливом виду «інформація – керування» поданий на рис. 2.9, де, природно, домінує елемент M_1 .

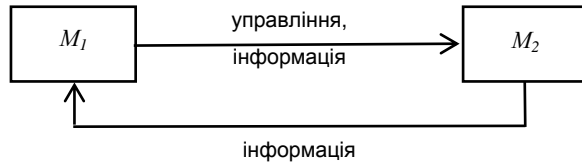


Рис. 2.9. Приклад типового ієрархічного зв'язку

Ієрархічна організація діяльності має такі головні особливості [85; 164]:

- послідовне вертикальне розташування підсистем, складників досліджуваної системи, або вертикальна спільна підлеглість;
- пріоритет дій або право втручання систем верхнього рівня в діяльність підсистем нижнього рівня;
- залежність дій підсистем верхнього рівня від фактичного виконання підсистемами нижнього рівня своїх функцій.

Якщо одночасно з ієрархічним керуванням розподіл обов'язків здійснюється за типом «зірка» (рис. 2.6, b), то весь спектр проблем розподіляється та вирішується за незалежними паралельними напрямками. За такої організації діяльності в структурі керування варто мати на увазі таке:

- *по-перше*, кількість підструктур або співробітників, учнів, підлеглих підсистемі верхнього рівня, зокрема керівникові, не має перевищувати «магічне число Міллера» (George Armitage Miller), що дорівнює 7 ± 2 оперативним одиницям і визначає об'єм оперативної пам'яті людини [63; 141; 346];

- *по-друге*, відомо, що здійснювати пряме розпізнавання, запам'ятовування, диференціацію образів 11 об'єктів, спроможні лише найбільш досвідчені фахівці [221]. У разі невиконання умови, що стосується досвіду, діяльність значно ускладнюється;

- *по-третє*, відомий також «коефіцієнт неефективності» С. Н. Паркінсона (Cyril Northcote Parkinson) $x = 19,9 \div 22,4$, що визначає верхню границю кількісного показника керованого керівником контингенту [200].

Таким чином, ідеться про обмеження психофізіологічних можливостей людини щодо розпізнавання та запам'ятовування певної кількості об'єктів керування, що варто обов'язково враховувати під час розробки, планування і структурної організації діяльності.

Види ієрархічних структур різноманітні. Серед них зустрічаються такі екзотичні, як «кільцеві» (рис. 2.6, c), коли перший елемент домінує над другим, другий – над третім тощо, а останній – над першим. Також можуть зустрічатися такі, що змінюють напрям домінування. Однак основних найбільш важливих для практики ієрархічних структур є лише дві: деревоподібна (рис. 2.6, f) і ромбовидна (рис. 2.6, h).

Деревоподібна структура (рис. 2.6, h) найбільш проста для аналізу та реалізації. У ній майже завжди зручно виділяти так звані ієрархічні рівні – групи елементів, розташованих на однаковій (за кількістю проміжних елементів) відстані від верхнього (головного) елемента. Прикладів таких

систем у штучних і живих системах чимало:

– ланцюжок «МОН України – ЗВО – факультет – кафедра – науково-педагогічний працівник – студент»;

– ієрархія цілей у задачі автоматизованого виробництва – від цілі ділянки, яка полягає в максимальному випуску продукції, до програмного забезпечення окремих операцій на станку (мета – операція);

– у живій природі – ієрархія за ознакою керованості процесів в організмі, ієрархія серед тварин тощо.

Зазначимо, що будь-яка ієрархія знижує можливості і, особливо, гнучкість (адаптивність) системи. Ініціатива елементів нижчого рівня відмінюється домінуванням зверху. І хоча елементи нижчого ієрархічного рівня все таки спроможні вплинути на це домінування (керування) зверху лише частково і зазвичай із затримкою. Однак, з іншого боку, введення ієрархії суттєво спрощує створення та функціонування системи, а тому її застосування певним чином є вимушеним, проте необхідним засобом аналізу складних систем, оскільки той чи інший ступінь ієрархії спостерігається в абсолютній більшості природних систем.

Негативні наслідки введення ієрархії долаються шляхом надання окремим елементам можливості реагувати на частину впливу без суворої регламентації зверху. Наприклад, перед навчальною групою ставиться завдання вирішити завдання взагалі, а не лише дотримуючись якогось певного методу.

Ромбовидна структура (рис. 2.6, h) веде, як мінімум, до подвійної підлеглості, звітності, належності нижнього елемента. Ідеться про участь конкретного елемента (структурного підрозділу, окремого виконавця) в роботі більш, ніж одного вузла, блока, про використання однієї і тієї самої інформації в різних задачах.

Провідна роль у діяльності належить інформаційним зв'язкам між структурними підрозділами / окремими виконавцями, або членами одного підрозділу, зумовлені їх функціональною взаємодією: чим більша їх кількість, тим вища можливість інформаційних зв'язків і появи різноманітних видів організаційних зв'язків. Однак реалізація цих можливостей залежить від конкретних задач, вирішуваних організацією.

У процесі формування будь-якої структури формується певний резерв її можливостей або «колективна спроможність». Кожний співробітник вносить у цей резерв свої здібності, ЗУН. Група інтегрує їх і виступає в ролі «колективного виконавця». Разом з тим, участь у груповій діяльності не лише агрегує знання кожного окремого її члена, а й шліфує його здібності і навіть вдосконалює їх, ЗУН.

Для аналізу ефективності структури застосовується низка показників, що характеризують граф. Для цього необхідно насамперед побудувати матрицю інцидентів (сумісності) $A = \| a_{ij} \|$ вершин графа, елементи якої визначаються так [85; 108; 114; 183; 195; 326]:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{– якщо з вершини } i \text{ можна} \\ & \text{перейти до вершини } j \\ 0 & \text{– в протилежному випадку} \end{cases} . \quad (2.26)$$

1. Зв'язність графа. Граф можна вважати зв'язаним, якщо для будь-яких вершин i та j існує ланцюг, що їх зв'язує. Показник зв'язаності всіх елементів має відповідати виконанню такої умови:

$$\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij} \geq n-1, \quad i \neq j. \quad (2.27)$$

Кількісна характеристика графа, що обчислюється за виразом 2.27, дає змогу виявити наявність обривів у структурі, висячі вершини тощо.

2. Структурна надмірність R / живучість системи відображає перевищення загальної кількості зв'язків над мінімально – необхідною, тобто таку кількість її станів, за яких група (організація, структура) зберігає працездатність [85; 108; 114; 183; 186; 195; 325]:

$$R = \frac{1}{2} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij}}{n-1} - 1. \quad (2.28)$$

Величина показника структурної надмірності має таку інтерпретацію:

$$R = \begin{cases} R > 0 & \text{– система має максимальну} \\ & \text{надмірність} \\ R = 0 & \text{– система має мінімальну} \\ & \text{надмірність} \\ R < 0 & \text{– система незв'язана} \end{cases} . \quad (2.29)$$

Також вкажемо, що у випадку суворої підлеглихості $R=0$, тобто з втратою хоч би одного зв'язку, структура стає непрацездатною й учнівська чи студентська група, факультет, ЗО загалом як організаційної структури, що працює на спільний кінцевий ефект, як такої, вже не буде. Це є неприпустимим з точки зору забезпечення безпеки функціонування системи, особливо у збійних ситуаціях.

Глибина втручання підсистем верхнього рівня в діяльність підсистем нижнього встановлена з урахуванням поради праць [85; 183] зазвичай дорівнює трьом залежно від особливостей організаційної структури очевидного в такому разі графічного перевантаження. Причому слід орієнтуватися на психофізіологічні можливості людини, тобто об'єм її оперативної пам'яті [63; 141; 200; 221; 346], що буде докладно розглянуто далі. Йдеться про те, що, аналізуючи кількість офіційних зв'язків, що планується кожному співробітникові (чи учневі) під час розробки структури будь-якої організації чи її підрозділу, слід обов'язково враховувати так зване «магічне» число Міллера (7 ± 2) [63; 141; 346], яке визначає об'єм оперативної пам'яті людини і її психофізіологічну спроможність розрізняти і

запам'ятовувати певну кількість об'єктів керування. У психологічній теорії розпізнавання образів (ТРО) визначено, що досвідчений фахівець може ефективно розпізнавати та запам'ятовувати до 11 об'єктів керування [221]. Водночас як «число (коефіцієнт) неефективності», що був запропонований С. Паркінсоном ($m = 19,9 - 22,4$) встановлює максимально-доцільну кількість групи для ефективного керування нею [200].

3. Момент групи характеризує керованість нею з боку лідера (керівника) або головного вузла й обчислюється за формулою [186; 195]:

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij}}{a_{lid.}^2} \sum_{i=1}^n a_{lid.} - a_i, \quad (2.30)$$

де $a_{lid.}$ – кількість зв'язків керівника (лідера) групи.

Дослідженнями встановлено, що за інших рівних умов будь-яка структура буде тим ефективною, чим більшими є значення показників R і M .

Варто вказати на неформального лідера зі зв'язків усередині офіційної структури, який за організаційним характером виконуваної роботи може мати майже в п'ять разів більший показник моменту групи, ніж офіційний лідер [250]. Наведене вимагає вживання заходів із забезпечення діяльності засобами штучного інтелекту, скажімо, системою підтримки ПР (СППР).

4. Рівномірний розподіл зв'язків у структурі графа. Природно, що система з більшою надмірністю R потенційно безпечніша, але в деяких завданнях аналізу структурної надійності її доцільно доповнити параметрами, що враховують нерівномірність розподілу зв'язків ε^2 [85; 114]. Цей показник характеризує недовикористання можливостей структури, що має m ребер і n вершин, у досягненні максимальної зв'язаності, тобто встановлення додаткових зв'язків для одних виконавців і позбавлення зайвих інших.

Під час визначення рівномірності розподілу зв'язків орієнтуються на так званий показник середнього ступеня вершини $\bar{\rho} = 2m/n$. Тоді, ввівши поняття відхилення

$$\varepsilon_i = \rho_i - \bar{\rho}, \quad (2.31)$$

де ρ_i – дійсний ступінь відхилення i -ї вершини конкретного графа, можна визначити квадратичне відхилення ступенів вершини від рівномірного:

$$\begin{aligned} \varepsilon^2 &= \sum_{i=1}^n \rho_i - \bar{\rho}^2 = \sum_{i=1}^n \rho_i^2 - 2\bar{\rho} \sum_{i=1}^n \rho_i + 4 \frac{m^2}{n} = \\ &= \sum_{i=1}^n \rho_i^2 - 2 \frac{2m}{n} + 4 \frac{m^2}{n} = \sum_{i=1}^n \rho_i^2 - 4 \frac{m^2}{n}. \end{aligned} \quad (2.31)$$

Для обчислення показника нерівномірності розподілу зв'язків ε^2 необхідно визначити ρ_i . Ступінь вершини графа розуміють як кількість ребер, інцидентних до неї [183]:

$$\rho_i = \sum_j \rho_{ij}, \quad (2.32)$$

де ρ_{ij} – інцидентність (зв'язок), що визначається за такої умови:

$$\rho_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо вершина } i \text{ має зв'язок} \\ & \text{з ребром } j \\ 0, & \text{якщо зв'язку немає} \end{cases}. \quad (2.33)$$

У роботі [114] надані рекомендації щодо нормування показника ε^2 , що дає змогу порівнювати різноманітні організаційні структури як гуманістичних систем, так і автоматизованих систем управління (АСУ), і структури комп'ютерних мереж тощо.

5. Структурна компактність D . Для її кількісної оцінки вводиться параметр, що відображає близькість вершин графа, а саме: близькість двох вершин i і j має сенс відстані та визначається мінімальною довжиною ланцюга d_{ij} з найменшим числом ланок (ребер), якими можна пройти з одного вузла в інший. Тоді показник

$$D = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m d_{ij}, \quad i \neq j \quad (2.34)$$

відображає загальну структурну близькість елементів у системі.

Для кількісної оцінки структурної компактності часто використовують такий відносний показник

$$D_{\text{відн.}} = \frac{D}{D_{\text{min}}} - 1, \quad (2.35)$$

де $D_{\text{min}} = n(n-1)$ – мінімальне значення компактності структури.

Структурну компактність характеризує також і інший показник – *діаметр структури*:

$$d = \max_{ij} d_{ij}. \quad (2.36)$$

Враховуючи переважаючий інформаційний характер зв'язків в НВП, можна з упевненістю сказати, що $D_{\text{відн.}}$ і d інтегрально оцінюють інерційність інформаційних процесів у системі, а при рівних значеннях ε^2 і R їх збільшення відображає зростання кількості зв'язків, що роз'єднують. Варто зазначити, що така ситуація сприяє зниженню загальної надійності системи [85].

6. Ступінь централізації в структурі. Для її кількісної оцінки використовується поняття індексу центральності [85; 114]:

$$\delta = n - 1 - 2z_{max} - n \frac{1}{z_{max} - n - 2}, \quad (2.37)$$

де z_{max} – максимальне значення показника:

$$z_i = \frac{D}{2} \left(\sum_{j=1}^n d_{ij} \right)^{-1}, \quad i = \overline{1, n}, \quad i \neq j. \quad (2.38)$$

7. Показник центральності вузла графа визначається так [326]:

$$C_i = \frac{\sum_j \sum_j d_{ij}}{\sum_j d_{ij}}. \quad (2.39)$$

Показник центральності вузла c_i володіє тим недоліком, що додавання нових вузлів до графа, не міняючи позиції вузла з максимальною центральністю, водночас змінює числове значення центральності цього вузла. Щоб цього уникнути, вводиться поняття *відносної периферійності вузла*:

$$\Pi_i = C_{max} - C_i \quad (2.40)$$

і *повної периферійності графа*:

$$\Pi = \sum_i \Pi_i. \quad (2.41)$$

Уявляється можливим провести нормування показників периферійності вузлів і графа загалом, розділивши (2.40) на C_{max} , а (17) – ще й на n . Тоді отримуємо:

$$\Pi_i^\circ = \frac{C_{max} - C_i}{C_{max}} = 1 - \frac{C_i}{C_{max}}; \quad (2.42)$$

$$\Pi^\circ = \frac{1}{n} \sum_i \Pi_i^\circ = \frac{1}{n} \sum_i \left(1 - \frac{C_i}{C_{max}} \right) = 1 - \frac{1}{n \cdot C_{max}} \sum_i C_i \quad (2.43)$$

Таким чином, результати проведених аналітичних досліджень демонструють можливість застосування методів теорії графів для оцінки різних структур освітянської системи.

Зазначимо, що в процесі розробки нових структур варто обов'язково враховувати можливості процесів управління, а також особливостей групової діяльності. Необхідно прагнути до зменшення показника периферійності та кількості ребер графа. Проте також потрібно враховувати психологічні

можливості учасників НВП щодо прийому і переробки інформації, оскільки прагнення до спрощення функціональної структури групи може привести до неприпустимого інформаційного перевантаження та навіть викликати стрес, що обов'язково призведе до погіршення ефективності НВП.

Структурні характеристики та показники, що були розглянуті, отримуються лише на основі інформації про склад елементів досліджуваної структури організації навчально-виховної діяльності. Подальший розвиток методології структурних параметрів для вирішення завдань структурного аналізу припускає врахування погано структурованої або взагалі неструктурованої інформації шляхом введення кількісних функцій на графах. Такий підхід є перспективним, оскільки дає змогу разом зі складом елементів і їх зв'язками врахувати та визначити часові, надійнісні, вартісні та інші показники взаємодії в спільній навчальній діяльності.

2.3.4. Оцінювання ефективності комунікацій в організації діяльності невеликих учнівських груп

З викладеного в попередньому пункті 2.3.2 випливають такі висновки:

по-перше, проблеми структурно-функціональної обґрунтованої організації діяльності освітянської системи та її підрозділів фактично залишилися поза увагою науковців і фахівців;

по-друге, існує нагальна потреба в подальшій адаптації та розвитку методів системного аналізу (МСА) для структурно-функціонального дослідження офіційної та неофіційної топології освітніх організацій та їх підрозділів, аж до рівня навчальних груп. Причому в контексті цього пункту йдеться про дослідження комунікативної ефективності освітніх структур.

Розглянемо методологію ретроактивного та проактивного оцінювання ефективності комунікацій у офіційних діючих структурах, а також у перспективних структурах. За визначенням, ефективна комунікативна структура має відповідати таким критеріям [108; 183; 315]:

1) рівномірність структури (чинник рівномірності навантаження), тобто система має бути збалансованою таким чином, що всі виконавці (робочі пости) мають однакову кількість вхідних і вихідних каналів зв'язку, або мають обмеження за кількістю складників, підлеглих одній вершині (відповідно до розглянутих вище психофізіологічних можливостей людини щодо розрізнення і запам'ятовування обмеженої кількості об'єктів керування);

2) у системі неприпустима наявність «вироджених» гілок (робочих постів), тобто гілок, які не пов'язані з системою, або гілок, яким підкоряється лише один складник, що означає відсутність структуризації (чинник ізольованих постів);

3) система має мати щонайменшу кількість робочих постів, нужденних у комунікаційному зв'язку (чинник робочого місця (РМ));

4) канали зв'язку мають бути організовані між усіма робочими постами (чинник каналів зв'язку);

5) система має бути побудована за єдиною ознакою структуризації.

Якщо граф (структура) побудований і в ньому виявлено m ребер і n вершин, то його комунікативна ефективність оцінюється наступним чином.

Ефективність міжпостових комунікацій E_n розглядають як міру відхилення комунікацій від ідеального стану, за якого ця величина дорівнює одиниці: $E_n^{id.} = 1$. Показник E_n визначається з матриці комунікацій робочих постів, яку також називають матрицею інциденцій вершин графа $A = \| a_{ij} \|$ за допомогою виразу 2.26.

Далі встановлюються чотири компоненти – складники E_n [108]. Перший з них – *масштабний компонент* ($E_{масит.}$), потрібний для оцінювання погіршення ефективності комунікацій в умовах збільшення масштабу системи, задіяної для виконання загальної задачі (чи підсистем у системі), тобто кількості робочих постів. Величину показника $E_{масит.}$ знаходять наступним чином

$$E_{масит.} = \exp \left[- \left(1 - \frac{2}{n} \right) \right], \quad (2.44)$$

де n – кількість робочих постів, задіяних для виконання операції u .

Другий компонент, званий *компонентом зв'язності* ($E_{связн.}$) відображає збільшення ефективності комунікацій за великої кількості взаємних зв'язків в системі. *Повною системою комунікацій* називають таку, в якій забезпечений зв'язок між усіма робочими постами, тобто йдеться про організацію взаємодії виконавців за схемою «повний граф» («повна мережа») [85; 108; 183; 326]. Оскільки в такому випадку для робочих постів маємо усього $n \cdot n - 1$ можливих каналів зв'язку, то розглянута компонента може бути оціненою таким чином:

$$E_{связн.} = e^{- \left[1 - \frac{\sum_i \sum_j a_{ij}}{n \cdot n - 1} \right]}, \quad (2.45)$$

де $\sum_i \sum_j a_{ij}$ – загальна кількість зв'язків, тобто кількість одиниць у матриці комунікацій.

Призначення третього компоненту полягає в тому, щоб відобразити рівномірність навантаження на користувача (виконавця) в системі. Сума елементів у деякому рядку матриці відповідає кількості каналів зв'язку, що входять / виходять з досліджуваного робочого посту. В ідеальному випадку при рівномірному навантаженні всі суми за рядками і стовпчиками матриці комунікацій мають бути однаковими. *Нерівномірність* є функцією величин:

$$\sum_{i=1}^n |a_i - \bar{a}|, \quad (2.46)$$

де a_i – сума елементів a_{ij} (одиниць) в i -му рядку, $i = \overline{1, n}$;

$\bar{a} = \frac{\sum_i \sum_j a_{ij}}{n}$ – генеральне середнє кількості інциденцій вершин графа.

Компонент рівномірності, що має максимальне значення 1, оцінюється так:

$$E_{\text{рівн.}} = e^{-\frac{\sum |a_i - \bar{a}|}{\sum_i \sum_j a_{ij}}}. \quad (2.47)$$

Останній компонент $E_{\text{ізол.}}$, що характеризує ізолюваність робочих постів визначає таку їх загальну кількість, які не мають вхідних або вихідних каналів зв'язку, тобто позбавлені можливості спілкування хоча б в одному напрямі. Цей компонент обчислюється так:

$$E_{\text{ізол.}} = \exp \frac{V_{\text{стовн.}} + V_{\text{ряд.}}}{2n} \quad (2.48)$$

де $V_{\text{стовн.}}$ – кількість число порожніх стовпчиків матриці A ;

$V_{\text{рядків}}$ – кількість порожніх рядків матриці A .

Якщо за допомогою виразу 2.27 було встановлено дійсну зв'язаність графа виду, то компонентою $E_{\text{ізол.}}$ можна знехтувати.

Таким чином, повна ефективність комунікації робочих постів визначається простою агрегацією розглянутих компонент з однаковим показником «ваги» (значущості, прийнятності, важливості тощо):

$$E_n = E_{\text{масит.}} + E_{\text{связн.}} + E_{\text{равн.}} = \frac{e^{-\left(\frac{1-2}{n}\right)} + e^{-\left(1 - \frac{\sum_i \sum_j a_{ij}}{n \cdot n-1}\right)} + e^{-\frac{\sum |a_i - \bar{a}|}{2 \sum_i \sum_j a_{ij}}}}{3} \quad (2.49)$$

Таким чином, відповідно до отриманих у підрозділі 2.3 аналітичних результатів, можна дійти узагальненого висновку щодо можливості застосування методології структурно-алгоритмічного аналізу для дослідження ефективності топології невеликих учнівських груп.

Подальші дослідження з застосування методів організаційної ергономіки і теорії графів для потреб дидактики варто проводити в напрямках визначення функцій на графах і моделювання структурної ефективності методами інформаційних ланцюгів професора А. Денисова.

Розділ 3. ОБҐРУНТУВАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ ШОДО ДОСЯГНЕННЯ СИНЕРГЕТИЧНОГО ЕФЕКТУ В ПРОЦЕСІ УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ АКАДЕМІЧНОЇ ОБДАРОВАНOSTI

3.1. Алгоритмічна модель системно-інформаційної кваліметрії в управлінні розвитком академічної обдарованості

3.1.1. Розробка структурної моделі системно-інформаційної кваліметрії в управлінні навчально-виховним процесом

Управління будь-яким процесом, зокрема освітнім, здійснюється за такими етапами-функціями [42; 94]:

*оцінка обставин → планування →
→ прогнозування → прийняття рішення →
→ виконання рішення → контроль та облік →
корекція виконання рішень.*

Серед перерахованих функцій ПР відіграє особливу роль. Воно є більш узагальненим, аніж інші функції управління. Будь-яку з них можна розглядати як типову задачу ПР (ЗПР), яка розв'язується під час реалізації різних функцій управління НВП, зокрема для досягнення синергетичного ефекту. Отже, визнано, що ПР є головною функцією будь-якого менеджменту [321]. Організатори й учасники НВП не завжди під час своєї професійної діяльності приділяють увагу процесу ПР, оскільки у свідомості діє принцип «плоского максимуму». Його суть полягає в тому, що за дискретного набору можливих рішень у більшості випадків стає очевидним, яке з них краще або вибір того чи іншого рішення серед них має незначні наслідки для особистості, яка приймає рішення [138]. У подальшому діяльність учасників НВП у загальному випадку буде розглядатися як безперервний ланцюг рішень, що розробляються та реалізуються в явних і неявних формах та під впливом багатьох чинників (зовнішніх / внутрішніх, об'єктивних / суб'єктивних), особливо ризиків стохастичної та нестохастичної природи. Варто зауважити, що в контексті наших досліджень під ризиком розумітимемо можливість настання небажаної ситуації [121; 177].

Отже, згідно з [141; 179], *прийняття рішень* – це цілеспрямований акт емоційно-вольового вибору однієї з декількох стратегій, альтернатив, наслідків, результатів тощо шляхом перетворення вихідної інформації, коли ситуація невизначена.

Науково-педагогічний працівник (НПП) чи шкільний педагог обирає методи, засоби, педагогічні прийоми навчання, ПР щодо оцінювання знань, виявляє емоції та волю, виставляючи негативну оцінку, унаслідок чого

студент може бути не лише позбавлений стипендії, а й відрахований із ЗВО тощо. Це сприяє тому, що той, хто навчається, ПР щодо відвідування занять, виконання домашніх завдань, участі в роботі на заняттях, загально факультетських / вузівських / шкільних заходах тощо.

Розглядаючи ПР у НВП, зупинимося на типовому уявленні про цикл цих процесів, що висунули Т. Пітерс та Р. Уотермен [208]:

*проблемна ситуація → формулювання проблеми →
→ постановка цілі → пошук альтернативи → вибір критеріїв → оцінка
альтернативи → прийняття рішення → реалізація рішення → оцінка
рішення.*

Будь-якій ЗПР властиві такі атрибути:

- 1) ЛПР:
 - у ЗСО – учень, шкільний педагог, завуч, директор школи;
 - у ЗВО – студент, НПП, завідувач кафедри, декан, проректор, ректор – усі вони несуть відповідальність за наслідки власних рішень;
- 2) множина змінних, значущість яких обирає учасник НВП. Їх називатимемо *керівним впливом* або *стратегіями*;
- 3) множина змінних, значущість яких залежить від вибору стратегій, що називають *вихідними змінними характеристиками*;
- 4) множина змінних, значущість яких не регулюється ЛПР. Ці змінні можуть бути визначеними під час розв'язання певної задачі, тоді їх називають *параметрами*. В інших випадках вони можуть змінюватися незалежно від ЛПР, тоді вони є зовнішнім середовищем;
- 5) заданий часовий інтервал, на якому здійснюється ПР у певній ПС:
 - тривалість навчання у ЗВО чи у ЗСО;
 - обсяг навчального матеріалу з певної НД; час, що встановлюється МОН України для здійснення певних заходів у ЗВО чи ЗСО;
- 6) математична модель ЗПР, що містить співвідношення, які пов'язують стратегії та параметри задачі з вихідними змінними;
- 7) обмеження, що відображають вимоги, які висуваються ЗПР (державні стандарти навчання);
- 8) цільова функція (критерій оптимальності), що надає можливість оцінювати рішення.

Зауважимо, що мета НВП як системи визначається різними способами. Якщо взяти за основу відповідні державні стандарти, то НВП може розглядатися з точки зору різних цілей, задовольняючи їх *певною мірою*. Ця *міра* називається *характеристикою системи стосовно цілі* та визначається в термінах *характеристичної функції* [136].

Отже, нехай χ – це множина навчальних контурів управління системи «НВП – студент (навчальна група)» чи «педагогічний працівник – учень (навчальний клас)», що відрізняється певними властивостями, наприклад, РНД,

які в загальному випадку адекватно характеризують РАО тих, хто навчається. Зазначені контури і визначають поняття мети НВП. Тоді характеристична функція χ має вигляд:

$$\omega: \chi \times \chi \rightarrow 0, 1, \quad (3.1)$$

де ω_{x, x^*} – ступінь відповідності поточного стану досліджуваної системи цільовій системі (ідеальній).

Характеристичну функцію χ зручно визначати *функцією відстані*:

$$\delta: \chi \times \chi \rightarrow R^+ \quad (3.2)$$

за допомогою виразу

$$\omega_{x, x^*} = \frac{\delta_m(x, y) - \delta_m(x, x^*)}{\delta_m(\bar{x}, \bar{y})} = 1 - \frac{\delta_m(x, x^*)}{\delta_m(\bar{x}, \bar{y})}, \quad (3.3)$$

де
$$\begin{cases} \delta_m(\bar{x}, \bar{y}) = \max_{x, y \in \chi} \delta(x, y) \end{cases}.$$

На основі наведеного й основних положень теорії складних систем керування НВП може бути формалізовано з урахуванням таких передумов [12; 22; 85; 286 та ін.]:

- 1) НВП функціонує в часі та в кожний його момент перебуває в одному з множини можливих станів;
- 2) НВП взаємодіє з зовнішнім середовищем, унаслідок чого на його вхід надходять відповідні сигнали;
- 3) НВП реагує на вплив зовнішнього середовища шляхом видачі вихідних сигналів;
- 4) стан НВП у кожний момент часу визначається попередніми станами та вхідними сигналами, що надходять у даний момент часу чи раніше;
- 5) вихідний сигнал у даний момент часу визначається станом НВП, а також вхідними сигналами, що належать до цього і попереднього станів.

Нехай:

T – це множина моментів часу t , у яких розглядається НВП, $t \in T$;

S – множина його можливих станів системи. Кожний із можливих станів у загальному випадку описується набором характеристик $s_i \in S_i$, $i = \overline{1, k}$, де S_i – задані множини характеристик. Причому зауважимо, що множина станів S визначається як прямий декартовий добуток множин S_i , що утворюють *простір станів системи*: $S = S_1 \times S_2 \times \dots \times S_i \times \dots \times S_k$. Загалом стан системи s у момент часу t є точкою s декартового простору S з координатами $s = s_1 \times s_2 \times \dots \times s_i \times \dots \times s_k$.

Множину вхідних сигналів x позначимо як X , $x \in X$.

Вхідний сигнал, що надходить до системи навчання в поточний час її функціонування t , позначимо через x_t . Зазначений сигнал описують набором характеристик $x \in X_i$, $i = \overline{1, m}$, де X_i – задані дискретні чи безперервні множини, що визначають зміст цих сигналів. Тоді прямий добуток виду $X_1 \times X_2 \times \dots \times X_m$ будемо називати простором вхідних сигналів, де вхідний сигнал x є точкою з координатами $x = x_{x_1, x_2, \dots, x_m}$. Множині X належать усі вхідні сигнали x_t , а також сигнал, що означає його відсутність в момент часу t .

Відображення $X = L t$, що ставить у відповідність кожному $t \in T$ деякий сигнал $x \in X$, називають вхідним процесом $L t$.

Множину вихідних сигналів за аналогією з вхідною позначимо через Y , $y \in Y$.

Вихідний сигнал $y(t)$, що видається системою в момент часу t , описується набором характеристик y_1, y_2, \dots, y_n , $y_i \in Y_i$, $i = \overline{1, n}$, де Y_i – задані множини). Тоді прямий добуток $Y_1 \times Y_2 \times \dots \times Y_n$ буде простором вихідних сигналів.

Відображення $y = K t$, що ставить у відповідність кожному вхідному сигналу $x \in X$ деякий вихідний сигнал $y \in Y$, будемо називати вихідним процесом $K t$.

Для визначення поведінки системи в будь-який момент часу необхідно ввести співвідношення між станом системи та вихідним сигналом у заданий момент часу t та станом системи і вихідними сигналами в момент часу, що передував t . Перед розглядом цих співвідношень необхідно зауважити, що більшість динамічних систем керування, до яких належить і НВП, можуть бути віднесеними до класу так званих систем без післядії. Отже, НВП як система без післядії характеризується тим, що його стан і поведінка в майбутньому визначається теперішнім станом і не залежить від минулих станів. У реальних системах післядія має місце, однак вона не розповсюджується на відносно великий проміжок часу. Тому під час аналізу НВП можна обрати величину елементарного періоду Δt , таку, що при переході від теперішнього часу t_0 до моменту $t_0 + \Delta t$ вплив стану системи в момент часу $t_0 - \Delta t$ на її стан в момент $t_0 + \Delta t$ не буде помітним.

Системи без післядії бувають двох типів: детерміністські та стохастичні. Для систем першого типу її поведінка може бути визначеною, якщо задані: оператор руху M і оператор виходів N .

Оператор руху M визначає динаміку переходу системи з одного стану в інший:

$$s_t = M \left[t_0, t, s_{t_0} ; t, x_L^t_{t_0} \right], \quad (3.4)$$

де s_{t_0} – початковий стан $s_{t_0} \in Z$, $t_0 \in T$;

$t, x_L^t_{t_0}$ – ділянка виходу процесу, що відповідає інтервалу t_0, t .

При фіксованих значеннях $t_0, s t_0, t, x_L t_0$ оператор M реалізує відображення $s = M t$ або $s = s t$ множини T в множину S , яку називають *рухом системи*. Сукупність впорядкованих пар t, s для всіх $t_0 \in T$, де s визначається заданим рухом $s = s t$, називається *фазовою траєкторією системи*.

Сукупність точок простору s , що відповідають в силу відображення $s = s t$ всім $t \in T$, називається *траєкторією систему в просторі станів*.

Оператор M має відповідати таким головним умовам:

а) рефлексивності:

$$M \left[t_0, t_1, s t_0 ; t, x_L t_0 \right] = s t ;$$

б) однозначності,

$$\begin{aligned} M \left[t_0, t_1, s t_0 ; t, x_L t_0 \right] &= \\ &= M \left[t_1, t_2, s t_1 ; t, x_L t_1 \right], \end{aligned}$$

де $t_0 \in T, s t_0 \in S, s t_1 \in S, t, x_L t_1^2$ – результат зчленування ділянок вхідного процесу $t, x_L t_0^1$ і $t, x_L t_1^2$.

Оператор N визначає динаміку вихідних сигналів системи:

$$y t = N \left[t_0, t, s t_0 ; t, x_L t_0^1 \right] = N [t, s t]. \quad (3.5)$$

Необхідно зазначити, що вихідні сигнали не обов'язково можуть генеруватися в кожний момент часу t . Тому припускається, що множина Y вміщує в собі також пустий сигнал Y_\emptyset , що відповідає відсутності вихідного сигналу в момент часу t .

Оператори M і N об'єднуються у виді оператора $F = M \times N$, який визначається як *оператор функціонування системи*. Сукупність точок $[s t, y t]$ простору $S \times Y$, що відповідають усім $t_0 \in T$ визначають як *траєкторію функціонування*. Функціонування стохастичної системи без післядії визначається впливом випадкових факторів. Тому для опису поведінки такої системи вводиться поняття *випадкових операторів*:

$$\begin{cases} s t = M^* \left[t_0, t, s t_0, \omega_0 ; t, x_L t_0^1, \omega_1 \right] \\ y t = N^* \left[t, s t ; \omega_2 \right] \end{cases} \quad (3.6)$$

де $\omega_0, \omega_1, \omega_2$ – випадкові події, що належать простору випадкових подій Ω , яким відповідають імовірнісні міри $P_{s_0} \omega_0, P_s \omega_1, P_y \omega_2$.

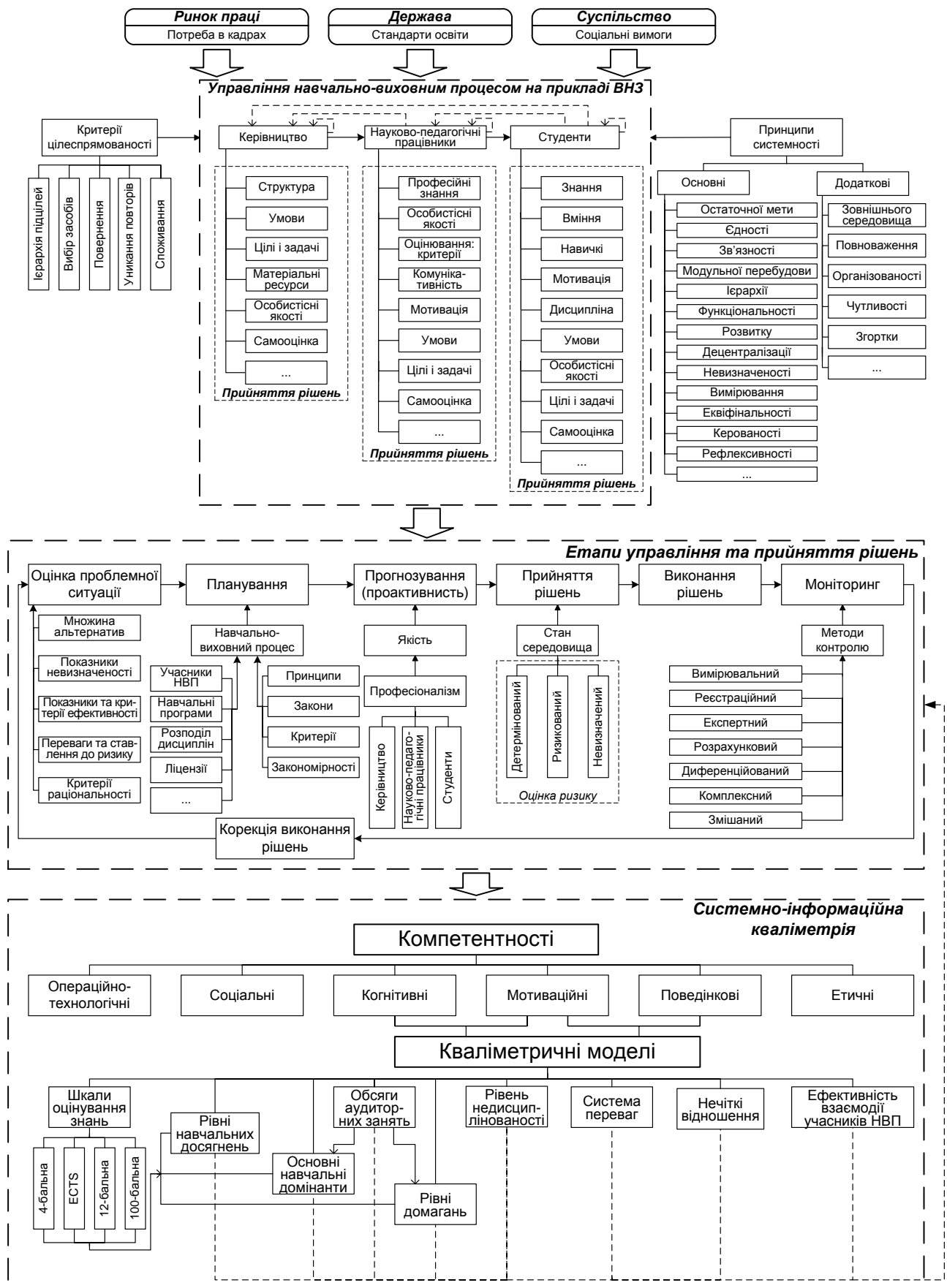


Рис. 3.1. Структурна модель системно-інформаційної кваліметрії в управлінні НВП

У процесі фіксації показників ω_1 і ω_2 систему називають *системою з випадковими станами*. Якщо ж фіксовані ω_0 і ω_1 , то йдеться про *систему з випадковими виходами*. Коли фіксовані ω_0 і ω_2 , то маємо *систему з випадковими переходами*.

Динаміка стохастичної системи в просторі станів описується поведінкою випадкового процесу s, t, ω з простором значень станів системи s .

Розглянутий математичний апарат описує загальні закономірності, властиві процесам функціонування дидактичних систем керування, що адаптовані для потреб управління НВП (рис. 3.1).

Як бачимо з наведеного вище рисунку 3.1, подана на ньому структурна модель системно-інформаційної кваліметрії в управлінні НВП будувалася шляхом практичного застосування принципів системного аналізу та критеріїв цілеспрямованої поведінки систем вироблення рішень [123; 127]. Зазначена модель враховує особливості фізичної суті досліджуваних процесів [323], акцентує на кваліметрії та ПР і має три модулі:

- 1) загальне управління НВП у ЗВО;
- 2) етапи управління та ПР;
- 3) системно-інформаційна кваліметрія.

Перший модуль є вершиною ієрархічної структури моделі та перебуває під впливом вимог держави, суспільства та ринку праці, що є системоутворюючим чинником організації та управління НВП, спрямованим на підготовку конкурентоздатного фахівця високого рівня освіченості. Тому система управління НВП має бути цілеспрямованою і задовольняти критерії цілеспрямованої поведінки вироблення рішень (рис. 3.2).

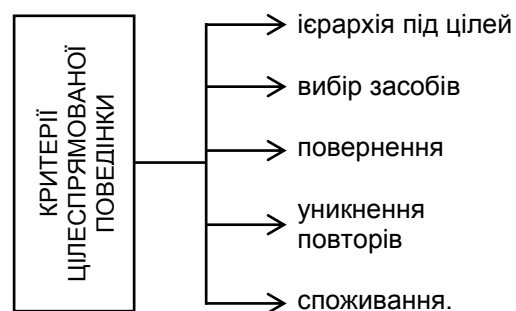


Рис. 3.2. Характер критеріїв цілеспрямованої поведінки систем вироблення рішень

Наведене пояснює те, чим забезпечується ефективність планування і безпосереднього управління НВП [89]. Серед перелічених критеріїв, необхідно звернути особливу увагу на критерій споживання, який базується на постулатах теорій корисності, потреб і задоволення, а також відповідає уявленням ЛПР в НВП, ступеню корисності (бажаності, значущості, прийнятності) дидактичних альтернатив, об'єктів, заходів тощо, з яких здійснюється вибір. Вони враховуються в третьому модулі моделі управління

(рис. 3.1) у процесі кваліметрії таких реперних показників і характеристик управління і ПР в НВП, як:

- РНД (шляхом побудови відповідних функцій належності лінгвістичної змінної «РНД» як нечітких моделей кваліметрії, а також порівняння академічних успіхів студентів у різних оціночних системах);

- ОНД, фактично відображають мотивацію на досягнення успіху і РД учасників НВП, які є найкращим показником мотивації на навчання та критерієм самооцінки. Кваліметрія вказаних показників здійснюється шляхом побудови оцінних функцій корисності (ОФК) для закритих (за обмеженим числом точок) і відкритих (за формально необмеженим числом точок) ЗПР;

- системи переваг (СП) учасників НВП (на множині показників і характеристик НВП тощо).

Перелічені кваліметричні показники системно-інформаційно забезпечують ефективність функціонування другого модуля моделі на рисунку 3.1.

Варто зазначити, що ефективність функціонування першого досліджуваного модуля управління НВП забезпечується реалізацією головних (остаточної мети, єдності, зв'язаності, модульної перебудови, ієрархії, функціональності, розвитку, децентралізації, невизначеності, вимірювання, ефективності, креативності, рефлексивності) і додаткових (зовнішнього середовища, повноваження, організованості, чутливості, згортки) принципів системності, адаптованих для потреб дидактики у працях [121; 127; 252].

Модуль системи управління НВП, що розглядається, охоплює такі ланки: керівництво закладу освіти, НПП (чи шкільні педагоги), студенти / учні. Особливістю їх функціонування є самоорганізація. Це відображено відповідними зворотними зв'язками, що замикаються самі в собі на відповідних блоках. Зворотний зв'язок для субмоделей першого модуля передбачає застосування проактивних моделей їх функціонування і дає змогу реалізувати системний принцип «зняття невизначеності». Йдеться про необхідність прогнозування найгіршого розвитку ПС у НВП, а потім повернення на вихідну позицію та здійснення заходів із попередження небажаних результатів.

Діяльність керівництва визначається структурою ЗО, умовами, цілями та задачами його функціонування, матеріальними ресурсами, які є в розпорядженні, особистісними якостями, які впливають на процес ПР, тощо.

Науково-педагогічні працівники та шкільні педагоги володіють не лише професійними знаннями та навичками освітньої діяльності, а й особистісними якостями, оцінювальними критеріями, комунікативністю, мотивацією, умовами, цілями та задачами, а також СО. Це дає змогу визначити особливості прийняття ними рішень у процесі виконання професійних обов'язків.

Студенти / учні під час навчання мають:

- оволодіти ЗУН;

- демонструвати мотивацію на навчання та дисципліновану поведінку;
- чітко уявляти умови, цілі та задачі навчання тощо.

Їх особистісні якості, зокрема СО, ОНД і РД також суттєво впливають на ПР.

Основне функціональне призначення складових процедури управління НВП – це безперервне ПР, етапи якого детально розглянуто в другому модулі загальної моделі на рисунку 3.1. Оскільки ПС у НВП виникає, коли поточні результати кваліметрії, управління та ПР не відповідають бажаним (цільовим), а сама ПС розглядається з позицій принципів системного аналізу та критеріїв цілеспрямованості, то відповідна модель ПС утворюється кортежем, складові якого враховують можливі чинники впливу на неї. Цю модель розглянуто в наступному пункті.

Цей модуль на рисунку 3.1 містить такі складові: оцінювання ПС, планування, прогнозування (проактивність), ПР, виконання рішень, моніторинг і корекція виконання рішень і обернений зв'язок – повторення циклу. Оцінювання ПС враховує множину альтернатив, з яких має бути здійснений вибір, показники та критерії ефективності, невизначеності, раціональності, переваги та відношення до ризику осіб, які ПР в управлінні НВП тощо.

Планування НВП передбачає врахування нормативних документів, навчальних планів, ресурсів тощо. Цей етап «планування» є функцією управління НВП, тому його введено у відповідну модель (рис. 3.1). Будемо вважати, що планування – це заздалегідь передбачуваний та обміркований порядок, система дій, заходів, послідовність і терміни виконання робіт для досягнення певної мети НВП [95; 140; 202; 336].

Зазначений етап розглядається з позицій цілісності навчання та виховання, що має безперервно відбуватися у НВП, охоплюючи безліч сполучень відповідних контрольованих показників, що вимірюються. Досягнення високих результатів у розвитку РАО залежить від якості планування НВП, яке, будучи спрямованим на безперервну реалізацію явища едукації, має забезпечувати не лише логічну архітектоніку й обґрунтований зв'язок між НД, логіку їх викладення, а й людський чинник (ЛЧ), кваліметрія якого за визначеними показниками має безперервно відбуватися у ЗО. Таким чином, відбувається нарощування ЗУН тих, хто навчається (когнітивна компетенція), а також формування в них спектру соціально-гуманітарних компетенцій.

Ефективність планування забезпечується за таких головних умов:

1) керівна ланка закладу освіти володіє інформацією щодо вимірних показників загального стану та тенденцій результатів освітньої діяльності;

2) науково-педагогічний / педагогічний колектив володіє інформацією щодо кваліметричних показників РНД і мотиваційних чинників тих, хто навчається;

3) вибір оптимальних шляхів і заходів досягнення поставлених задач.

Етап «прогнозування» розглядаємо з позицій проактивності [140; 300].

Спираючись на постулати В. Франкла, який є фундатором зазначеного

поняття, та С. Р. Кові, який активно сприяв розвитку цього поняття та запровадженню у практику функціонування гуманістичних систем, необхідно зазначити, що йдеться про головну властивість людської натури. Так, В. Франкл створив точну карту, на основі якої почав розвивати перший і головний навик, що допомагає особистості досягати високих результатів всупереч зовнішнім умовам. Це навик *проактивності* (або *самостійності*), що міститься два додатки: активність і відповідальність. Науковець доводить, що проактивна людина прагне стати суб'єктом, а не об'єктом дії, її поведінка зумовлена власними рішеннями, а не обставинами. Вона здатна підпорядковувати емоції меті, проявляти ініціативу та відповідати за себе. Проактивні люди відповідальні за те, що з ними відбувається. Їхні вчинки є результатом свідомого вибору, заснованого на абсолютних цінностях, що ними визнаються, а не продиктовані обставинами та/або емоціями. Отже, між проактивністю й інтернальністю можна поставити знак рівності, що позитивно впливає на процеси ПР і докладно розглянуто в праці [141]. Це пояснює необхідність розгляду в досліджуваній моделі блоку «прогнозування» з позицій проактивності та передбачувати при його реалізації якість професіоналізму науково-педагогічних працівників / шкільних педагогів і студентів / учнів.

Особливість етапу «прийняття рішень» на рисунку 3.1 полягає в необхідності врахування простору середовища, що пов'язано з класифікаційними ознаками ЗПР у НВП, які визначаються за ознаками складності, динамічності та невизначеності (рис. 3.3) [121; 141; 234; 247].

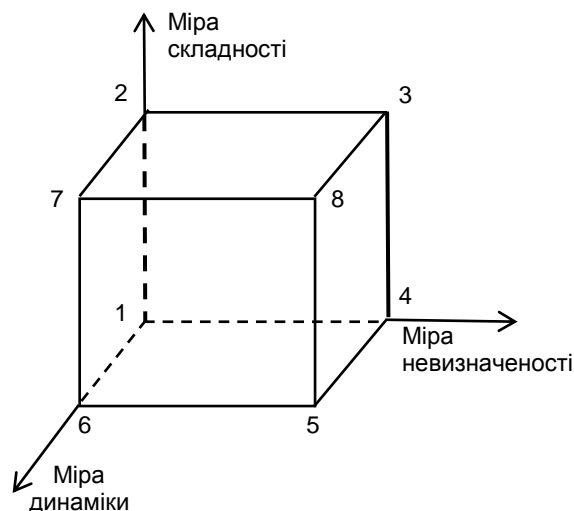


Рис. 3.3. Застосування рекомендацій Р. Говарда для уявлення простору навчального середовища

Важливими є критерії раціональної поведінки систем вироблення рішень (прийнятності, оптимальності, адаптивності), які, спираючись на праці [121; 141], буде розглянуто далі.

Побудова ефективної системи управління якістю НВП вимагає вирішення трьох завдань:

- 1) формування цільових показників-індикаторів якості НВП;
- 2) порівняння досягнутого рівня показників-індикаторів із цільовими (нормативними) й оцінка на основі цього порівняння якості НВП;
- 3) вироблення дій, що управляють, на умови та чинники, що визначають досягнуту якість з метою мінімізації відхилень.

Перелічені завдання розв'язуються в процесі реалізації моніторингу НВП (черговий етап управління та ПР другого модуля на рисунку 3.1, де методи контролю визначаються, спираючись на теорію якості продукції [1; 2; 69; 121; 127; 133; 207; 269; 279; 281; 307 та ін.]: вимірювальний, реєстраційний, експертний, розрахунковий, диференціальний, комплексний, змішаний тощо. Це дає змогу провести ефективну кваліметрію встановлених реперних показників і характеристик НВП.

Корекція виконання рішень передбачає додаткову оцінку й аналіз ПС.

Третій модуль – системно-інформаційна кваліметрія (СІК), що охоплює процедури, методи, технології отримання вірогідних кількісних і якісних результатів вимірів рівнів сформованості компетентності тих, хто навчається. Спектр цієї компетенції утворюється операційно-технологічними, соціальними, когнітивними, мотиваційними, поведінковими, етичними частинними компонентами. Для трьох із них (когнітивних, мотиваційних, поведінкових) побудовано ефективні кваліметричні моделі, на які ми вже неодноразово посилалися, що є проактивними та системно-інформаційними. Тому вони дають змогу здійснити ефективне вимірювання встановлених для контролю показників і характеристик НВП, які потрібні для забезпечення належного управління та ПР.

Відповідні кваліметричні моделі базуються на принципах застосування дидактичних властивостей відомих шкал вимірювання та бальних шкал, що враховують постулати когнітивної психології, теорії задоволення, теорії можливостей, теорії корисності, різноманітних мотиваційних і поведінкових теорій, а також теорії ПР, системного аналізу та теорії ігор. Це дало змогу побудувати кваліметричні моделі виявлення РНД тих, хто навчається, їх ОНД та РД.

Таким чином, розроблено структурну модель СІК в управлінні НВП, що охоплює всі ланки цього процесу та забезпечує належне управління та ПР у ньому.

3.1.2. Вдосконалення моделі проблемної ситуації

Досліджуваний НВП, як система є цілеспрямованою [4; 8; 136; 237; 306], і якщо її реальний стан не відповідає БКР, то виникає проблема, оскільки [231]:

- а) функціонування НВП на даний момент не забезпечує досягнення поставленої мети;

б) функціонування НВП не забезпечує досягнення поставленої цілі в майбутньому;

в) необхідно визначити ціль діяльності.

Охоплення ПС, виниклої під час організації, проведення та керування НВП, відбувається за допомогою її математичної моделі, у якій мають бути висвітлені всі головні елементи, потрібні для формування розуміння стратегії поведінки учасників НВП і його менеджерів у процесі усунення зазначеної ситуації. Нині найбільш популярною є модель ПС (МПС), що добре описує процес функціонування будь-яких гуманістичних систем, запропонована у праці [179]. При цьому ще раз привернемо увагу до того, що за визначенням Л. Заде «гуманістичні – це такі системи, на поведінку яких значний вплив мають думки сприйняття, емоції людини: економічні системи, правові системи, загальноосвітні системи тощо. Сама людина та процеси її мислення можуть також розглядатися як гуманістичні системи» [77; 101]. Таким чином, у контексті наших досліджень будемо вважати, що НВП – це гуманістична система, оскільки до неї входять об'єкти (ті, хто навчається), суб'єкти (педагоги та менеджери) навчання, що й визначає цілком виправдану зацікавленість до врахування впливу ЛЧ на ефективність функціонування цього процесу.

Спираючись на праці [25; 179; 237; 246], вважаємо, що доцільно розробити МПС у досліджуваному НВП у вигляді кортежу, що відображає взаємний зв'язок головних елементів процесу ПР і послідовність формування окремих завдань. З огляду на результати досліджень [47; 293], присвячених виявленню особливостей робочого середовища та професійної діяльності авіаційних операторів «переднього краю» (членів льотного екіпажу, авіадиспетчерів), вважаємо, що загально цитований кортеж із праці [149] стосовно проблем НВП може бути суттєво розширеним:

$$S_0 = \left\langle A, S^*, M^*, L, T^*, G, Y, H, \psi, W, K, \right. \\ \left. f_{UF}^*, Y, P, \theta, R^*, O^*, V^*, MS^*, PS^* \right\rangle \quad (3.7)$$

де A – множина стратегій учасників НВП: $A = A_1, A_2, \dots, A_k$, з яких здійснюється вибір у процесі ПР;

S^* – множина альтернативних ситуацій, що визначають вихідну ПС і потрібні для її додаткового опису: $S = S_1, S_2, \dots, S_l$;

M^* – множина цілей, яких прагнуть досягти учасники НВП у процесі розв'язання ПС: $M = M_1, M_2, \dots, M_m$;

T^* – час, що має у своєму розпорядженні учасники НВП й управлінська ланка ЗО для ПР;

G – множина (наслідки) результатів діяльності;

L – множина визначених / невизначених чинників, що супроводжують процес ПР і управління НВП;

Y – вектор кількісних ознак результату $g \in G$ діяльності учасників НВП;
 H – власне, модель (відображення), що ставить у відповідність множинам стратегій A і чинників L множину результатів $Y \in G$;
 ψ – оператор відповідності «результат – показник»;
 W – показник ефективності;
 K – критерій ефективності;
 f_{UF}^* Y – ОФК, яка визначає ОНД, а саме інформацію θ про ставлення учасників НВП до ризику (attitude to risk);
 P – модель СП – формалізоване уявлення учасників НВП як ЛПР про «найкращий» і «найгірший» елементи певної множини D :

$$D = \langle A, L, G, \psi, W, K \rangle, \quad (3.8)$$

а отже, і про упорядкований (ранжування) ряд цих елементів. Модель переваг P учасників і менеджерів НВП було введено в кортеж, оскільки досліджувана система є гуманістичною. Однак вона також є і активно-організаційною, оскільки функціонує в певних просторових і функціональних обмеженнях охоплює педагогів-ЛПР і учнів-ЛПР або групу (педагогічний колектив чи учнівський клас) людей, які підтримують життєздатність і керування системи, а також ресурси (матеріальні, енергетичні, інформаційні) [26; 37; 38; 78; 135; 187; 189; 190].

θ – уся інша інформація про ПС, педагогічні умови проведення НВП і розвитку АО;

R^* – ресурси, потрібні для ПР (економічні, технічні, нормативні, психофізіологічні, досвід і рівень ПП педагогічного персоналу та менеджменту тощо);

O^* – множина обмежень на ПР, що визначаються психофізіологічним станом учасників НВП і його менеджерів, технічним станом технічних засобів навчання (ТЗН), правовими і соціальними нормами, що діють у конкретному навчальному соціумі тощо: $O = O_1, O_2, \dots, O_n$;

PS^* – множина субмоделей (private submo-dels), що впливають з аналізу кортежу (вираз 3.7), зокрема:

- отримання результатів;
- аналіз результатів;
- структуризація вихідної інформації;
- аналіз невизначеності;
- формування вихідної множини стратегій;
- моделювання цілей операції тощо;

MS^* – множина вимірювальних шкал (measuring scale), потрібних для отримання кваліметричних оцінок показників і характеристик НВП. Дійсно, з постулатів теорії кваліметрії та аналізу вимірювальних шкал впливає, [1; 12;

68; 121; 125; 133; 172; 281; 313; 316 та ін.], що лише для досліджень характерних рис недисциплінованості (ХРН) варто використати щонайменше п'ять шкал:

а) найменувань (номінальну) – для ідентифікації, розрізнення та загального розпізнавання таких вчинків;

б) упорядкування (ранжування) – для визначення їх порівняльної (рангової) значущості та небезпеки ХРН для НВП;

в) відношень і абсолютної – для проведення відповідного кількісного аналізу ступеня небезпек рис недисциплінованості;

г) лінгвістичної – для проведення якісного порівняння ступеня небезпеки кожної ХРН;

v – можливості автоматизованої системи (АС) підтримки ПР (ППР);

* – позначка елементів, доданих авторами до базової МПС.

Таким чином, базова МПС, подана в працях [121; 179] розширена майже удвічі (у 1,9 раза), що сприяє більш повному та всебічному аналізу ПС під час ПР учасниками та менеджерами НВП.

Зазначимо, що наявність компоненти A , що визначає множину визначених / невизначених чинників ПР і є самостійним елементом моделі ПС (3.7) передбачає, що множина невизначених чинників під час ПР буде або обов'язково встановлена (задана ззовні, наприклад, перелік НД, навчальні плани, рекомендована література та ТЗН тощо), або встановлення цих чинників буде вважатися спеціальною ЗПР (наприклад сучасні ІТ, що мають бути впровадженні у НВП за ініціативою керівництва ЗО). Тому проблему вибору показників ефективності w пов'язують з визначенням функції відповідності ρ · результатів операції $Y \in G$ потрібному результату $Y^{номп.}$, тобто: $\rho = Y, Y^{номп.}$ ·.

Взаємозв'язок розглянутих компонент МПС (вираз 3.7) проілюстровано на рисунку 3.4, де M_0 – мета діяльності учасників НВП.

За допомогою моделі 3.7 розв'язуються важливі окремі задачі, що пов'язані з процедурами аналізу НВП [121; 127; 179; 293 та ін.]. Сутність цих окремих (частинних) моделей полягає у вирішенні таких завдань.

Завдання структуризації початкової інформації. У процесі розгляду основних етапів управління НВП був виділений самостійний пункт – проблемний аналіз, який, за суттю, є інформаційною ланкою, що пов'язує проблему і ПС (вираз 3.7) і змістовно розкривається на етапі аналізу проблеми. З огляду на те, що всі пункти проблемного аналізу спрямовані на структуризацію початкової інформації про проблему, то формально цей етап може бути сформульованим як таке завдання:

$$\langle \theta; \theta_{M_0}, \theta_A, \theta_L, \theta_P = \theta_{P_G}, \theta_{P_Y}, \theta_{P_A}, \theta_{P_L}, \theta_{P_K} \rangle, \quad (3.9)$$

де θ_P – частина загальної інформації щодо переваг ЛПР-учасника НВП на множині:

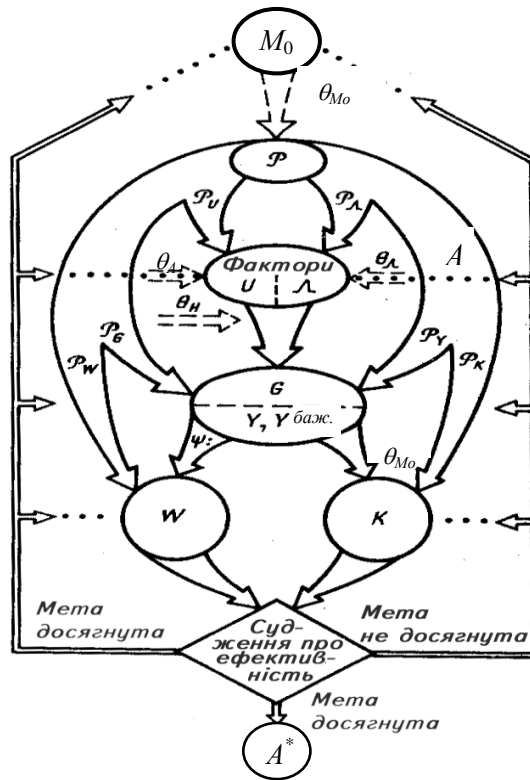


Рис. 3.4. Універсальна модель проблемної ситуації

- можливих наслідків G операції та їх відмінності за перевагою стосовно мети M_0 на множині суттєвих кількісних характеристик γ наслідку $g \in G$;
- можливих стратегій A досягнення мети операції;
- L умов проведення операції;
- можливих концепцій (гіпотезах) раціональної поведінки системи для визначення в подальшому критерію ефективності.

Зазначене завдання вирішується виключно за допомогою евристичних методів.

Завдання аналізу невизначеності. Класифікація чинників за невизначеністю є одним із результатів вирішення завдання аналізу невизначеності виду:

$$\langle \theta_{M_0}; L, \theta_L \rangle, \quad (3.10)$$

де θ_{M_0} – інформація про мету операції;

θ_L – інформація про тип і характеристики множини невизначених чинників.

Рішення цього завдання потребує застосування й аналізу інформації, яку отримують на основі аналогій, попереднього досвіду, експериментальних і статистичних даних, результатів експертизи тощо. Особливістю цього завдання є застосування для його вирішення як формальних, так і неформальних (евристичних) методів.

Однак завдання, що розглядається, може успішно вирішуватися лише в тому випадку, якщо будуть створені бази даних і бази знань на основі сучасних ПЕОМ. Це дасть змогу оперативно отримувати, аналізувати й обробляти інформацію, що стосується природи невизначених чинників НВП, діапазонів їх змінення, апріорного розподілу ймовірностей на них, психологічних особливостей ПР іншими учасниками НВП, типів взаємодії між ними (нейтралізм, сприяння, протидія тощо). До важливіших завдань типу виразу 3.10 належать задачі математичної статистики, що стосуються параметричного і непараметричного оцінювання (рис. 3.5), ідентифікації, кластеризації, прогнозування тощо [3; 86; 121; 179; 317 та ін.].

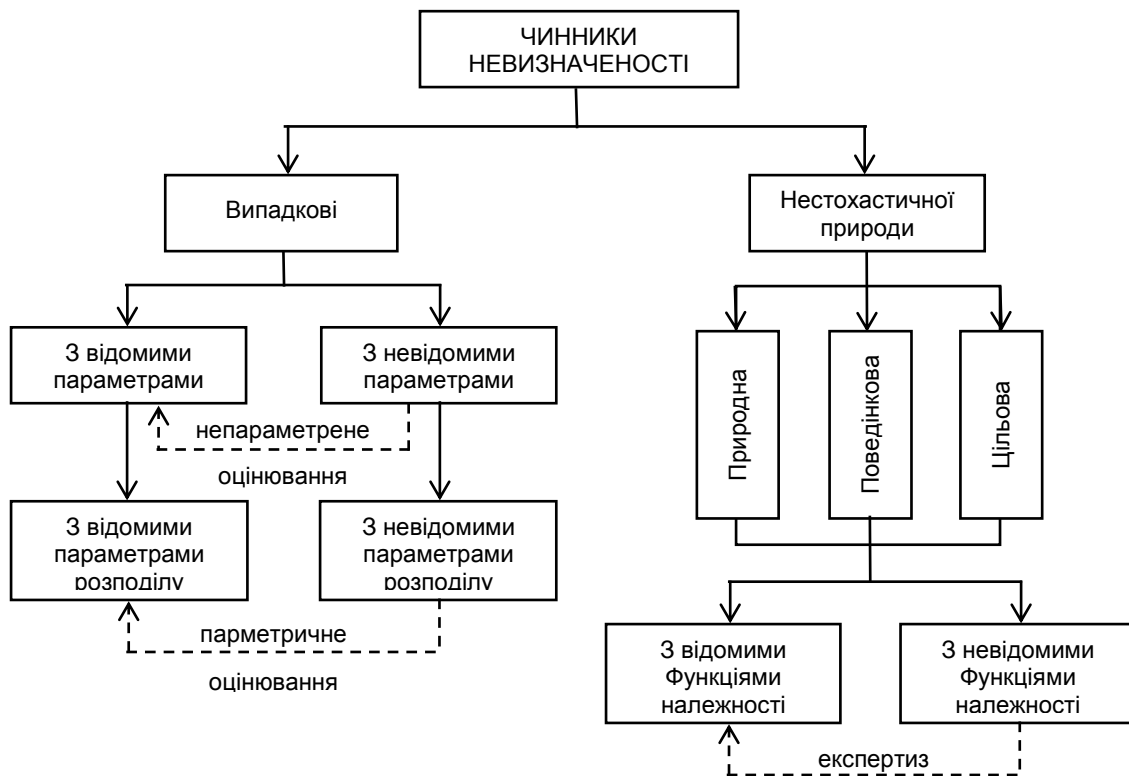


Рис. 3.5. Математична класифікація чинників невизначеності

Клас методів, що застосовуються для вирішення перелічених задач, є широким і досить добре розробленим. За експертними оцінками методів прогнозування нараховують понад 150. До них належать, насамперед, морфологічний, кореляційний, регресивний, факторний і спектральний аналіз, апарат ланцюгів Маркова, МГУА, методи розпізнавання образів (МРО) [19; 43; 109–112; 160; 166; 243; 256; 317 та ін.] тощо.

Завдання формування початкової множини стратегій. Відповідно до МПС (вираз 3.7) та рисунку 3.4, задачу формування початкової множини стратегій разом із завданням аналізу невизначеності відносять до одного з початкових етапів дослідження ефективності операцій в НВП, що визначає її важливе самостійне значення.

Постановка цього завдання має такий формальний вид:

$$\langle \theta_{M_0}, \theta_A, \theta_A, \theta_{P_A}, \lambda, A \rangle. \quad (3.11)$$

Задача 3.11 у загальному випадку не є тривіальною. Множина альтернатив A , що «заповнюють» порожнечу між БКР і НВП (метою операції M_0 і умовами її проведення λ), має бути найбільш широкою. Це забезпечить у подальшому свободу ПР учасниками НВП і зведе до мінімуму можливість пропустити «найкраще» рішення $a^* \in A$. Початкова множина стратегій A має бути, з одного боку, досяжною, а з іншого – досить вузькою, що дасть змогу ЛПР в подальшому провести верифікацію альтернатив на моделях, що є в її розпорядженні, при обмеженнях на ресурси (час, гроші тощо).

Багато компонентів завдання формування початкової множини стратегій звичайно явно не задаються й евристично формуються самою ЛПР. Отже, проблема задоволення суперечливих вимог до множини початкових стратегій A має вирішуватися за такими головними напрямками, що диктуються P_A .

1. Під час ПР щодо включення альтернативи a в множину A варто орієнтуватися на мету виконуваної операції, визначаючи те, якою саме буде відповідь на питання: *Чи забезпечує саме цей варіант дій $a \in A$ досягнення бажаного результату в умовах λ хоча б в принципі?* Уже цей етап аналізу дає змогу ЛПР відсікти величезну частину потенційної множини альтернатив через їх очевидну непридатність з точки зору досягнення мети операції. Така «очевидність» є вельми суб'єктивною та відображає здатність ЛПР побачити серед множини можливих цілей (якщо мета не задана екзогенно, ззовні) головну (мега-ціль), а також передбачити можливі цілі на майбутнє. Сформована таким чином множина A_{M_0} є цільовою.

2. Серед усіх альтернатив множини A_{M_0} на підставі інформації θ_A виділяється підмножина A_ϕ стратегій, що фізично реалізуються та відповідають вимозі: *Чи може бути ця альтернатива $a \in A_{M_0}$ реалізованою зараз або в терміни, що відведені (задані) на операцію?* Рішення цього питання пов'язане з рівнем загальнотеоретичних і прикладних розробок у НВП, з прогнозом їх розвитку.

У множину A_ϕ включаються лише ті альтернативи, які задовольняють обмеження за витратами, якісно оцінюваними ЛПР. Причому ці витрати охоплюють також засоби, що виділяються на додаткові дослідження, що забезпечують готовність альтернативи до заданого терміну початку операції.

3. Множина цільових стратегій $A_\phi \subseteq A_{M_0}$ перевіряється на недомінуючість за показником повноти охоплення чинників: « λ – інформація θ_A ». Це означає, що ЛПР має відповісти на такі питання:

– *Чи є серед множини A_ϕ такі стратегії A_a , які забезпечують свободу ПР у ході операції?*

– *Чи є ці стратегії «гнучкими» відносно невизначеностей природного і поведінкового характеру, що змінюються?*

Для подальшого розгляду залишаються лише ті стратегії A_a з підмножини A_ϕ ($A_a \subseteq A_\phi$), які або забезпечують можливість ефективного коректування початкового плану операції при зміні умов її проведення, або інваріантні до цих умов. Перше означає, що ризик (втрати), що пов'язаний з оперативним коректуванням плану вже в ході операції, буде мінімальним. Друге означає, що вибір стратегій на основі прогнозу поведінки інших суб'єктів НВП забезпечить вигідний перебіг операції.

Наведена триетапна процедура виділення початкової множини стратегій $A \subseteq A_a$ має циклічний характер, що припускає повернення до «старого» на більш високому рівні в разі виявлення суперечностей на одному з розглянутих етапів. Формування початкової множини стратегій можна уявити за допомогою схеми (рис. 3.6), де суцільними стрілками показаний напрям «природного» ходу процесу, а штриховими – повернення в разі виявлення суперечностей.

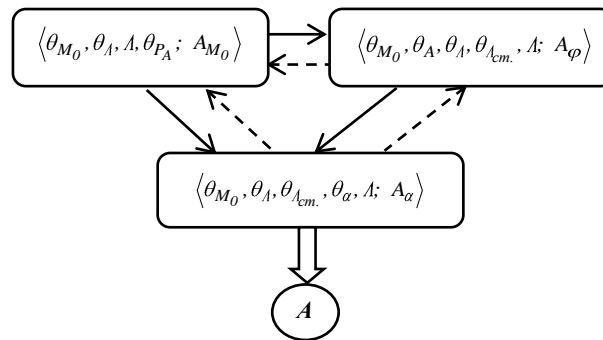


Рис. 3.6. Схема процесу формування початкової множини стратегій

Символом θ_{Acm} на рисунку 3.6 позначена інформація, що стосується можливості включення ЛПР-учасником НВП окремої альтернативи a в загальну їх множину A до заданого терміну початку операції T при виділенні на її розробку засобів C , а символом θ_a – інформація про можливість коректування первинного плану операції a за зміни умов її проведення.

Завдання моделювання наслідків (результатів) операції. У рамках МПС (вираз 3.7), що розглядається, формальний запис задачі моделювання наслідків операції (побудови відображення H) має вигляд:

$$\langle \theta_{M_0}, A, A, \theta_H, P_G, P_Y; Y, H \rangle, \quad (3.12)$$

де H – віяло моделей.

Необхідність у загальному випадку розгляду не однієї моделі H , а багаторівневої їх ієрархії H визначається особливістю трирівневої схеми дослідження ефективності, за якої опис більш високого рівня залежить від узагальнених і факторизованих змінних нижчого рівня. Такого роду підхід при рішенні завдання моделювання результатів операції в НВП дає змогу

структурувати процес моделювання операції загалом, істотно полегшити оцінювання її ефективності, виявити найбільш значущі чинники, що визначають ефективність. Наведена методологія рішення задачі (вираз 3.12) висуває цілком визначені вимоги до моделей, використовуваних на різних рівнях ієрархії дослідження.

Завдання моделювання мети операції. Для забезпечення ефективності НВП слід прийняти рішення, спираючись на певні кількісні оцінки. Тому необхідно чітко формалізувати мету операції, що примушує використовувати кількісні шкали.

Формалізація мети операції має базуватися на концепції зовнішнього доповнення, як необхідної умови отримання обґрунтованого рішення. Цілі та завдання операції гомоморфно відображаються в системі показників їх досягнення. Вводиться критерій ефективності. Система «показник ефективності та критерій» утворюють модель цілі операції (рис. 3.7).

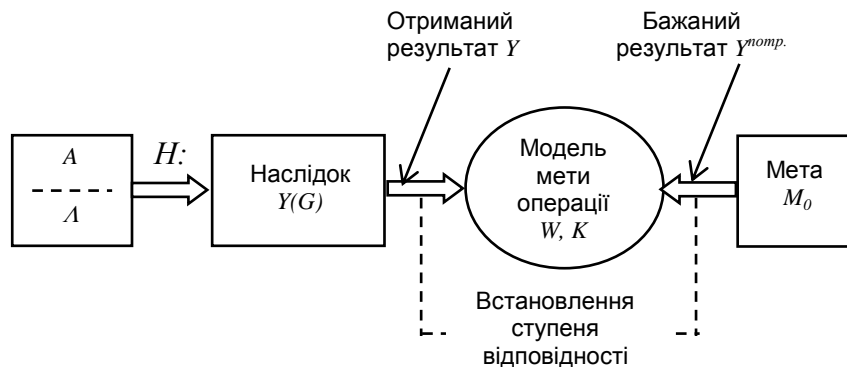


Рис. 3.7. Модель мети операції

Завдання моделювання мети операції формально ставиться так:

$$\langle \theta_{M_0}, A, Y, Y^{ноп.}, Y G, P_W, P_K; W, K \rangle \quad (3.13)$$

У деяких випадках мета M_0 операції задається керівним органом у вигляді параметрів цілепокладання $Y^{ноп.}$. Ця обставина відображена у виразі 3.13 тим, що $Y^{ноп.}$ стоїть в лівій частині – «Дано».

У загальному випадку параметри цілепокладання є результатом рішення задачі:

$$\langle \theta_{M_0}, A, L, P_Y, G; Y^{ноп.} \rangle. \quad (3.14)$$

Мета операції накладає відбиток на вигляд показника ефективності та на сам критерій, а точніше – на принцип його вибору. Числова функція, яка визначена на множині стратегій A , характеризує ступінь досягнення мети M_0 операції може розглядатися як показник ефективності лише за дотримання певних вимог.

А. Відповідність меті. ЛПР, знаючи значення показника в певній ситуації, повністю уявляє собі, у якому ступені досягається мета.

В. Змістовність і можливість інтерпретації. Показник ефективності або його компоненти зрозумілі ЛПР і мають ясний фізичний сенс.

С. Вимірність. Показники ефективності можна піддавати певним математичним перетворенням, що допускається типом його шкали.

Якщо ефективність операції не вдається описати за допомогою єдиного показника, то вибір кількості частинних показників ефективності, що створюють векторний показник, є нетривіальним завданням. До векторного показника ефективності пред'являються додаткові вимоги.

Д. Мінімальність кількості використовуваних частинних показників. Людина може достатньо легко оперувати з 1–3 показниками без використання машинних методів обробки. Залежно від ступеня підготовленості особистості, яка приймає рішення, верхня межа розмірності векторного показника зазвичай визначається величиною 7 ± 2 . Хоча для добре підготовлених і обізнаних на об'єкті та предметі досліджень експертів цей показник може досягати 11, а іноді й 19–22 (коефіцієнт неефективності Паркінсона) [63; 141; 179; 200; 221; 346 та ін.].

Е. Повнота. Векторний показник ефективності має містити таку кількість частинних показників, яка б давала змогу враховувати всі визначальні ознаки Y , що адекватно відображають результат операції.

Вкажемо, що вимоги *A–E* є досить суперечливими, хоча б тому, що неможливо одночасно задовільнити всі вимоги. Це ще раз вказує на зв'язок ЗПР з ПС. Наприклад, ЛПР, за значенням показника ефективності має повністю уявляти собі ступінь досягнення мети (відповідність меті). Це приводить до необхідності задоволення вимоги повноти, яка суперечить вимозі мінімальності.

Вимога змістовності й інтерпретованості входить в суперечність з вимогою вимірності, оскільки показники ефективності можуть не мати адекватної фізичної шкали (наприклад, оцінка естетичності, ергономічності, новизни тощо). Їх доводиться описувати суб'єктивними оцінками, зокрема за допомогою лінгвістичних змінних.

У ролі показників ефективності на концептуальному рівні досліджень доцільно обирати агреговані показники, які відображають ступінь досягнення цілей операції. На операційному рівні досліджень у ролі показників ефективності доцільно також використовувати агреговані показники, які мають характеризувати ступінь виконання завдань операції, вирішення яких приводить до досягнення мети операції в НВП. Вимоги до якості вирішення цих завдань можуть бути отримані на верхньому рівні – рівні концептуального дослідження. Показниками якості на рівні детального дослідження можуть бути як агреговані, так і не агреговані показники якості елементів підсистем.

Якщо операція проводиться в умовах істотної невизначеності (цільової, природної і поведінкової), то як критерій можуть використовуватися критерій або придатності (наприклад, критерій гарантованого результату), або оптимальності (наприклад, критерій найбільшого гарантованого результату). Загальна класифікація цих критеріїв подана на рисунку 3.8.

Використання цих підходів під час вибору критерію в цій ситуації не завжди виправдано, оскільки в більшості випадків гарантовані рівні є неприпустимо низькими та внаслідок цього не несуть жодної інформації про раціональність дій. Тому часто використовують інший підхід до формування критеріїв, а саме – підхід, що заснований на концепції адаптивізації.

Наведений підхід припускає прогнозування можливих умов A і стратегій (альтернатив) A на основі не лише апріорної (статичної) інформації, а також поточної динамічної та прогнозної (віртуальної) інформації. Використовуючи таку інформацію та застосовуючи принцип оптимальності, можна отримати не лише цілеспрямовані, а й гнучко зорієнтовані рішення. Таким чином, забезпечується перехід від статичної моделі ПР до динамічної.

Суть цього підходу полягає не просто у виборі кращого, як це має місце в концепції оптимальності, а саме в русі до кращого рішення.

Математичним формулюванням критерію адаптивності під час вибору рішень може, наприклад, слугувати такий вираз:



Рис. 3.8. Загальна класифікація критеріїв ефективності прийняття рішень

$$a^*_{t, \tau} : \sup_{a \in A_{t, \tau}} W^t(a, t, \tau), \quad (3.15)$$

де a, A мають той же сенс, що й раніше;

t, τ – відповідно час і попередження прогнозу.

Запис w означає, що цілі операції, а отже, показники (критерії) ефективності змінюються в часі, а сам показник формується як деяке усереднювання за чинниками $\lambda \in A_j$.

Критерій 3.15 дає змогу обирати «негіршу» стратегію $a^*_{t, \tau}$ з точністю до помилок прогнозування на період прогнозу τ . Зазначена стратегія забезпечує найбільше значення функції ефективності w на рефлексивно обраній множині

допустимих стратегій $A_{t,\tau}$, яка формується до даного моменту часу t . Отже, ПР на основі концепції адаптивізації виявляється найбільш складним за рівнем вироблення керівних дій, але водночас і найбільш досконалим.

Завдання моделювання переваг. Під час вирішення всіх вищевикладених завдань перед ЛПР постає проблема вибору з множини досліджуваних об'єктів таких, які підлягають подальшому розгляду. Здійснюючи такий вибір, ЛПР керується своєю СП, яка може бути виявлена та виміряна в ході контрольного пред'явлення їй об'єктів з представленої сукупності. Виявлену і виміряну СП ЛПР, називають моделлю переваг.

Розроблені спеціальні методи моделювання переваг ЛПР, що використовують формальні і неформальні процедури, які будуть детально розглянуті далі. Загальну постановку завдання моделювання переваг формально записують так:

$$\langle D, \theta; P_D \rangle, \quad (3.16)$$

де $D = A, A, Y, G, W, K$. (3.17)

Завдання виразу 3.16 треба розуміти так: на основі наявної інформації θ і результатів контрольного пред'явлення об'єктів, що входять в підмножину множини D , виявити індивідуальну СП P ЛПР.

Побудова моделі індивідуальних переваг P здійснюється за допомогою отримуваної від ЛПР спеціальної додаткової інформації $\Omega \subset \theta$ про переваги. Типовими прикладами такого роду інформації є незалежність частинних показників з перевагою, адитивна незалежність показників, якісна інформація про відносну важливість, коефіцієнти важливості (значущості, бажаності) тощо.

З огляду на наведене та спираючись на проактивну (превентивну) стратегію урахування впливу ЛЧ на функціонування НВП як системи, авторами пропонується відповідний алгоритм аналізу ПС і ПР, який подано на рисунку 3.9.

Розглянемо детальніше схему класифікації критеріїв раціональної поведінки систем ПР (СПР), що подана на рисунку 3.8.

Таким чином, відповідно до *концепції придатності* раціональною буде кожна стратегія $a \in A$, для якої обраний показник ефективності НВП приймає значення не менше деякого прийняттого (бажаного, потрібного, цільового тощо) рівня $w^{nomp.}$, тобто:

$$W_a \geq w^{nomp.}, \quad a \in A, \quad (3.18)$$

де A – множина допустимих стратегій;

W_a – показник ефективності.

Наприклад, у будь-якій шкалі оцінювання РНД / РАО тих, хто навчається, нормативно встановлено прохідні бали, які вважаються придатними.

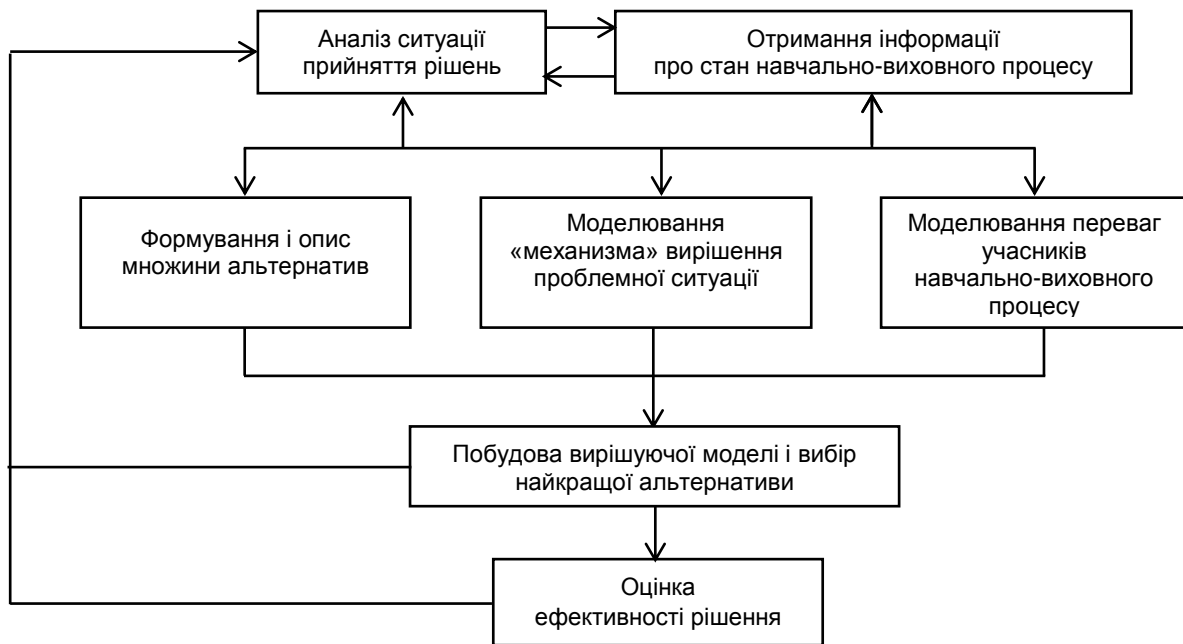


Рис. 3.9. Узагальнений алгоритм аналізу і моделювання задач прийняття рішень в навчально-виховному процесі

Наприклад, у 12-бальній шкалі такі придатні бали починаються з 4-х, хоча вважається, що всі бали цієї шкали є позитивними.

Якщо показник ефективності векторний, то вираз 3.18 записується для кожного окремого (частинного) показника w_i $a \geq w_i^{nomp.}$, що входить до складу векторного показника ефективності. Таким чином, рівень задоволення показника ефективності $w^{nomp.}$ ділить множину прийнятних стратегій A на дві підмножини, що не перетинаються, тобто на: A^{SAT} – множину прийятних стратегій і множину неприйятних стратегій $A \setminus A^{SAT}$. Прийятні стратегії $a \in A^{SAT}$ рівнозначні, як і неприйятні стратегії з множини $A \setminus A^{SAT}$ – однаково незадовільні. Наведемо основні критерії придатності.

1. Критерій прийятного результату.

Якщо йдеться про вирішення детермінованих задач, то прийятний результат досягається шляхом вибору як показника ефективності НВП деякого кількісного результату наслідку певної операції y_a . За таких умов функція відповідності має вигляд – $\rho y_a, y^{nomp.} = y_a$, а шукана стратегія a обирається з множини допустимих за умови:

$$a^* : y_a \geq y^{nomp.}, \quad (3.19)$$

де $y^{nomp.}$ – прийятний рівень результату.

2. Критерій допустимої гарантії.

Згідно з цим критерієм, функцію відповідності обирають у вигляді:

$$\rho(y, a, y^{номп}) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } y \geq y^{номп} \\ 0, & \text{якщо } y < y^{номп} \end{cases}. \quad (3.20)$$

Принцип допустимої гарантії рекомендує вибрати стратегії a з умови:

$$a^* : P(y, a) \geq y^{номп} \geq p^{номп}, \quad (3.21)$$

де $p^{номп}$ – прийнятний рівень імовірнісної гарантії результату.

3. Критерій допустимого гарантованого результату.

Згідно з цим критерієм, функція відповідності має вигляд:

$$\rho = F_u^{-1}(1 - \alpha) = y_\alpha(a). \quad (3.22)$$

Придатну стратегію обирають з умови:

$$a^* : y_\alpha(a) \geq y^{номп}, \quad (3.23)$$

де $y^{номп}$ – допустимий рівень гарантованого (з імовірністю α) результату.

Розглянута концепція є простою, однак призводить до негнучкої та нецілеспрямованої системи дій.

4. Концепція оптимальності передбачає, що раціональними є ті стратегії $a \in A$, що забезпечують більший ефект:

$$W(a^*) = \max_{a \in A} W(a). \quad (3.24)$$

Використовуючи вираз 3.18, можна з вихідної множини A виділити певну кількість (множину) рівноцінних оптимальних стратегій $A^* \in A$. Тому концепцію оптимізації доцільно використовувати у випадку, якщо комплекс умов проведення операції фіксований, а показник ефективності НВП $W(a)$ – скаляр.

Залежно від виду функції відповідності, у рамках концепції оптимізації виділяють такі критерії оптимальності.

1. Критерій найбільшого результату. За аналогією з принципом прийнятного результату $\rho(y, a, y^{номп}) = y(a)$, оптимальну стратегію обирають з умови 3.24:

$$a^* : \max_{a \in A} y(a). \quad (3.25)$$

2. Критерій найбільшого середнього результату.

Якщо спостерігається суттєвий вплив випадкових чинників результат $\hat{y}(a)$ часто обирають як функцію відповідності. У такому випадку показник ефективності – суть математичне очікування результату, тобто:

$$W(a) = M \hat{y}(a) . \quad (3.26)$$

Критерій найбільшого середнього результату рекомендуємо обирати як оптимальну стратегію a^* , для якої:

$$a^* : \max_{a \in A} M [\hat{y}(a)] . \quad (3.27)$$

3. Критерій найбільшої імовірнісної гарантії результату.

Якщо результат операції, виконану в процесі управління НВП, подати через випадкову змінну $\hat{y}(a)$ та чітко визначити необхідний результат БКР $y^{номр.}$, то функцію відповідності вводять у такому вигляді:

$$p(\hat{y}(a), y) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } \hat{y}(a) \geq y^{номр.} \\ 0, & \text{якщо } \hat{y}(a) < y^{номр.} \end{cases} . \quad (3.28)$$

За таких умов показник ефективності розглядається як імовірність того, що реальний результат операції буде мати значення не нижче необхідного рівня:

$$W(a) = P \hat{y}(a) \geq y^{номр.} . \quad (3.29)$$

Критерій найбільшої імовірнісної гарантії рекомендує як оптимальну обирати стратегію $a^* \in A$ з умови:

$$a^* : \max_{a \in A} P \hat{y}(a) \geq y^{номр.} . \quad (3.30)$$

Наведена умова 3.30 зберігається за нечіткого визначення $y^{номр.}$ за допомогою функції належності $\mu_A(y^{номр.})$, а функцію відповідності необхідно ототожнити з функцією належності, наступним чином:

$$p(\hat{y}(a), y^{номр.}) = \mu_A(y^{номр.}) . \quad (3.31)$$

Тоді умова 3.25 буде мати вигляд:

$$a^* = \max_{a \in A} P \hat{y}(a) \geq \tilde{y}^{номр.} . \quad (3.32)$$

За випадкового характеру $y^{nomp.}$ умова 3.26 зберігається, коли:

$$a^* : \max_{a \in A} P \hat{y} a \geq \tilde{y}^{nomp.} . \quad (3.33)$$

4. *Критерій найбільшого гарантованого результату.* За випадкового характеру результату $\hat{y} a$ операції гарантованим результатом (вірогідно-гарантованим результатом) називають рівень $y_\alpha a$, не нижче якого буде отримано реальний результат із заданою ймовірністю α , тобто:

$$\alpha = P \hat{y} a \geq y_\alpha a . \quad (3.34)$$

Звідси $y_\alpha a = F^{-1} 1-\alpha$, і функцією відповідності є $\rho = y_\alpha a$.

Тоді показник ефективності в силу того, що $y_\alpha a$ не є випадковою змінною, приймає вигляд:

$$W a = y_\alpha a . \quad (3.35)$$

Відповідно до критерію найбільшого гарантованого (імовірностно-гарантованого) результату, оптимальну стратегію вибирають з умови:

$$a^* : \max_{a \in A} y_\alpha a . \quad (3.36)$$

за фіксованою імовірністю α .

В умовах конфлікту показник ефективності $W a$ має вигляд:

$$W u, v = M \left[\rho y u, v, y^{nomp.} \right]. \quad (3.37)$$

Критерій найбільшого гарантованого результату в цьому випадку як оптимальний рекомендуємо обирати як стратегію a^* з умови:

$$a^* : \max_{u \in A} \min_{v \in A} M \left[\rho y(u, v), y^{nomp.} \right]. \quad (3.38)$$

Ця умова відображає принцип максиміна [51; 134; 299 та ін.]. Стратегію a^* називають максимінною.

Зазначена концепція призводить до цілеспрямованої, але негнучкої системи дій, тому що не враховується поточна інформація щодо різних змін, що здійснюються у НВП та зовнішньому середовищі під час втілення рішення a^* .

Концепція адаптивності передбачає можливість оперативного реагування в ході операції на поточну інформацію, що надходить, про зміни комплексу педагогічних умов організації і проведення НВП. Суть цієї

концепції полягає в зміні стратегій управління a (стратегію розглядають у широкому розумінні; вона містить як способи зміни параметрів системи, так і способи зміни її структури) на основі не лише апріорної, а й поточної, а також прогнозованої інформації, з метою досягнення або збереження визначеного етапу системи при зміні комплексу умов проведення операції.

Якщо множина A припустимих стратегій може динамічно видозмінюватися в процесі надходження поточної інформації, то під час реакції на інформацію, що надходить, а також здійснення прогнозу розвитку операції, НВП як система може змінювати / уточнювати мету функціонування. У такому випадку, відповідно до концепції адаптивності, раціональною буде така стратегія $a(t, \tau)$ з множини $A(t, \tau)$, що забезпечує виконання умови:

$$\begin{cases} W_{a^*(t, \tau)} \geq W_t^{nomp. a^*(t, \tau)} \\ a(t) \in A(t, \tau) \end{cases}, \quad (3.39)$$

де t – час;

τ – упередження прогнозу.

Запис w_t означає, що показник ефективності може змінюватися в часі.

Таким чином, можна дійти висновку, що розглянута концепція адаптивності призводить до цілеспрямованої та гнучкої системи дій. У її рамках раціональна поведінка (функціонування) НВП як складної системи організується відповідно до основних принципів вибору критеріїв ефективності.

1. *Принцип селекції.* На кожному кроці багатоетапного процесу ПР передбачається відбір (селекція) декількох рішень, що утворюють певний кластер рішень, близьких до кращого. З них необхідно сформувати низку комбінацій на наступному етапі ПР, відібрати декілька комбінацій, близьких до кращих, використовуючи критерій більш високого порядку, ніж на попередньому кроці. У наведений спосіб формується ряд комбінацій рішень, з яких відбираються не лише кращі, а й близькі до них.

2. *Принцип волі вибору рішень.* Цей принцип реалізується в системах, які здатні до самоорганізації. Ще раз нагадаємо, що такою самоорганізованою системою є НВП. Принцип рекомендує не приймати на основі апріорної інформації рішення в деталях на доступну для огляду перспективу, саме тому іноді його називають принципом неостаточних рішень. Тут вибір полягає в можливості перегляду, уточнення рішення, що було раніше прийнятим, залежно від характеру поточної інформації.

3. *Принцип самонавчання.* Відповідно до цього принципу адаптивна поведінка системи забезпечується в процесі багаторазових зовнішніх впливів на систему, запам'ятовуванням реакцій на ці впливи та результати реагування, а також корегуванням реакцій, які спрямовані на підвищення

ефективності поведінки системи. Інформація, що накопичується в процесі самонавчання, використовується для вдосконалення критерію ефективності.

Вибір критерію ефективності при оцінюванні ступеня привабливості заходів з управління та вдосконалення НВП має обов'язково супроводжуватися узгодженням мети операції та критерію ефективності. В ролі критеріальної значущості відповідної міри постає w^{nomp} . Встановлення цього показника має проводитися за відомими об'єктивними іншими показниками, що є добре дослідженими у працях [76; 85; 191]. Однак відповідні технології, процедури й алгоритми не можуть вважатися оптимальними, оскільки не враховують особистого ставлення учасників НВП до відповідних заходів. Наведена проблема набуває особливої актуальності в активних освітянських гуманістичних системах, оскільки аналіз ефективності НВП спирається переважно не на об'єктивні, а на суб'єктивні оцінки w^{nomp} керівництвом закладу освіти, педагогічним персоналом та тими, хто навчається. Таким чином, з огляду на наведене можна дійти висновку про нагальну потребу дослідження ОФК та РД учасників НВП та їх застосування як індикаторів у процесах розвитку АО.

На завершення цього пункту зауважимо, що у багатьох практичних випадках виявляється ситуація, коли апріорне завдання одного з критеріїв ефективності k (придатності, оптимальності, адаптивності – див. рис. 3.10) призводить до виділення певної множини альтернатив, які вважаються «не гіршими» за інші. У такому разі для здійснення однозначного вибору найкращої альтернативи необхідно сформулювати складний агрегований критерій – вирішальне правило, яке встановлюється на множині $G-P_G$, $L-P_L$, $W-P_W$ тощо, та охоплює як формальні, так і неформальні вказівки та рекомендації щодо ПР [179; 237].

3.1.3. Розроблення рекомендацій щодо застосування системно-інформаційної кваліметрії в управлінні навчально-виховним процесом

Удосконалення технологій, алгоритмів, процедур тощо управління НВП у будь-якому ЗО, незалежно від рівня його акредитації, неможливе без системного уявлення його як цілісного явища, спрямованого на вироблення рішення, організацію, моніторинг, оптимальне регулювання об'єкта управління відповідно до державних стандартів освіти, аналізу та підведення підсумків на основі вірогідної інформації (рис. 3.1).

Управління НВП – це складне явище (процес), зумовлене як загальними об'єктивними закономірностями функціонування гуманістичних освітянських систем, так закономірностями множини взаємодії їх підсистем та елементів, яка може мати суттєву статистичну та не стохастичну невизначеність.

У Педагогічному енциклопедичному словнику подано таке визначення: «Управління – це функція організованих систем різної природи, що забезпечує збереження їх визначеної структури, підтримку режиму діяльності, реалізацію їх програми і цілей» [202, с. 481].

Оскільки будь-яке управління має відбуватися за чітко визначеними і зрозумілими показниками, то актуальність введення квалітативної складової в процес управління НВП є очевидною і зумовлена наступним.

По-перше, в умовах приєднання вітчизняної освітянської системи до болонських домовленостей, які мають на меті «*досягнення більшої сумісності та порівнянності систем вищої освіти*», є неможливим без здійснення відповідної кваліметрії НВП.

По-друге, компетентісна орієнтація НВП у ЗВО вимагає встановлення певних нормативних показників. Завдяки здійсненому аналізу було виявлено, що оцінювання певних компетенцій, особливо тих, які утворюють «соціально-особистісні компетенції» (див. рис. 1.3), декларується, але фактично не відбувається за відсутності єдиної науково обґрунтованої методологічної бази їх кваліметрії [127].

По-третє, організація особистісно-орієнтованого навчання є неможливою без урахування впливу ЛЧ на процесах ПР як об'єктів, так і суб'єктів НВП. Ідеться про ОНД та РД. Ці показники мають бути виміряні в добре зрозумілих фізичних характеристиках НВП.

По-четверте, було доведено органічний зв'язок між кваліметрією та системним аналізом, який можна розглядати як вищу форму прийняття рішень, що є основним змістом управління НВП [127].

По-п'яте, управління НВП (УНВП) тісно пов'язано з інноваціями. Їх суть полягає в забезпеченні нових рівнів якісної освіти випускників ЗО, що змогли б задовольнити вимоги роботодавця. Різноманіття якості та її кваліметричних показників, що забезпечується в процесі інноваційної діяльності, дає змогу вдосконалювати всю систему управління якістю освіти у ЗО.

По-шосте, формування квалітативної культури як вищої форми уявлення учасником НВП специфічних особливостей особистісної діяльності має сприяти загальному підвищенню якості навчання.

З урахуванням наведеного, проблеми оцінювання якості освіти стали предметом інтенсивних досліджень, що проводяться в такій відносно новій науковій галузі знань, як кваліметрія. У ній вивчаються закономірності отримання й обробки інформації про якість дидактичного об'єкта на всіх етапах його життєвого циклу [33, с. 331]. Спочатку кваліметрія визначалася як наука про вимірювання й оцінку якості продукції. І це було цілком природно, тому що проблема якості виробничої продукції є однією з найважливіших. У другій половині ХХ ст. головні наукові категорії, що належать і до технічних, і до природних, і навіть до гуманітарних наук – дедалі більшою мірою починають піддаватися спочатку формалізації, а потім – і кількісному виразу [171].

Комплексні кількісні оцінки якості, яким, згідно з постулатами системного аналізу, притаманна системна властивість емерджентності, останнім часом дедалі більше впроваджуються в різні сфери людської діяльності. У наукових джерелах дедалі частіше згадують проблеми комплексної оцінки якості різного роду об'єктів, що не є продуктами праці, або оцінки якості протікання різних процесів. Сучасні методики оцінки якості характеризуються внутрішньою єдністю, оскільки базуються на загальних принципах кваліметрії. Згідно з теоретичною кваліметрією, ці методики однорідні та можуть бути описані одним алгоритмом. Окрім того, спираючись на рисунок 3.10, можна вважати, що:



Рис. 3.10. Методи визначення показників якості навчально-виховного процесу

1) методи комплексної кількісної оцінки якості поширюються на дедалі більш нові області, часто значно віддалені від первинної сфери їх застосування;

2) алгоритм цих методів і принципи, на яких вони базуються, практично не відрізняються від прийнятих у теоретичній кваліметрії;

3) сфери застосування багатьох із цих методів (наприклад, оцінка якості навчання та виховання) надзвичайно важливі. Тому важливими є спільні дослідження проблем оцінки якості в різних соціально-значущих сферах, що

буде сприяти підвищенню наукового рівня таких досліджень. Окрім того, розширення сфери кваліметрії допоможе підвести наукову базу під цілий комплекс методів розв'язання завдань оцінки якості різних процесів і предметів, які не є продуктами діяльності, що матиме значне практичне значення [171].

Оскільки кваліметрія – це сфера наукового знання, що вивчає методологію та проблематику розробки комплексних, а іноді системних кількісних оцінок якості будь-яких об'єктів, необхідно чітко уявляти співвідношення між якісним і кількісним описом освітнього процесу [261]. Кількість і якість є чимось роздільним лише в абстракції. Реально вони існують у нерозривній єдності, у межах якої якість модифікується, варіюється в силу зміни кількості й окремих неістотних властивостей, зберігаючи істотні характеристики.

Термін «кваліметрія» вперше було запропоновано в 1968 р. групою науковців на чолі з Г. Азгальдовим. Вони виявили методологічну спільність способів кількісного оцінювання якості різних об'єктів. Водночас було усвідомлено необхідність теоретичного узагальнення цих способів у межах самостійної наукової дисципліни «Кваліметрія» як науки про якість об'єктів, що створюються людиною, вживаних технологічних і виробничих процесів, про якість праці та тестових перевірок. Остаточною метою кваліметрії Г. Азгальдов вважає розробку та вдосконалення методик, за допомогою яких якість конкретного оцінюваного об'єкта може бути виражено одним числом, що характеризує ступінь задоволення цим об'єктом суспільної або особистісної потреби [1; 2].

На думку А. Субетто, кваліметрія в освіті – це наука про якість освіти в усьому її розмаїтті: якість функціонування та розвитку освітніх систем; НВП, студентів, педагогічного корпусу тощо. Вона формується на стику єдиної науки про освіту (едукології) та науки про якість об'єктів і процесів – квалітології [279]. Так, Н. Сагітова зазначає, що назріла нагальна необхідність у використанні сучасних методів контролю й оцінки якості освіти. Кваліметрична складова освітнього процесу має містити [261]:

- управління якістю освіти;
- систему забезпечення якості освіти;
- оцінку рівня НВП тощо.

Отже, з аналізу кваліметричних термінів і понять стає зрозуміло, що кваліметрія освіти – це сукупність знань та вмінь педагога (педагогічного колективу, керівництва ЗО тощо) з проєктування, оцінки, забезпечення, контролю і управління якістю НВП, важливими напрямками якого є [13]:

- кваліметрія людини в освіті;
- оцінка якості освітніх програм;
- оцінка якості моделей фахівців і соціальних норм якості;
- оцінка якості науково-педагогічного потенціалу;
- оцінка якості наукової і матеріально-технічної бази тощо.

Підкреслюючи важливість кваліметричного підходу в управлінні освітою,

Ф. Міфтахутдінова визначає його головною метою освоєння нової ідеології якості як фундаментального знання. «Квалітативна освіта в сучасному інформаційному суспільстві необхідна кожному, незалежно від області його майбутньої діяльності, оскільки квалітативна підготовка є складовою методологічної підготовки фахівця і полягає в розумінні важливості для суспільства випуску якісної продукції, в умінні використовувати стандарти у вигляді інструменту для регламентації рівня якості, оцінювати цей рівень, мати навички в проектуванні систем управління якістю та розробки дій, що управляють» [171].

Науковий напрям, що вивчає трансформацію методів, форм, технологій кваліметрії до оцінки психолого-педагогічних і дидактичних об'єктів називають педагогічною кваліметрією. Педагогічна кваліметрія утворює порівняно новий науковий напрям педагогічних досліджень, головним змістом якого є методологія та проблематика розробки комплексних і взаємоузгоджених кількісних і якісних оцінок якості будь-яких об'єктів освітнього процесу [13; 116].

Попри те, що педагогічна діагностика та педагогічна кваліметрія пов'язані практичними напрямками досліджень в межах цілісної педагогічної науки, у кожній з яких є низка істотних особливостей. Якщо педагогічна діагностика постає в ролі допоміжного елементу педагогічних досліджень, що максимально виявляється під час проведення моніторингу процесу навчання, то педагогічна кваліметрія, яка також має бути невід'ємним елементом будь-якого моніторингу, здатна проводити самостійний аналіз досліджуваних закономірностей на основі математичного моделювання. Педагогічна діагностика проводиться стосовно проблематики навчання і виховання з метою вироблення необхідних коректувальних заходів. Щоб контроль міг надати об'єктивну оцінку РНД студентів, стимулював педагогічну діяльність, необхідним є дотримання таких вимог [13]:

- систематичності – контроль має здійснюватися регулярно з використанням різних методів і форм;
- об'єктивності – перевірка має здійснюватися відповідно до вимог державних стандартів;
- дієвості – результати контролю мають приводити до позитивних змін у НВП, усуненню виявлених недоліків;
- компетентності, того, хто перевіряє.

Інформація, отримана в ході контролю, стає предметом педагогічного аналізу.

Способи діагностування можуть бути різними: від порівняльної оцінки за зовнішніми ознаками до кількісної оцінки об'єкта дослідження за допомогою педагогічних вимірників. Процедури педагогічної діагностики орієнтовано на отримання якісних висновків про стан освітнього процесу. На відміну від педагогічної діагностики, педагогічна кваліметрія припускає порівняння результатів тестування з наявними стандартами (наприклад, державним

стандартом загальної освіти). Сама назва «Педагогічна кваліметрія» показує, що її апаратом є:

- педагогічні дії;
- принципи реалізації кваліметричного підходу;
- основні напрями та сфери застосування комплексних кваліметричних оцінок;
- кінцевий результат – система оцінки контролю й оцінки знань тих, хто навчається.

Поняття кваліметричної технології діагностики РНД введено у зв'язку з необхідністю конкретизації нового аспекту діагностики якості навчання студентів, учнів в умовах багаторівневої системи вищої професійної освіти, оскільки кваліметрія – сфера наукового знання, що вивчає методологію і проблематику розробки комплексних, а в деяких випадках – і системних кількісних оцінок якості будь-яких об'єктів, що виражають співвідношення між якісним і кількісним описом освітнього НВП. Кількість і якість у цьому контексті існують в нерозривній єдності, у межах якої певна якість цілеспрямовано модифікується, варіюється через зміну кількості й окремих неістотних властивостей, зберігаючи свої істотні характеристики.

Імовірно, значущість комплексних оцінок і та увага, яку приділяють їм дослідники, призвели до поширення думки, що кваліметрія оперує лише комплексними безрозмірними оцінками, отриманими в результаті певних обчислень. Це звужує межі кваліметрії, оскільки виключає з її сфери диференціальні методи оцінки якості, тобто оцінки окремих, одиничних показників властивостей якості. Отже, є підстави стверджувати, що зараз кваліметрія в освіті починає об'єднувати не лише методи оцінки якості різних педагогічних об'єктів, а й методи оцінки якості його предметів, а також різних освітніх процесів. Таким чином, виникає потреба у створенні та реалізації концепції кваліметричного підходу в освітній системі.

Кваліметричний підхід в освітньому просторі зумовлює застосування системного підходу в процесі оцінки якості та ефективності навчання. Практичне розв'язання проблеми співвідношення якості та кількості в освіті припускає також підготовку НПП, шкільних педагогів до результативного і ефективного використання сучасних підходів, методів і засобів навчання в щоденній освітянській діяльності. Причому актуалізується положення про дуальну природу оцінки якості на основі бально-рейтингового контролю, що виконує функцію контролю та розвитку. Необхідно звернути увагу на те, що комплексна оцінка ЗУН кожного студента / учня передбачає об'єднання оцінки умов освітнього процесу, його змісту і результатів.

На сучасному етапі розвитку педагогічної кваліметрії всередині неї явно починають виділятися дві складові: теоретична і прикладна.

Теоретична складова абстрагується від конкретних об'єктів і вивчає загальні закономірності та математичні моделі, які пов'язані з оцінкою якості. Йдеться про філософські та методологічні проблеми кількісної оцінки

якості освіти. Упроваджені зараз інтенсивні методи навчання сприятимуть до пошуків нових форм підвищення якості й ефективності педагогічного контролю. Завдання прикладної педагогічної кваліметрії полягає в розробленні конкретних методик і математичних моделей для оцінки якості об'єктів НВП. Вважаємо, що краще підійти до розв'язання цієї задачі з більш загальних позицій, створюючи модель кваліметричної оптимізації НВП за допомогою змістовних методів [13].

Спираючись на матеріали підрозділів 1.1–1.3, а також підрозділу 1.6, потрібно зауважити, що розглядаючи можливості формалізації педагогічних знань за допомогою математичного моделювання, необхідно враховувати два основні напрями [131; 261]:

1) побудова моделі емпіричного об'єкта шляхом виділення його властивостей та їх опис з урахуванням психічних процесів, що відбуваються у НВП і властивостей особистості його учасників;

2) розробка методів, засобів і процедур вимірювань властивостей емпіричного об'єкта та їх додатків у практиці розв'язання різних педагогічних завдань навчання.

Обидва сформульовані напрями пов'язані з експериментом і цілком відповідають загальнонауковій методології. Оскільки ми ставимо перед собою завдання побудови, зокрема моделі реалізації синергетичного підходу до розвитку АО на основі кваліметричного підходу, другий напрям математичного моделювання ми вважаємо більш важливішим.

Перспективи використання педагогічної кваліметрії як структурного елементу управління якістю освіти базуються на науково обґрунтованій методології кількісної оцінки якості. Вони пов'язані з міждисциплінарним, міжгалузевим і міждержавним характером. Головними напрямами її використання є:

– забезпечення конкурентоздатності випускника будь-якого за акредитацією ЗО на ринках праці;

– дослідження стану та тенденцій розвитку НВП в умовах модернізації вітчизняної освіти;

– розв'язання завдань із розробки нових педагогічних систем і технологій, які сприяють формуванню та розвитку професійно-орієнтованої компетентності майбутнього фахівця тощо.

Нині ще не сформувалася чітка теорія педагогічної кваліметрії, проте правомірно та необхідно говорити про орієнтацію цього наукового напрямку, принципи і підходи до оцінки якості, головні, вузлові проблеми, на розв'язання яких мають бути спрямовані зусилля вчених і фахівців-практиків.

Для розуміння суті кваліметрії необхідно розглядати її в рамках науки квалітології, як науки про якість. У структурі квалітології можна виділити такі взаємозв'язані та взаємодіючі складові частини, як:

– теорія якості;

- теорія ефективності;
- теорія управління якістю;
- теорія корисності;
- кваліметрія;
- метрологія тощо.

Таким чином, кваліметрія – це синтетична система взаємозв'язаних теорій, що розрізняються ступенем спільності, засобами та методами вимірювання і оцінювання, до яких належать загальна, спеціальна і наочна кваліметрія, які об'єднуючись, становлять в сукупності синтетичну кваліметрію [20; 147; 279].

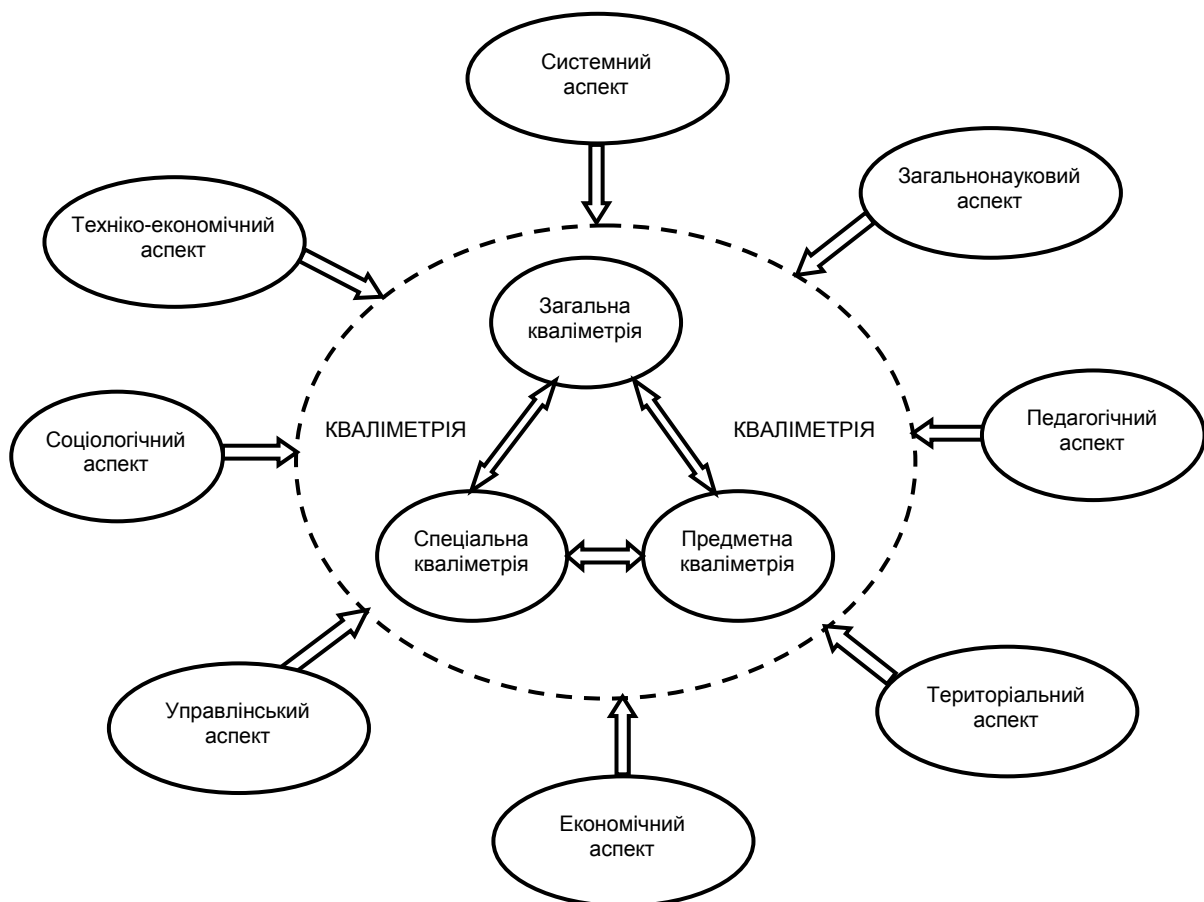


Рис. 3.11. Ілюстрація синтетичності кваліметричного підходу

Зазначену синтетичність утворюють відповідні складники кваліметрії (рис. 3.11), а саме:

- *загальна кваліметрія*, що охоплює систему понять, теорію оцінювання, аксіоматику кваліметрії, теорію шкал і кваліметричного шкалування;
- *спеціальна кваліметрія*, що розглядає такі моделі й алгоритми оцінки, як: експертна, імовірно-статистична, індексна, таксономічна, теорія класифікацій і систематизації складно-орієнтованих об'єктів, що мають ієрархічну будову, а також досліджує точність і достовірність отриманих оцінок;

- предметна кваліметрія, що розрізняється за предметами оцінювання (продукція і техніка, праця та діяльність, рішення і проекти, процеси попиту, пропозиції, управління й інформаційного забезпечення тощо).

Структурність, динамічність, визначеність і цілісність зазначених видів кваліметрії забезпечуються механізмом їхньої взаємодії. Так, загальна кваліметрія трансформує спеціальну кваліметрію з урахуванням особливостей вживаних методів і моделей оцінки, а остання знаходить віддзеркалення в предметній кваліметрії. Взаємозв'язки загальної, спеціальної та предметної кваліметрії відображають суть філософського підходу до вивчення будь-яких ієрархічних систем, як відношення загального, особливого і одиничного.

Вкажемо також, що у кваліметрії як у науці, можна виділити спеціальні аспекти, які також відображено на рисунку 3.11.

Загальнонауковий аспект визначається філософсько-методологічною і загальнонауковою функціями категорії якості та підтверджується формуванням значної кількості предметних властивостей кваліметрії (продукція, техніка, праця тощо). Застосування цього аспекту створює дієвий механізм вибору кращих варіантів багатокритеріальних рішень у всіх сферах і на всіх рівнях управління якістю.

Системний аспект кваліметрії визначає її як системну теорію, що охоплює всі головні ознаки системи (структурність, динамічність, визначеність, впорядкованість) і дає змогу використовувати системний підхід до процесів оцінки, аналізу і управління.

Техніко-економічний аспект кваліметрії відображає її цілеспрямованість на комплексні оцінки економічних і технічних властивостей об'єктів і процесів, а також реалізується в результатно-витратних заходах оцінювання ефективності, техніко-економічних та інших показниках. Цей аспект зумовлений необхідністю кількісної оцінки якості та класифікації продукції за якісними категоріями, а не лише з окремих властивостей.

Економічний аспект має політекономічний зміст категорії якості в її взаємодії зі споживною вартістю й охоплює методи економетрії як теоретичного вимірювання економічних властивостей створюваних об'єктів і процесів.

Педагогічна кваліметрія визначається як «дисципліна, що вивчає методологію і проблематику кількісної оцінки якості педагогічних інновацій і педагогічної діяльності загалом» [202]. Варто звернути увагу, що подана дефініція запозичена нами для аналізу з російського енциклопедичного словника, оскільки у відповідних вітчизняних джерелах [95; 204] терміни «кваліметрія» та «педагогічна кваліметрія» не розглядаються взагалі.

У контексті методології якості освіти необхідно зупинитися на певних питаннях загальнонаукового аспекту кваліметрії. Кваліметрія, як будь-який науковий напрям, використовує специфічну термінологію. Наведемо базові терміни, що сприяють розумінню суті кваліметрії.

Кваліметрія – це наукова дисципліна, що вивчає методологію та проблематику кількісного оцінювання якості (окремих складових властивостей) об'єктів будь-якої природи.

Кваліметрична інформація – це кількісна інформація про якість об'єкта, що дає змогу дійти висновку про кращу чи гіршу (наскільки або в скільки разів краще/гірше) якість цього об'єкта в порівнянні з іншим об'єктом.

Кількісне оцінювання якості або інтегральної якості – це процес, на виході якого в комплексній, кількісній формі отримується кваліметрична інформація про якість (або інтегральну якість) об'єкта з урахуванням не окремих, а всіх його властивостей.

Об'єкт – будь-який предмет (процес, явище) матеріальний або ідеальний (уявний), живий або неживий, природний або штучний, продукт праці або продукт природи.

Властивість – це риса, особливість, характеристика об'єкта, що виявляється під час його виробництва (створення) або споживання (застосування, використання, експлуатації). *Проста властивість* – це властивість, що не може бути декомпована на сукупність двох або більше інших, менш складних властивостей. *Складна властивість* – властивість, що може бути підрозділена (розбита, декомпована) на дві або більше інших, менш складних властивостей. Зазначимо, що сукупність властивостей також може бути (хоча і не завжди) властивістю об'єкта, але складнішою.

Отже, можемо визначити такий зміст досліджуваної дефініції «системно-інформаційна кваліметрія» – це системно організований збір якісно-кількісної інформації про дидактичні показники, потрібні для ПР в управлінні НВП.

Будь-яка задача управління, будь-яка ПС у НВП не може бути розв'язаною без урахування ставлення ЛПР до показників і характеристик цього процесу, а також до відповідних заходів, що реалізуються. Таке ставлення відповідно до постулатів системного аналізу будемо розглядати як СП. Виявлення та кваліметрія СП може здійснюватися різними шляхами. Один із них пов'язаний з побудовою й аналізом ОФК показників і характеристик НВП. Зазначені функції можуть формуватися для розв'язання закритої ЗПР, коли виявляється ставлення учасника НВП до ризику і встановлюється ОНД у ПР: схильність, несхильність, байдужість до ризику. Ця домінанта кваліметрично характеризує мотивацію учасників НВП на досягнення успіху (схильність до ризику) / запобігання невдач (несхильність до ризику). Якщо йдеться про відкриту ЗПР, то побудова ОФК відкриває перспективи виявлення РД учасників НВП, як головних показників їх мотивації та СО.

Система переваг учасників НВП може розглядатися як впорядкований ряд характеристик і показників, які застосовуються для управління ним. У цьому випадку ПР полегшується, оскільки найкраща альтернатива – на першому місці, наступна за важливістю – на другому тощо. У системному

аналізі розроблено комплекс способів виявлення СП. Оскільки вони базуються на експертних процедурах, то в процесі їх застосування для формування індивідуальних систем переваг необхідно запобігти вад методу Борда, а під час узагальнення індивідуальних переваг у групову – парадоксу Кондорсе. Важливим є застосування непараметричних методів формування групових СП (ГСП), що базуються на класичних критеріях ПР, а також медіани Кемені. У цій монографії СП саме впорядкований ряд показників і характеристик НВП нами не розглядається.

3.2. Вдосконалення методу встановлення основної навчальної домінанти

3.2.1. Особливості звичайного методу встановлення основної навчальної домінанти

У підрозділі 1.2 було обґрунтовано, що синергетичний ефект у процесі розвитку АО тих, хто навчається, виникає за таких умов:

1) ОНД тяжіє до прояву схильності до ризику, тобто збільшення мотивації на досягнення успіху, що відповідає ланцюжку, визначеному виразом 1.39;

2) збільшується абсолютне значення РД;

3) спостерігається і те, і те одночасно.

Однак, порівняльним аналізом і розвитком ефективності методів, технологій і процедур кваліметрії РД і ОНД у добре зрозумілих і фізично вимірюваних показниках НВП і професійної діяльності фактично займається невелика група фахівців і дослідників СНД (Азербайджан, Казахстан, Україна), представників наукової школи О. Реви. Це створює певні «хибні ланки» у безперервному ланцюгу наукового супроводу та вдосконалення НВП у вітчизняних ЗО.

Навчальна діяльність супроводжує фактично весь життєвий цикл людини, починаючи з дитячого садка, більш інтенсивно відбувається в ЗСО і ЗВО, дещо повільно здійснюється в період безпосередньої праці на виробництві чи у будь-яких інших установах. Тому мотивація навчання є однією з центральних у педагогіці та педагогічній психології, особливо в частині, що стосується мотивації досягнення [72; 127; 308 та ін.].

Розуміючи під мотивом навчальної діяльності всі чинники, що зумовлюють прояв навчальної активності, тобто цілі, установки, відчуття обов'язку, інтереси тощо, вкажемо на найбільш відомі на теперішній час методики (анкети, опитувальники, тести) виявлення мотивації на навчання:

1) *методика дослідження навчальної мотивації М. Гінзбурга* за результатами тестування першокласників визначає п'ять рівнів мотивації [192]:

I – дуже високий із вираженим особистісним сенсом, переважанням

когнітивних і внутрішніх мотивів, прагненням до успіху;

II – високий рівень;

III – нормальний (середній) рівень;

IV – понижений рівень;

V – низький рівень із вираженою відсутністю в учня особистісного сенсу навчання.

Питання методики стосуються різноманітних рис шкільного навчання, однак не прив'язані до його конкретних результатів. Знаходяться процентні показники рівнів мотивації, що є точкою відліку для моніторингу динаміки розвитку мотивації учіння на подальших етапах шкільного навчання. Тест утворюється всього чотирма питаннями (шість варіантів відповіді на кожне), що, згадуючи підхід Спірмена–Брауна (Ch. Spearman & W. Brown) [9], викликає певні сумніви щодо рівня його надійності;

2) *методика аналізу ставлення школярів до учіння Л. Балабкіної* визначає ставлення учня як до учіння загалом, так і до окремих НД [169]. Методика виявляє прямі оцінки учнями ступеня прийнятності навчальних дисциплін за шкалою:

2 – «це про мене»;

1 – «не впевнений, що це про мене»;

0 – «це не про мене, впевнений».

Користуючись розглянутою шкалою такі ж оцінки рефлексивно виставляє учням педагог. Тип ставлення до учіння загалом визначається як середнє значення балів, що були проставлені за дисциплінами. Спираючись на ці значення і відповідні критерії, якісні оцінки мотивації учіння визначається як активно-позитивна, позитивна, байдужа, негативна, край негативно.

Під час застосування цієї методики не враховують мотивація на конкретні результати навчання, а рейтинг НД було б доцільно встановлювати шляхом їх порівняльного аналізу, що сприяє формуванню індивідуальних і групових систем переваг учнів;

3) *методика вивчення мотивації навчання Т. Ільїної* містить 50 питань, 46 з яких є закритими альтернативними питаннями з можливістю вибору респондентом лише одного варіанта відповіді з двох запропонованих. Опитувальник містить також 4 прямих нейтральних (фонових) запитання, які в обробку результатів не включаються. Проте відповіді на ці запитання вимагають від респондента критичного ставлення до себе, оцінки своїх негативних особових якостей. Тест Т. Ільїної містить три шкали:

I – «Набуття знань»;

II – «Оволодіння професією»;

III – «Отримання диплома про вищу освіту».

Переважаючі показники (балів) за першими двома шкалами свідчить про адекватний вибір студентом професії та задоволеності нею [175]. Кваліметричні показники навчання в ролі його мотиваційних чинників не досліджуються;

4) *методика виявлення ставлення до учіння і навчальних дисциплін Г. Казанцевої* сприяє виявленню спрямованості та рівня розвитку внутрішньої мотивації навчальної діяльності учнів під час вивчення ними конкретних навчальних дисциплін [220; 318]. Методика містить три розділи і вимагає прямих відповідей учнів, що визначають їх ставлення до навчання, конкретних НД, педагогів та однокласників, що може викликати у випробуваних побоювання за можливе соціальне покарання за умов «неправильної» відповіді на певні запитання. Кваліметричні показники успішності навчання не досліджуються;

5) *методику оцінювання рівня навчальної мотивації Н. Калининої–М. Лук'янової* було розроблено, орієнтуючись на сенс учіння в розумінні А. Маркової, яка вважає, що мотив – це спрямованість школяра на окремі сторони навчальної праці, пов'язана з його внутрішнім ставленням до неї [157; 162]. Розглядаючи мотивацію як комплексну характеристику, зазначені автори у своїй методиці забезпечили експрес-діагностику таких її складових:

- особистісний сенс процесу учіння;
- види мотивів;
- ціле полягання;
- реалізація мотиву в поведінці;
- емоційний компонент мотивації учіння.

Передбачено вікову діагностику навчальної мотивації школярів. За підсумками тестування встановлюються п'ять рівнів мотивації згідно зі шкалою М. Гінзбурга. За результатами опитування визначаються шість мотивів: навчальний, соціальний, позиційний, оціночний, ігровий і зовнішній. Однак тестові завдання не стосуються кількісних показників результатів навчання;

б) *анкета для оцінювання рівня навчальної мотивації Н. Лусканової* містить запитань, кожне з яких має три варіанти відповідей, які оцінюються від 1 до 3 балів. Залежно від набраної суми балів випробуваний може продемонструвати один із шести введених рівнів мотивації. Перехід від рівня до рівня – лінійний, з кроком 5 балів. Питання на відвертість відповідей до анкети не включені. Кількісні показники навчання не досліджуються;

7) *метод встановлення основних навчальних домінант В. Камішина – О. Реви* базується на методології психологічної теорії ПР, полягає в ґрунтовному аналізі випробуваними можливих ПС, що можуть виникнути в процесі навчання, оцінювання його результатів і визначенні ставлення до цих результатів [121; 122; 127; 257 та ін.]. Під час розв'язання закритих ЗПР учні / студенти будують за обмеженою кількістю точок ОФК континууму оціночних шкал, використовуваних у вітчизняній освітянській системі (4-бальної, ECTS, 12-бальної, 100-бальної, 200-бальної).

Поняття ОНД має на увазі демонстрацію випробуваним одного з трьох показників ставлення до ризику:

- схильність до ризику (СР), яка полягає в прагненні учня отримати

додаткове питання, щоб отримати більш високу оцінку; вона характеризує мотивацію на досягнення успіху;

– неохочість до ризику (НСР), яка полягає у відмові учня від отримання додаткового питання; вона характеризує мотивацію на запобігання невдач;

– байдужість до ризику (БР) характеризує мотивацію на навчання, проміжну між двома розглянутими.

Дослідженнями встановлено, що особи, які схильні до ризику, набувають набагато кращих результатів навчання, ніж ті, хто мають інші доміанти [233], тому показники ОНД й слід застосовувати в управлінні НВП (рис. 3.1) [123].

Отже, зі здійсненого аналізу більш відомих методів встановлення мотивації на навчання впливає, що орієнтованим на конкретні результати навчання, а тому і більш перспективним із кваліметричних позицій, варто вважати останній із них. Більш детально зміст цього методу розглянемо на прикладі встановлення ОНД учнів на континуумі оцінок 12-бальної шкали. Теоретичне обґрунтування цієї методики детально розглянуто у працях [120; 121; 124; 127; 232; 233; 255; 257 та ін.].

До досліджень були залучені 172 учнів – дев'ятикласників різних київських шкіл. У процесі випробування їм пропонувалося розглянути звичайну навчальну ситуацію, коли будучи незадоволеним отриманою оцінкою, учень претендує на додаткове питання. Педагог готовий йти учневі на зустріч, якщо той погоджується на такі умови:

– *по-перше*, пропонована педагогом оцінка відміняється;

– *по-друге*, якщо відповідь на додаткове питання буде правильною, то учень отримає максимальну оцінку шкали «12»;

– *по-третє*, у протилежному випадку, якщо відповідь неправильна, то учень отримує мінімальну оцінку шкали «1».

Порушується питання: Яку саме оцінку має запропонувати педагог, щоб учневі було байдуже; чи отримати її напевно; чи претендувати на додаткове питання, шанси правильної / неправильної відповіді на яке становлять 50 на 50. Наведене можна уявити як деяку штучну лотерею (рис. 3.12, а).

Отримане таким чином значення пропонованої педагогом оцінки називають детермінованим еквівалентом лотереї (ДЕЛ) з корисністю $0,5 (n_{0,5})$. Цей еквівалент застосовують ще двічі (рис. 3.12, б і рис. 3.12, в) для встановлення інших характерних точок ОФК, тобто ДЕЛ з відповідною корисністю $0,25 (n_{0,25})$ і $0,75 (n_{0,75})$.

Таким чином, спираючись на процедури, що подані на рисунку 3.12, маємо такі формально позначені показники ОФК континууму 12-бальної шкали:

$$\begin{aligned} f_{n_0} = 1 \text{ бал} = 0, \quad f_{n_{0,25}} = 0,25, \quad f_{n_{0,5}} = 0,5, \\ f_{n_{0,75}} = 0,75, \quad f_{n_1} = 12 \text{ балів} = 1. \end{aligned} \quad (3.40)$$

За отриманими п'ятьма точками будуються шукані оціночні функції корисності. За суттю, розглянутий метод є дидактичною грою, яка постає як засіб підвищення навчальної мотивації.

Зрозуміло, що прагнення грати в лотерею свідчить, з одного боку, про мотивацію на досягнення успіху, а з іншого – ідеться про впевненість учня у набутих знаннях, оскільки він має внутрішнє переконання в незалежності своїх знань від якогось випадкового механізму. Оскільки за підсумками лотереї можна отримати і незадовільний результат, то йдеться саме про схильність до ризику. Водночас учні, які ухиляються від гри в розглянуту лотерею, демонструють мотивацію на уникнення невдач, тому одразу ж погоджуються на оцінку відповіді, запроповану педагогом і вважаються несхильними до ризику. Особи, які демонструють проміжне ставлення до ризику вважаються байдужими до нього, оскільки їх задовольняє середньому виграшу лотереї (медіана континууму оціночної шкали).

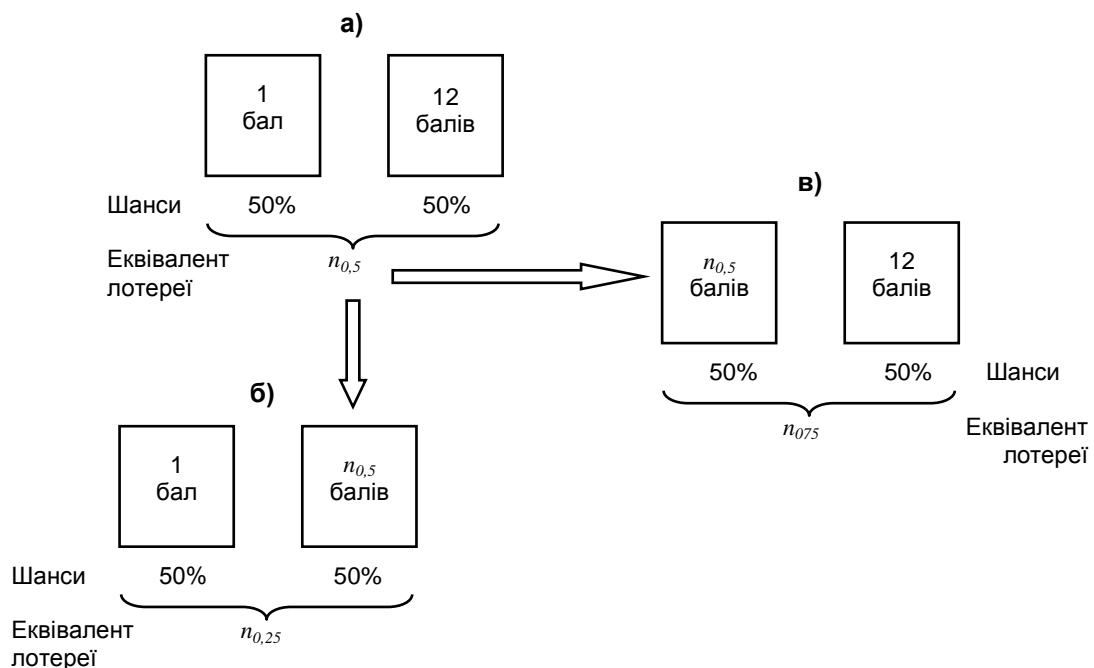


Рис. 3.12. Загальна ілюстрація лотерей для знаходження характерних точок корисності континууму оцінок 12-бальної шкали

Результати відповідних досліджень подані у таблиці 3.1 (графи 1–6).

Для визначення ОНД, тобто ставлення до ризику, зазвичай застосовують так звану надбавку за ризик (НР) [121; 132; 179; 233 та ін.]:

$$\pi = \bar{n} - n_{0,5} = \begin{cases} > 0 - \text{несхильність до ризику} \\ < 0 - \text{схильність до ризику} \\ = 0 - \text{байдужість до ризику} \end{cases}, \quad (3.41)$$

де \bar{n} – очікуваний виграш лотереї на рисунку 3.12 (а), який дорівнює медіані континууму 12-бальної шкали оцінювання знань:

$$\bar{n} = 0,5 \cdot n_{\min} + n_{\max} = 0,5 \cdot 1 + 12 = 6,5 \text{ балів.} \quad (3.42)$$

При цьому зауважимо, що отриманий результат є штучним, оскільки дробові бали не входять до спектру оцінок 12-бальної шкали.

Спираючись на вирази 3.41 і 3.42, було здійснено детальний аналіз отриманих емпіричних даних і встановлені ОНД випробуваних учнів (графа 6 табл. 3.1). У результаті цього аналізу не було виявлено учнів, які байдужі до ризику.

Таблиця 3.1

Результати встановлення основних навчальних домінант у дев'ятикласників (фрагмент)

№	Характерні точки оціночної функції корисності континууму 12-бальної шкали					Основна навчальна домінанта, встановлена		
	$n_0=1$	$n_{0,25}$	$n_{0,5}$	$n_{0,75}$	$n_1=12$	традиційним методом	новим методом проекцій	
							Σ	ОНД
1	2	3	4	5	6	6	7	8
1	1	8	9	10	12	С	40	С
2	1	6	8	9	12	С	36	С
⋮	1	⋮	⋮	⋮	12	⋮	⋮	⋮
10	1	6	7	8	12	С	34	4,6% / Б
11	1	5	6	10	12	НС	34	4,6% / Б
12	1	5	9	10	12	С	37	С
13	1	5	8	10	12	С	36	С
14	1	6	8	9	12	С	36	С
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
23	1	7	8	10	12	С	38	С
24	1	5	6	8	12	НС	32	1,5% / Б
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
33	1	5	7	9	12	С	34	4,6% / Б
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	12	⋮	⋮	⋮
49	1	6	7	8	12	С	34	4,6% Б
50	1	8	9	11	12	С	41	С
51	1	8	9	11	12	С	41	С
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
62	1	6	7	8	12	С	34	4,6% Б
63	1	9	10	11	12	С	43	С
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
72	1	6	7	8	12	С	34	4,6% / Б
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
86	1	5	6	9	12	НС	34	4,6% Б
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

95	1	3	6	8	12	НС	30	НС
96	1	5	6	8	12	НС	32	1,5% / Б
97	1	7	8	10	12	С	38	С
98	1	3	6	7	12	НС	29	НС
99	1	6	7	8	12	С	34	С
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
158	1	4	5	9	12	НС	31	4,6% / Б
159	1	4	5	8	12	НС	30	НС
160	1	6	8	10	12	С	37	С
161	1	6	8	10	12	С	37	С
162	1	5	6	7	12	НС	31	4,6% / Б
163	1	9	10	11	12	С	43	С
164	1	7	8	9	12	С	37	С
165	1	7	8	9	12	С	37	С
166	1	7	8	9	12	С	37	С
167	1	8	9	11	12	С	41	С
168	1	8	9	10	12	С	40	С
169	1	5	6	8	12	НС	32	1,5% / Б
170	1	6	7	10	12	С	36	С
171	1	7	8	9	12	С	37	С
172	1	7	8	9	12	С	37	С

Таким чином, співвідношення випробуваних учнів, несхильних і схильних до ризику становить таку пропорцію:

$$\begin{aligned} НСР \Leftrightarrow СР \Leftrightarrow 32 : 140 \Leftrightarrow 18,6\% \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow 81,4\% \Leftrightarrow 1 : 4,375 \approx 2 : 9 \end{aligned} \quad (3.43)$$

де НСР, СР – позначка відповідно несхильності та схильності до ризику.

Таким чином, з аналізу отриманих результатів (індивідуальних ОФК, – ІОФК), поданих у таблиці 3.1, впливає, що абсолютну більшість випробуваних (81,4 %) становлять учні, які схильні до ризику, тобто з вираженою мотивацією на досягнення успіху через демонстрацію навчальної активності (прагнення отримати додаткове питання з передбачуваними шансами правильної / неправильної відповіді). На рисунку 3.13 подані узагальнені, тобто групові ОФК (ГОФК), які дають наочне уявлення про особливості ставлення випробуваних учнів до корисності оцінок 12-бальної шкали. Потрібно також вказати, що всі випробувані учні мають нелінійну ОФК.

Детально оцінюючи результати досліджень, подані у таблиці 3.1, необхідно вказати на недоліки застосування загальноприйнятих виразів 3.41 і 3.42 для встановлення НР, а отже, і ОНД, що характеризує навчальну активність учнів:

1) ще раз зауважимо, що очікуваний виграш лотереї на рисунку 3.12 (а), який дорівнює величині $\bar{n} = 6,5$ балів і береться за основу для встановлення НР,

не відноситься до спектру оцінок 12-бальної шкали, тому не використовувався в навчальному процесі і, як наслідок, саме тому не був виявлений жодний учень, байдужий до ризику;

2) оцінки 12-бальної шкали зорієнтовані на порівняльні якісні (рангові), а не кількісні оцінки РНД;

3) висновок щодо виду ОНД робиться, спираючись лише на одну характерну точку – ДЕЛ з корисністю 0,5 і не оцінює інтегративно ставлення до ризику на всьому континуумі 12-бальної шкали, де можливо будуть виявлені ділянки, на яких демонструються доміанти, відмінні від узагальненого висновку.

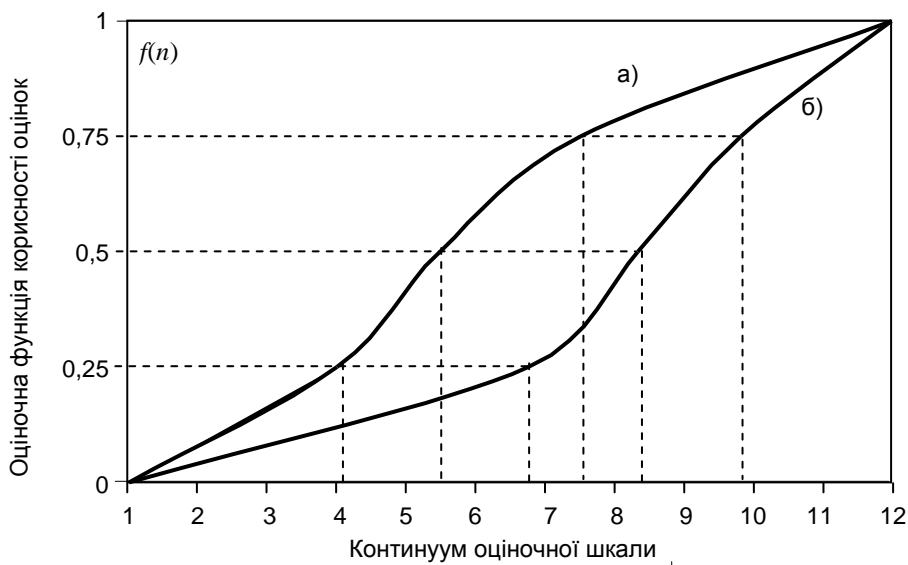


Рис. 3.13. Узагальнені емпіричні оціночні функції корисності оцінок 12-бальної шкали, побудовані для закритих задач прийняття рішень:
а) основна навчальна доміанта – несхильність до ризику;
б) основна навчальна доміанта – схильність до ризику

Вкажемо, що відповідні рекомендації щодо аналізу ОФК на окремих ділянках досліджуваного континууму будь-якого показника, подані в праці [132; 179], недостатньо конкретні, тому викликають труднощі під час застосування.

Таким чином, актуальною науковою та практичною задачею варто вважати вдосконалення технології аналізу ОФК континууму 12-бальної шкали і визначення ОНД учнів з урахуванням особливостей їх ставлення до успішності навчання на окремих ділянках шкали.

3.2.2. Розроблення нових методів встановлення основної навчальної домінанти

3.2.2.1. Метод проєкцій

Отже, для розроблення нового, більш ефективного стосовно відомого, методу встановлення ОНД, звернемося до гіпотетичного рисунку 3.14, який у загальному вигляді ілюструє можливі результати випробувань учнів, не прив'язуючись до конкретної шкали оцінювання РНД / РАО. З нього можна побачити, як лінія $A-E$ чітко відповідає і зовнішньо, і з урахуванням класичних виразів 3.41 і 3.42 чіткому висновку щодо демонстрації віртуальним випробуванням учнем U_1 байдужості до ризику.

Водночас, якщо звернутися до багатогранника $ABCDE$, який побудовано на цьому ж рисунку 3.14 за гіпотетичним застосуванням методу встановлення ОНД, ілюстрованого рисунку 3.12, вже другого віртуального учня U_2 , то, спираючись на ті ж вирази 3.41 і 3.42 знову дійдемо висновку, що демонстрована ОНД – це байдужість до ризику. Хоча нескладно уявити, що за умов апроксимації отримуємо криву ОФК, яка буде вище за лінію AE , що буде свідчити про несхильність до ризику.

Наведений вище висновок повторюється, якщо розглянути на тому ж рисунку 3.14 вже багатогранник $AFCGE$, який побудовано за відповідями третього віртуального учня U_3 . Адже дійсно, з одного боку, відповідно до тих самих виразів 3.41 і 3.42 – нібито варто констатувати демонстрацію тієї самої ОНД байдужості до ризику. Однак, якщо здійснити апроксимацію, то отримуємо криву ОФК, яка буде розташована нижче за пряму AE і висновок буде про схильність учня U_3 до ризику.

Наведені міркування є справедливими за умов використання будь-якої шкали оцінювання РНД / РАО розмірністю n .

Отже, з урахуванням досвіду досліджень [347] для досягнення поставленої мети розглянемо характерні точки ОФК учня, байдужого до ризику (рис. 3.14, лінія AE):

$$\begin{aligned} f_{\text{байд.}} n = n_{\min} &= 0, & f_{\text{байд.}} n = 0,25 \cdot n_{\max} &= 0,25, \\ f_{\text{байд.}} n = 0,5 \cdot n_{\max} &= 0,5; \\ f_{\text{байд.}} n = 0,75 \cdot n_{\max} &= 0,75; & f_{\text{байд.}} n = n_{\max} &= 1. \end{aligned} \quad (3.44)$$

Далі нескладно знайти суму проєкцій характерних точок ОФК учня, байдужого до ризику:

$$\begin{aligned} Pr_{\Sigma}^{\text{байд.}} &= n_{\min} + 0,5[n_{\min} + 0,5 n_{\min} + n_{\max}] + \\ &+ 0,5 n_{\min} + n_{\max} + 0,5[0,5 n_{\min} + n_{\max} + n_{\max}] + \\ &+ n_{\max} = n_{\min} + 0,5n_{\min} + 0,25n_{\min} + 0,25n_{\max} + \\ &+ 0,5n_{\max} + n_{\max} = 2,5n_{\min} + 1,5n_{\max}. \end{aligned}$$

Таким чином, отримуємо такий остаточний вид показника суми проєкцій ОФК учня, байдужого до ризику на континуум шкали оцінювання РНД / РАО:

$$Pr_{\Sigma}^{байд.} = 2,5n_{min} + 1,5n_{max} \quad (3.45)$$

Таким чином, саме показник виразу 3.45, що характеризує байдужість до ризику, приймаємо як базовий для встановлення ОНД.

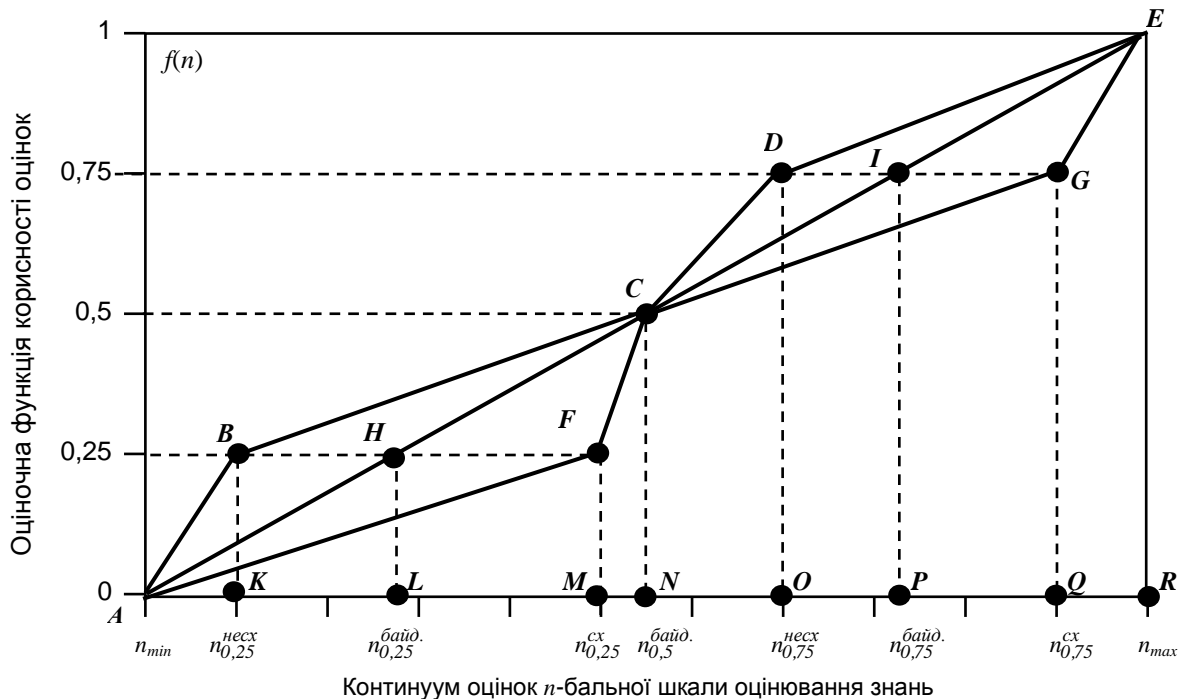


Рис. 3.14. Гіпотетичний приклад загального тяжіння основної навчальної домінанти:

а) до несхильності до ризику; б) до схильності до ризику

Отже, якщо сума проєкцій характерних точок емпіричної ОФК буде дорівнювати $Pr_{\Sigma}^{байд.}$, то будемо вважати, що випробуваний демонструє байдужість до ризику.

З урахуванням «тяжіння» результатів опитування на певних ділянках шкали оцінювання РНД до певної ОНД, а також можливості апроксимації експериментальних даних будемо вважати, що якщо сума проєкцій характерних точок емпіричних ОФК буде більше за $Pr_{\Sigma}^{байд.}$, то наслідком цього буде демонстрація випробуваним схильності до ризику.

Натомість, якщо сума проєкцій емпіричних характерних точок ОФК, що будується, буде меншою за показник $Pr_{\Sigma}^{байд.}$, то йдеться про несхильність учня до ризику.

Наведене дає змогу перетворити формулу НР (вираз 3.41):

$$\pi^* = Pr_{\Sigma}^{\text{байд.}} - Pr_{\Sigma}^{\text{emp.}} = \begin{cases} > 0 - \text{несхильність} \\ & \text{до ризику} \\ < 0 - \text{схильність до ризику} \\ = 0 - \text{байдужість} \\ & \text{до ризику} \end{cases} \quad (3.46)$$

Розглянемо ситуацію, коли для оцінювання РНД / РАО застосовується шкала парної розмірності (12- чи 10-бальна стенив тощо), медіана якої є оцінкою з дробом, яку не віднесено до спектру оцінок відповідної шкали.

З іншого боку, нехай спостерігається ситуація, коли різниця між показником $Pr_{\Sigma}^{\text{байд.}}$ і отриманим емпіричним значенням суми проєкцій $Pr_{\Sigma}^{\text{emp.}}$ зникаюче мала:

$$Pr_{\Sigma}^{\text{байд.}} - Pr_{\Sigma}^{\text{emp.}} \Rightarrow 0.$$

За таких умов доцільно ввести до виразу 3.46 додатковий імператив-критерій

$$\pi_{\text{байд.}}^* = \frac{|Pr_{\Sigma}^{\text{байд.}} - Pr_{\Sigma}^{\text{emp.}}|}{Pr_{\Sigma}^{\text{байд.}}} \cdot 100\% \leq 5\%, \quad (3.47)$$

який з урахуванням можливої погрішності апроксимації та ставлення випробуваного до результатів навчання на різних ділянках застосовуваної шкали оцінювання РНД дає змогу виявляти осіб, насправді байдужих до ризику.

3.2.2.2. Інтегральний метод

Переваги запропонованого нового «методу проєкцій» встановлення ОНД в порівнянні з загальноприйнятим, що спирається на вирази 3.41 і 3.42, очевидна – відповідний висновок встановлюваної ОНД робиться з урахуванням усіх характерних точок ОФК. Виходячи з досвіду досліджень [347], розглянемо ще один новий метод встановлення ОНД, – інтегральний.

Для розроблення зазначеного методу в загальному вигляді знову звернемося до рисунку 3.14 і знову за базову основу міркувань і обґрунтування нового методу знову беремо ОНД «байдужість до ризику».

Позначивши мінімальну оцінку шкали, що застосовується для встановлення РНД / РАО, через n_{\min} , а максимальну – через n_{\max} , знайдемо площу прямокутного трикутника AER , якій можна поставити у відповідність демонстрації байдужості до ризику. Отже, враховуючи, що площа прямокутного трикутника становить половину від добутку катетів, маємо:

$$S_{\Delta ARE} = \frac{1}{2} \cdot n_{\max} \cdot f \cdot n_{\max} \cdot \quad (3.48)$$

Оскільки ОФК змінюється в межах $f_n = 0,1$, то за умов, що $n = n_{max}$, а отже, $f_{n=n_{max}} = f_{max}$, $n_{max} = 1$, вираз 3.48 спрощується так:

$$S_{\Delta ARE} = \frac{l}{2} \cdot n_{max} \cdot \quad (3.49)$$

Таким чином, якщо площа будь-якого багатокутника, побудованого за аналогією поданих на рисунку 3.14 шестикутників $ABCDER$, $AFCGER$ або будь-якого іншого за схожим зовнішнім виглядом буде дорівнювати показнику (вираз 3.49), то можна вважати, що випробуваний учень продемонстрував ОНД «байдужість до ризику». Причому цього цілісного висновку доходять з урахуванням ставлення випробуваного до результатів навчання на всіх досліджуваних ділянках шкали, що застосовується для оцінювання РНД / РАО.

Водночас з рисунку 3.14 зрозуміло, що площа шестикутника $ABCDER$ рисунку 3.14 є явно більшою за показник виразу 3.49:

$$S_{\Delta ARE} - S_{ABCDER} < 0. \quad (3.50)$$

Ідеться про інтегративно (з урахуванням особливостей усіх емпірично виявлених характерних точок) встановлену у випробуваного ОНД «несхильність до ризику». Причому йдеться про ставлення учня до результатів навчання на всіх ділянках застосовуваної шкали оцінювання знань розмірністю n .

З того ж рисунку 3.14 бачимо, що площа шестикутника $AFCGER$ є явно меншою за встановлений критерій-показник (вираз 3.49)

$$S_{\Delta ARE} - S_{FCGER} > 0, \quad (3.51)$$

що є підставою для висновку про інтегративно (з урахуванням особливостей усіх емпірично виявлених характерних точок) встановлену у випробуваного ОНД «схильність до ризику». Причому знову ж ідеться про ставлення учня до результатів навчання на всіх ділянках застосовуваної шкали оцінювання РНД / РАО розмірністю n .

Знайдемо площу шестикутника $ABCDER$. Як бачимо з рисунку 3.14, шукана площа складається з площі прямокутного трикутника ΔABK і площі трьох прямокутних трапецій: $KBCN$, $NCDO$ та $ODER$. З урахуванням, що площа прямокутної трапеції дорівнює добутку половині суми її основ і висоти, а також,

по-перше, що величина цих основ дорівнює відповідним значенням ОФК f_n ,

по-друге, висота трапеції дорівнює інтервалам між значеннями ДЕЛ з відповідною корисністю, які показані на континуумі шкали, що також відображено на рисунку 3.14,

отримуємо таке значення шуканої площі шестикутника $ABCDER$:

$$\begin{aligned}
 S_{ABCDER} &= S_{\Delta ABK} + S_{KBCN} + S_{NCDO} + ODER = \\
 &= \frac{1}{2} \cdot AK \cdot BK + \frac{1}{2} BK + CN \cdot KN + \\
 &+ \frac{1}{2} \cdot CN + DO \cdot NO + \frac{1}{2} \cdot DO + ER \cdot OR = \\
 &= \frac{1}{2} \cdot n_{0,25}^{несх.} - n_{min} \cdot f \cdot n_{0,25}^{несх.} + \\
 &+ \left[f \cdot n_{0,25}^{несх.} + f \cdot n_{0,5}^{несх.} \right] \cdot n_{0,5}^{несх.} - n_{0,25}^{несх.} + \\
 &+ \left[f \cdot n_{0,5}^{несх.} + f \cdot n_{0,75}^{несх.} \right] \cdot \left(n_{0,75}^{несх.} - n_{0,5}^{несх.} \right) + \\
 &+ \left[f \cdot \left(n_{0,75}^{несх.} + n_{max} \right) + f \cdot n_{max} \right] \cdot \left(n_{max} - n_{0,75}^{несх.} \right) \\
 &= \frac{1}{8} \cdot n_{max} - \left[n_{min} + 2 \cdot \left(n_{0,25}^{несх.} + n_{0,5}^{несх.} + n_{0,75}^{несх.} \right) \right]
 \end{aligned}$$

У остаточному варіанті будемо мати такий вираз для встановлення площі шестикутника $ABCDER$, який еквівалентно вказує на несхильність віртуального учня до ризику:

$$S_{ABCDER} = \frac{1}{8} 7n_{max} - \left[n_{min} + 2 \cdot n_{0,25}^{несх.} + n_{0,5}^{несх.} + n_{0,75}^{несх.} \right] \quad (3.52)$$

Зрозуміло, що площа шестикутника $ABCDER$ є більшою за площу прямокутного трикутника ΔARE , що дійсно інтегративно (оскільки враховуються показники усіх характерних точок шуканої ОФК) свідчить про демонстровану несхильність до ризику. Тоді вираз 3.49 перетвориться на такий:

$$\begin{aligned}
 \Delta S_{несх.} &= S_{\Delta ARE} - S_{ABCDER} = \\
 &= \frac{1}{2} n_{max} - \frac{1}{8} 7n_{max} - \left[n_{min} + 2 \cdot n_{0,25}^{несх.} + n_{0,5}^{несх.} + n_{0,75}^{несх.} \right] = \\
 &= \frac{1}{8} \left[n_{min} + 2 \cdot n_{0,25}^{несх.} + n_{0,5}^{несх.} + n_{0,75}^{несх.} - 3n_{max} \right] < 0.
 \end{aligned}$$

Остаточний вид отриманого виразу буде такий:

$$\Delta S_{несх.} = \frac{1}{8} \left[n_{min} + 2 \cdot n_{0,25}^{несх.} + n_{0,5}^{несх.} + n_{0,75}^{несх.} - 3n_{max} \right] < 0, \quad (3.53)$$

який й є остаточним критерієм інтегративного визначення НР і встановлення ОНД «несхильність до ризику».

Знайдемо за аналогією площу шестикутника $AFCGER$, яка утворюється з площі прямокутного трикутника ΔAMF і трьох прямокутних трапецій $FMNC$, $CNQG$ та $GQRE$:

$$\begin{aligned}
S_{AFCGER} &= S_{\Delta AMF} + S_{FMNC} + S_{CNQG} + S_{GQRE} = \\
&= \frac{1}{2} \cdot AM \cdot FM + \frac{1}{2} \cdot FM \cdot CN \cdot MN + \\
&+ \frac{1}{2} \cdot CN \cdot GQ \cdot NQ + \frac{1}{2} \cdot GQ \cdot ER \cdot QR = \\
&= \frac{1}{2} \cdot f \cdot n_{0,25}^{cx.} \cdot n_{0,25}^{cx.} - n_{min} + \\
&+ \left[f \cdot n_{0,25}^{cx.} + f \cdot n_{0,5}^{cx.} \right] \cdot n_{0,5}^{cx.} - n_{0,25}^{cx.} + \\
&+ \left[f \cdot n_{0,5}^{cx.} + f \cdot n_{0,75}^{cx.} \right] \cdot n_{0,75}^{cx.} - n_{0,5}^{cx.} + \\
&\left[f \cdot \left(n_{0,75}^{cx.} \right) + f \cdot \left(n_{max} \right) \right] \cdot \left(n_{max} - n_{0,75}^{cx.} \right) \\
&= \frac{1}{8} \left\{ n_{max} - \left[n_{min} + 2 \cdot \left(n_{0,25}^{cx.} + n_{0,5}^{cx.} + n_{0,75}^{cx.} \right) \right] \right\}
\end{aligned}$$

У остаточному варіанті будемо мати такий вираз для встановлення площі шестикутника $AFCGER$, який еквівалентно вказує, що результати опитування учня вказують на схильність до ризику:

$$S_{AFCGER} = \frac{1}{8} 7n_{max} - \left[n_{min} + 2 \cdot n_{0,25}^{cx.} + n_{0,5}^{cx.} + n_{0,75}^{cx.} \right] \quad (3.54)$$

Зрозуміло, що площа шестикутника $AFCGER$ є меншою за площу прямокутного трикутника ΔARE , що дійсно свідчить про демонстровану схильність до ризику. Тоді вираз 3.51 перетвориться на такий:

$$\begin{aligned}
\Delta S_{cx.} &= S_{\Delta ARE} - S_{AFCGER} = \\
&= \frac{1}{2} n_{max} - \frac{1}{8} 7n_{max} - \left[n_{min} + 2 \cdot n_{0,25}^{cx.} + n_{0,5}^{cx.} + n_{0,75}^{cx.} \right] = \\
&= \frac{1}{8} \left[n_{min} + 2 \cdot n_{0,25}^{cx.} + n_{0,5}^{cx.} + n_{0,75}^{cx.} - 3n_{max} \right]
\end{aligned}$$

Остаточний вигляд отриманого виразу буде таким:

$$\Delta S_{cx.} = \frac{1}{8} \left[n_{min} + 2 \cdot n_{0,25}^{cx.} + n_{0,5}^{cx.} + n_{0,75}^{cx.} - 3n_{max} \right] > 0. \quad (3.55)$$

Порівнюючи вирази 3.52 і 3.54, а також 3.53 і 3.55, можна дійти висновку, щодо можливості застосування такого остаточного критерію застосування інтегрального методу встановлення ОНД:

$$\begin{aligned}
\pi^* &= \frac{1}{8} \left[n_{min} + 2 \cdot n_{0,25}^{cx.} + n_{0,5}^{cx.} + n_{0,75}^{cx.} - 3n_{max} \right] = \\
&= \begin{cases} > 0 \text{ схильність до ризику} \\ < 0 \text{ несхильність до ризику} \\ = 0 \text{ байдужість до ризику} \end{cases} \quad (3.56)
\end{aligned}$$

Ще раз звернемося до ситуації, коли для оцінювання РНД / РАО застосовується шкала парної розмірності (12- чи 10-бальна стенив тощо), медіана якої є оцінкою з дробом, що містить спектр оцінок відповідної шкали.

З іншого боку, нехай спостерігається ситуація, коли різниця між показником $s^{байд.}$ і отриманим емпіричним значенням інтегративного показника $s^{emp.}$ зникаюче мала:

$$s^{байд.} - s^{emp.} \Rightarrow 0$$

За таких умов доцільно ввести додатковий до виразу 3.56 імператив-критерій

$$\pi_{байд.}^* = \frac{|s^{байд.} - s^{emp.}|}{s^{байд.}} \cdot 100\% \leq 5\%, \quad (3.57)$$

який з урахуванням можливої погрішності апроксимації та ставлення випробуваного до результатів навчання на різних ділянках застосовуваної шкали оцінювання РНД все ж дає змогу виявляти осіб, насправді байдужих до ризику.

Таким чином, варто вважати вирішеною задачу розроблення інтегрального методу встановлення ОНД. Причому вкажемо на його переваги перед методом проєкцій, оскільки в ньому використовуються два показники характерних точок ОФК, що виявляються в процесі випробувань учнів: і проєкції цих, і відповідні їм значення ОФК.

3.2.2.3. Ефективність пропонованих нових методів встановлення основної навчальної домінанти

Відповідно до отриманих виразів 3.46 і 3.47 було повторно проаналізовано результати експерименту з виявлення ОНД учнів (графи 7, 8 табл. 3.1). Встановлено, що запропонований нами більш детальний аналіз емпіричних ОФК за допомогою методу проєкцій призвів до отримання такого уточненого співвідношення учнів, несхильних, байдужих і схильних до ризику:

$$\begin{aligned} НСР : БР : СР &\Leftrightarrow 15 : 27 : 130 \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow 8,7\% : 15,7\% : 75,6\% \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow 1 : 1,8 : 8,7 \approx 2 : 4 : 17. \end{aligned} \quad (3.58)$$

Як бачимо з виразу 3.58 та даних у таблиці 3.1, стосовно початкового співвідношення випробуваних учнів з різною ОНД (вираз 3.43) перерозподіл

відбувся так: 53,1 % учнів, несхильних до ризику, і усього 7,1 % учнів, схильних до ризику, були переведені до категорії байдужих до ризику. Що свідчить про стійкість ОНД «схильність до ризику», тобто стійкість мотивації на досягнення успіху у навчанні. Згідно з уточненою статистикою встановлених ОНД, варто зазначити, що на кожних 2 учнів, несхильних до ризику, мотивованих на запобігання невдач, є приблизно 4 байдужих і 17 схильних до ризику, добре мотивованих на досягнення успіху.

Зауважимо, що зі встановлених ДЕЛ більш інформативним є той з них, що має корисність 0,75, тобто $n_{0,75}$ [121; 127].

Рисунок 3.15 ілюструє уточнені узагальнені ОФК учнів з різною навчальною домінантою.

З науково обґрунтованого перерозподілу співвідношення учнів з різною навчальною домінантою (вираз 3.58) випливає, що ефективність встановлення ОНД встановлює величину 15,7 %.

Ми вважаємо наведений показник саме підвищенням ефективності (точності, надійності) встановлення ОНД, оскільки при їх встановленні було враховано не одну, як це «традиційно» прийнято, а всі характерні точки ОФК, тобто всі три ДЕЛ з корисністю $n_{0,25}$; $n_{0,5}$; $n_{0,75}$.

Також необхідно вказати, що застосування більш інформативного інтегрального методу встановлення ОНД підтвердило всі результати, які отримані за допомогою методу проєкцій. Однак, щоб довести їх абсолютну адекватність потрібно провести додаткові дослідження на більш представницькій вибірці випробуваних учнів.

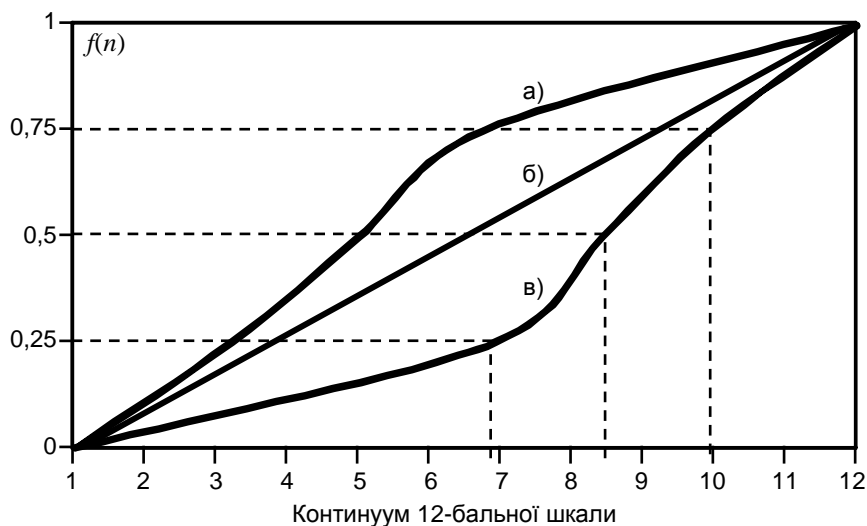


Рис. 3.15. Уточнені узагальнені емпіричні оціночні функції корисності оцінок 12-бальної шкали, побудовані для закритих задач прийняття рішень:

- а) основна навчальна домінанта – несхильність до ризику;
- б) основна навчальна домінанта – схильність до ризику;
- в) основна навчальна домінанта – байдужість до ризику.

Отже, можна дійти узагальненого висновку щодо дійсної розробки нових ефективних методів встановлення ОНД. Причому зауважимо, що вводячи інші критерії апроксимації характерних точок ОФК (наприклад, вирази 3.47 і 3.57) можна встановити тенденції прояву ОНД, які визначаються як [132]: спадаюча / зростаюча, постійна, пропорційна схильність / несхильність до ризику.

3.2.2.4. Визначення міри і тенденцій прояву основної початкової домінанти на континуумі оціночної шкали

Вводячи поняття «несхильності / схильності до стохастичного ризику», звернемо увагу на необхідність (як було зазначено в попередньому підпункті) до виміру (оцінки) ступеня цієї властивості. Причому важливо, щоб така міра, окрім іншого, вказувала, що саме відображає ОФК, – несхильність, або, навпаки, – схильність до ризику, і була однаковою для стратегічно еквівалентних ОФК.

За визначенням, дві функції корисності $f_1 n$ і $f_2 n$ вважаються стратегічно еквівалентними, тобто $f_1 n \approx f_2 n$ тоді й тільки тоді, коли вони впорядковують по перевагах дві будь-які лотереї. Причому вказані функції одержуються одна з одної позитивними лінійними перетвореннями, і вони приводять до однієї і тієї ж функції несхильності до ризику [132].

Введемо поняття локальної несхильності до ризику в точці n за допомогою функції несхильності:

$$r = r_n = - \frac{[f_n]''}{[f_n]'}. \quad (3.59)$$

З точки зору обчислювальних процедур привернемо увагу на те, що

$$r_n = \frac{d}{dn} \log [f_n]'. \quad (3.60)$$

Якщо показник r локальної несхильності в точці позитивний для всіх n , то функція корисності f_n угнута; за таких умов ЛПР є несхильною до ризику.

Якщо показник r локальної несхильності в точці негативний для всіх вимірів РНД / РАО n , то f_n опукла; за таких умов ЛПР є схильною до ризику.

На сьогодні загальною визнаною мірою несхильності (схильності) до ризику є: *спадна, постійна, зростаюча та пропорційна*.

Вважається, що ЛПР має *спадну несхильність до ризику*, якщо:

а) вона не схильна до ризику;

б) надбавка за ризик $\pi_{n,\bar{n}}$ в будь-якій лотереї для неї зменшується при зростанні опорної величини n .

Водночас вважається, що ЛПР властива *зростаюча несхильність до ризику*, якщо:

а) вона не схильна до ризику;

б) надбавка за ризик $\pi_{n,\bar{n}}$ для неї зростає з ростом n для будь-якої окремої лотереї \bar{n} . У цьому випадку функція r є такою, що зростає тоді і лише тоді, коли $\pi_{n,\bar{n}}$ зростає для будь-якої лотереї \bar{n} .

Для ЛПР притаманна *пропорційна несхильність до ризику* в точці n , що визначає певний РНД, якщо:

$$nr_y \equiv -n \frac{f''}{[f^{\theta_c}]'} \quad (3.61)$$

Вважається, що у ЛПР *постійна несхильність до ризику* r тоді і лише тоді, коли $\pi_{n,\bar{n}}$ – функція, що не залежить від y для всіх \bar{n} . Для неї r – позитивна константа.

По виду ОФК f_n можна також виділити *спадаючу, постійну та зростаючу схильність до ризику*.

Відповідно до ОФК f_n можна також виявити *убиваючу, постійну та зростаючу схильність до ризику*.

ЛПР має *спадаючу схильність до ризику*, якщо:

а) вона схильна до ризику;

б) надбавка за ризик $\pi_{n,\bar{n}}$ до будь-якої лотереї \bar{n} для нього зростає при зростанні опорної величини n . Причому $\pi_{n,\bar{n}}$ завжди негативна.

Функція корисності f_n відповідає спадаючій схильності до ризику тоді і лише тоді, коли функція несхильності до ризику r , що їй відповідає, – негативна і зростаюча.

Відмітимо також, що якщо ЛПР байдужа до ризику, то $r=0$.

Функція r для функції f_n є такою, що спадає тоді і лише тоді, коли $\pi_{n,\bar{n}}$ – убиваюча функція від n для всіх \bar{n} .

Оскільки функції корисності, що відображають спадаючу несхильність до ризику, відіграють особливу роль, то деякі найбільш розповсюджені з них подані в таблиці 3.2 [132].

Таблиця 3.2

Функції корисності, які відображають неохильність до ризику, що спадає

f	Обмеження	r	Спадаюча неохильність до ризику
1	2	3	4
$\log n+b$	—	$\frac{1}{\log n+b}$	$n \geq b$
$n+b^{-c}$	$0 < c < 1$	$\frac{c-1}{n+b}$	$n \geq -b$
$n+b^{-c}$	$c > 0$	$\frac{c+1}{n+b}$	$n \geq -b$
$n+\log n+b$	$c > 0$	$\frac{c}{n+b \cdot n+c+d}$	$n > -b$
$-e^{-an} - be^{-cn}$	$a, b, c > 0$	$\frac{a^2 e^{-ay} + bce^{-cy}}{ae^{-ay} + bce^{-cy}}$	$\forall n$
$-e^{-ay} + by$	$a, b > 0$	$\frac{a^2 e^{-ay}}{ae^{-ay} + b}$	$\forall n$

3.3. Розроблення методології встановлення рівнів адекватності самооцінки учнів

У підрозділі 1.3 було обґрунтовано діалектичні основи виникнення синергетичного ефекту в процесах розвитку АО тих, хто навчається. Одним з індикаторів настання цього ефекту визначена динаміка зросту абсолютної величини РД учнів. Встановлення зазначеного РД варто проводити в зрозумілих і вимірюваних показниках і характеристиках НВП, чому має сприяти застосування добре апробованого *методу Реві-Камишина*, докладно описаного в працях [121; 122; 127; 257 та ін.].

РД є складовою формули Джеймса (вираз 1.47), яка визначає адекватність СО тих, хто навчається. З аналізу наукових джерел випливає, що застосування підходу Джеймса переважно декларується, що можна пояснити певними вадами застосовуваного кваліметричного апарату. Усуненню цього недоліку присвячений цей підрозділ.

3.3.1. Аналіз загальних підходів до застосування формули Джеймса для встановлення адекватності самооцінки

Зазначимо, що застосування формули 1.47 у вигляді її авторського подання Джеймсом можливо лише за умов, що йдеться про застосування кількісної шкали вимірювання РНД (РАО) учнів, якою, безумовно, є унікальна за своїми кваліметричними характеристиками абсолютна 100-бальна шкала.

Нехай у 100-бальній шкалі встановлено, що РД віртуального учня *A* дорівнює величині $n_{RD}^A = n_A^* = 90$ балів (рис. 3.16). Припустимо, що під час ОТК знань було встановлено, що РНД цього учня є незвичайно високим і дорівнює величині $n_{РНД}^A = 95$ балів. Отже, реальний РНД перевищує заздалегідь (проактивно) продемонстрований учнем *A* РД. Тоді реалізація формули СО Джеймса (вираз 1.47) буде мати для учня *A* такий вигляд:

$$CO_A = \frac{Успіх_A \cdot РНД / PAO}{RD_A} = \frac{95 \text{ балів}}{90 \text{ балів}} = 1,06 > 1.$$

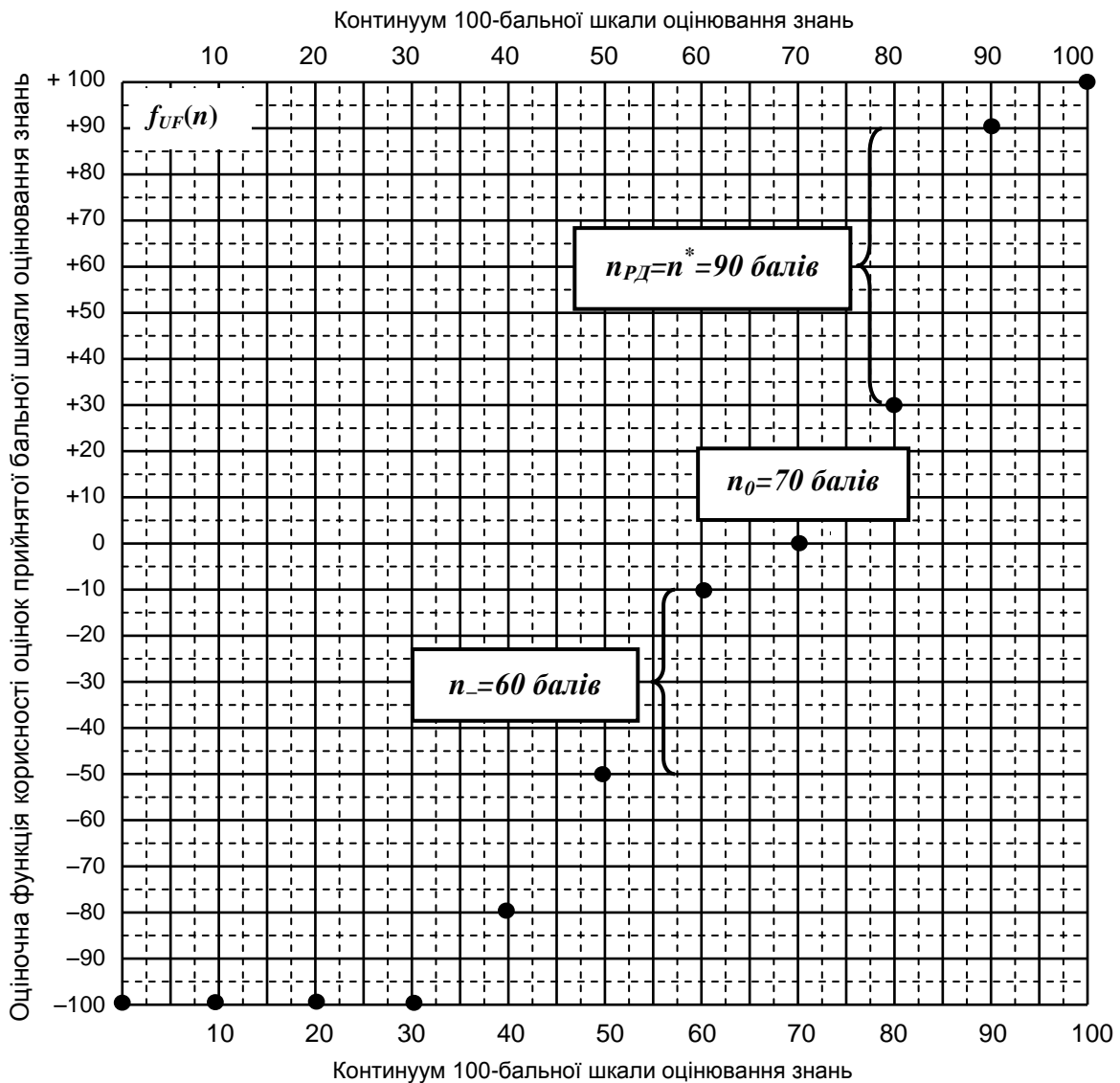


Рис. 3.16. Парадигма встановлення рівня домагань віртуального учня на континуумі абсолютної 100-бальної шкали

Таким чином, реальний успіх навчання віртуального випробуваного учня *A* вище за проактивно встановлений РД, тому можна дійти висновку, що його СО є дещо заниженою.

Нехай інший віртуальний *учень* *B*, застосовуючи ту саму методику, ілюстровану на рисунку 3.16, проактивно продемонстрував на континуумі кількісної 100-бальної шкали РД, адекватний за величиною РД *учня* *A*: $n_{РД}^B = n_{РД}^A = 90$ балів. Однак під час випробувань, що проводилися за допомогою того самого надійного та валідного ОТК, вдалося встановити, що реальний успіх *учня* *B* менше за виявлений в нього РД, і дорівнює, скажімо $n_{РНД}^B = 80$ балів. Тоді, користуючись формулою 1.47 і зробивши нескладні обчислення, можна дійти висновку, що рівень СО *учня* *B* дещо занижений, оскільки:

$$CO_B = \frac{Успіх_B \text{ РНД} / \text{РАО}}{РД_B} = \frac{80 \text{ балів}}{90 \text{ балів}} = 0,89 < 1.$$

Якщо, наприклад, вже у третього віртуального випробуваного *учня* *B* буде встановлений той самий РД, що й у двох попередніх випадках ($n_{РД}^B = n_{РД}^B = n_{РД}^A = 90$ балів), а РНД, виявлений за результатами застосування ОТК, буде чітко дорівнювати цьому проактивно встановленому РД, тобто $n_{РНД}^B = 90$ балів, то йдеться про адекватність СО *учнем* *B* своїх академічних успіхів (РАО) і навчальних здібностей:

$$CO_B = \frac{Успіх_B \text{ РНД} / \text{РАО}}{РД_B} = \frac{90 \text{ балів}}{90 \text{ балів}} = 1.$$

Таким чином, за умов застосування кількісної 100-бальної шкали як для проактивного встановлення РД, так і для встановлення реально набутого РНД, наведене можна формально подати таким чином, перетворивши формулу 1.47 Джеймса:

$$CO = \frac{Успіх \text{ РНД} / \text{РАО}}{РД} = \begin{cases} > 1 & \text{— самооцінка є заниженою} \\ < 1 & \text{— самооцінка є завищеною} \\ = 1 & \text{— самооцінка є адекватною} \end{cases} \quad (3.62)$$

Разом із тим, як сама загальна формула СО Джеймса (вираз 1.47), так і її реалізація за допомогою виразу 3.62, не дають відповідь на питання щодо ступеня адекватності СО *учня* його реальній АО. Нехай за тою самою методологією встановлено, що РД вже четвертого віртуального *учня* *Г* є такий самий, як і у трьох попередніх *учнів* *A*, *B*, *B*: $n_{РД}^Г = n_{РД}^B = n_{РД}^B = n_{РД}^A = 90$ балів. Однак при проведенні ОТК він успішно розв'язав усі тестові завдання, і продемонстрував незвичайно високий набутий РАО, що призвело до

отримання абсолютно позитивного результату: $n_{РНД}^Г = 100$ балів. Тоді відповідно до формули 3.62 будемо мати таке значення показника адекватності його СО:

$$CO_{Г} = \frac{Успіх_{Г} \text{ РНД} / PAO}{РД_{Г}} = \frac{100 \text{ балів}}{90 \text{ балів}} = 1,11 > 1.$$

Таким чином, обидва випробувані (віртуальні учні А і Г) демонструють занижену СО. Однак не уявляється можливим дійти якісного висновку щодо ступеня її заниженості. Як бачимо, ситуація, аналогічна розглянутій, виникає за умов, якщо два випробувані мають однаковий РД, однак різні показники заниженої СО.

Розвиваючи наведене, розглянемо ситуацію, коли різниця між досягнутим РНД і прогнозним (проактивно виявленим) РД зникає мала.

Нехай віртуальний учень Д проактивно виявив незвичайно високий РД: $n_{РД}^Д = 98$ балів, а його виявлений за допомогою ОТК реальний РНД навіть більше: $n_{РНД}^Д = 99$ балів.

Якщо знову застосувати формулу 3.62, то йдеться про дещо занижену СО цього учня Д:

$$CO_{Д} = \frac{Успіх_{Д} \text{ РНД} / PAO}{РД_{Д}} = \frac{99 \text{ балів}}{98 \text{ балів}} = 1,01 > 1,$$

хоча різниця зникає мала і становить лише 1,02%. Таким чином, порушується питання: як саме має відрізнитися реально досягнутий успіх у навчанні від проактивного (прогнозного) значення РД, щоб виявленою різницею можна було б знехтувати і вважати, що йдеться все ж про адекватність СО. Розглянемо ситуацію з застосуванням для встановлення СО якісних рангових шкал оцінювання РНД. Йдеться про широкий спектр таких шкал, зокрема вітчизняну 4-бальну шкалу, європейську «полегшену» шкалу ECTS, 9-бальну шкалу стенонів, 10-бальну шкалу стенов, 12-бальну шкалу тощо. Одразу варто зауважити, що з їх оцінками неможливо робити математичні перетворення, як це відбувається з показниками РНД і РД, встановлених у кількісних шкалах. Тому, вирішуючи питання щодо адекватності СО, варто орієнтуватися на просте порівняння РНД і РД:

$$n_{РНД} \begin{cases} > \\ < \\ = \end{cases} n_{РД} ? \quad (3.63)$$

Орієнтуючись на результати такого порівняння, визначеного виразом 3.63, нескладно перетворити вираз 3.62:

$$CO = \begin{cases} n_{PHD} > n_{PD} > 1 & - \text{самооцінка є заниженою} \\ n_{PHD} < n_{PD} < 1 & - \text{самооцінка є завищеною} \\ n_{PHD} = n_{PD} = 1 & - \text{самооцінка є адекватною} \end{cases} \quad (3.64)$$

Усі якісні шкали, які застосовуються для встановлення РНД / РАО є ранговими, що передбачає таке упорядкування їх оцінок:

– 4-бальна вітчизняна шкала:

$$\tilde{R}_5 > \tilde{R}_4 > \tilde{R}_3 > \tilde{R}_2; \quad (3.65)$$

– європейська «полегшена» ECTS:

$$\tilde{R}_A > \tilde{R}_B > \tilde{R}_C > \tilde{R}_D > \tilde{R}_E > \tilde{R}_F > \tilde{R}_{FX} > \tilde{R}_X; \quad (3.66)$$

– 9-бальна шкала стенайнів:

$$\tilde{R}_9 > \tilde{R}_8 > \tilde{R}_7 > \tilde{R}_6 > \tilde{R}_5 > \tilde{R}_4 > \tilde{R}_3 > \tilde{R}_2 > \tilde{R}_1; \quad (3.67)$$

– 10-бальна шкала стенив:

$$\tilde{R}_{10} > \tilde{R}_9 > \tilde{R}_8 > \tilde{R}_7 > \tilde{R}_6 > \tilde{R}_5 > \tilde{R}_4 > \tilde{R}_3 > \tilde{R}_2 > \tilde{R}_1; \quad (3.68)$$

– 12-бальна вітчизняна шкала:

$$\begin{aligned} \tilde{R}_{12} > \tilde{R}_{11} > \tilde{R}_{10} > \tilde{R}_9 > \tilde{R}_8 > \tilde{R}_7 > \tilde{R}_6 > \\ > \tilde{R}_5 > \tilde{R}_4 > \tilde{R}_3 > \tilde{R}_2 > \tilde{R}_1 \end{aligned} \quad (3.69)$$

де \tilde{R}_i – умовна позначка i -ї оцінки шкали.

Таким чином, застосування виразу 3.64 для встановлення адекватності СО тих, хто навчається, не має викликати труднощів.

3.3.2. Розроблення методології визначення ступеня адекватної, завищеної / заниженої самооцінки

Однак, користуючись виразом 3.64, можна однозначно визначитися щодо адекватності СО учнями, студентами свої РНД лише за умов, якщо встановлений проактивно РД і виявлений РНД дійсно співпадають.

Якщо такого співпадання не виявлено, то можна лише констатувати, на скільки балів ці досліджувані показники відрізняються один від одного, вказуючи на відповідну завищену / занижену СО. Наведене суттєво обмежує можливість детального аналізу процесу розвитку АО в тих, хто навчається. Таким чином, як і у випадку застосування кількісних шкал не уявляється можливим дійти висновку щодо ступеня завищеної / заниженої / адекватної СО.

Сформульовані недоліки можна усунути за таких умов.

1. Ввівши, спираючись на методологію нечіткої математики [119; 121 127; 179; 205 та ін.], терм-множини (множини термінів) лінгвістичної змінної (ЛЗ) «рівень адекватності самооцінки (РАСО)»:

$$\begin{aligned}
 T^M \text{ РАСО} = & \text{дуже високий } \tilde{R}_{ДВЗВ} \text{ завищення СО+} \\
 & + \text{високий } \tilde{R}_{ВЗВ} \text{ завищення СО+} \\
 & + \text{середній } \tilde{R}_{СЗВ} \text{ завищення СО+} \\
 & + \text{високий } \tilde{R}_{ВРА} \text{ РАСО+} + \text{дуже високий } \tilde{R}_{ДВРА} \text{ РАСО+} + \text{високий } \tilde{R}_{ВРА} \text{ РАСО+}, \\
 & + \text{середній } \tilde{R}_{СЗН} \text{ заниження СО+} \\
 & + \text{високий } \tilde{R}_{ВЗН} \text{ заниження СО+} \\
 & + \text{дуже високий } \tilde{R}_{ДВЗН} \text{ заниження СО,}
 \end{aligned} \tag{3.70}$$

де «+» – позначка логічного об'єднання термів у якісну лінгвістичну шкалу «РАСО».

Шкала є симетричною, що значно полегшує сприйняття визначених РАСО. Причому вкажемо, що застосування модифікатора «дуже» дає змогу легко поєднувати певні терми (лінгвістичні назви) сформованої нами шкали РАСО, користуючись нечіткими операціями [121 127; 179; 205 та ін.]:

– концентрації:

$$\tilde{R}_{ДВЗН} = \tilde{R}_{ВЗН}^2 ; \tag{3.71}$$

– розтягання:

$$\tilde{R}_{ДВЗВ} = \tilde{R}_{ВЗВ}^{0,5} . \tag{3.72}$$

2. Для кількісних абсолютних шкал (наприклад, 100-бальної) варто побудувати розподіл показників відмінності показника СО виду (вирази 1.47 і 3.62) і на аргументі відповідного графіка, гіпотетичний приклад якого поданий на рисунку 13, знайти шукані якісні показники РАСО, що визначаються лінгвістичною шкалою (вираз 3.70).

Зауважимо, що для зручності аналізу вказані відмінності встановлюються, відповідно до такого виразу:

$$\Delta_{СО} = \frac{Усних \text{ РНД} / \text{РАО}}{\text{РД}} - 1. \tag{3.73}$$

Ще раз нагадаємо, що наші міркування є справедливими за умов застосування кількісних абсолютних шкал кваліметрії РНД / РАО.

Для здійснення детального аналізу показників ΔCO здійснюється їх попередня математична обробка, а саме обчислюються [68; 121; 158; 179 та ін.]:

– середнє значення:

$$\overline{\Delta CO} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \Delta CO_j; \quad (3.74)$$

– дисперсія:

$$D = \frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m \Delta CO_j - \overline{\Delta CO}^2; \quad (3.75)$$

– середньоквадратичне відхилення:

$$\sigma = \sqrt{D}; \quad (3.76)$$

– асиметрія:

$$As = \frac{1}{m \cdot \sigma^3} \sum_{j=1}^m \Delta CO_j - \overline{\Delta CO}^3; \quad (3.77)$$

– ексцес:

$$Ex = \frac{1}{m \cdot \sigma^4} \sum_{j=1}^m \Delta CO_j - \overline{\Delta CO}^4; \quad (3.78)$$

– коефіцієнт варіації:

$$v = \frac{\sigma}{\overline{\Delta CO}} 100\%, \quad (3.79)$$

де m – кількість випробуваних учнів, $m = \overline{j = 1, m}$.

Якщо обчислене емпіричне значення коефіцієнта варіації буде задовольняти умову:

$$v \leq 33\%, \quad (3.80)$$

то можна буде вважати, що розподіл відповідних показників підкоряється нормальному закону без застосування більш складних і трудомістких статистичних критеріїв перевірки гіпотез (λ – критерію Колмогорова–Смірнова чи критерію χ^2 Пірсона) [[68; 121; 158; 179 та ін.].

Далі здійснюється перевірка статистичних гіпотез, які пов'язані з

виявленню закону їх розподілу. Вкажемо, що гіпотетичний рисунок 3.17 будувався, виходячи з припущення що цей розподіл підкоряється нормальному закону, добре відомого та часто застосовуваного в практиці психолого-педагогічних досліджень.

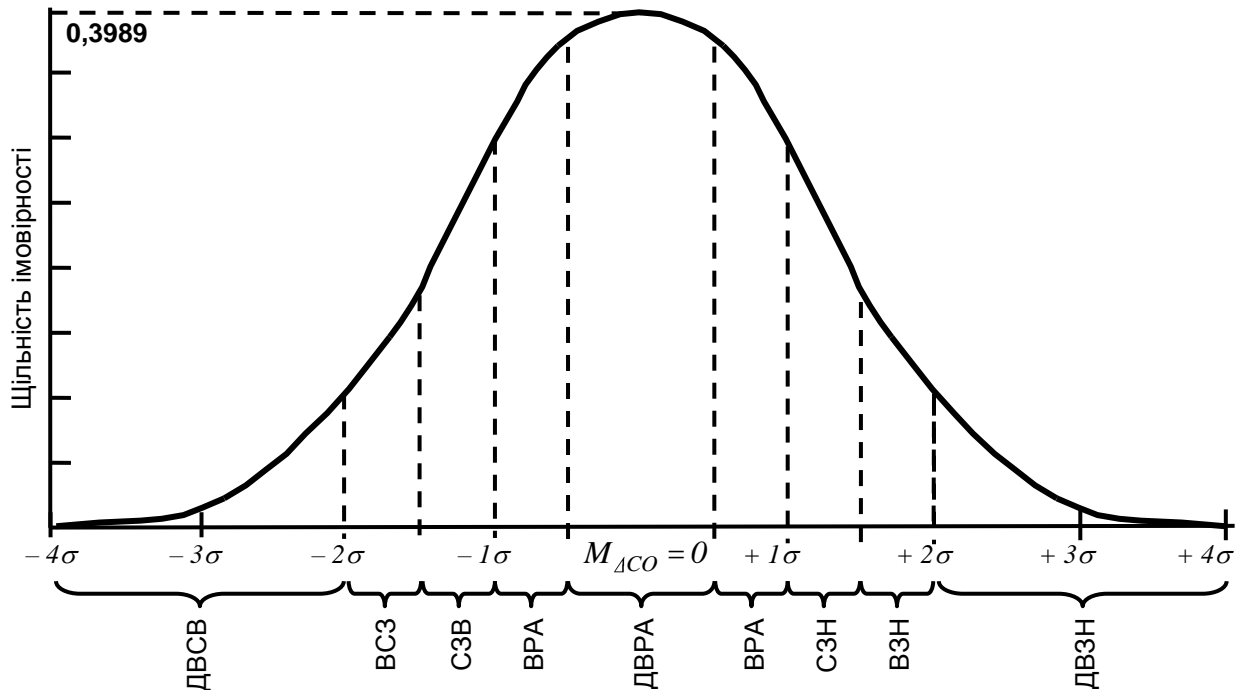


Рис. 3.17. Гіпотетичний приклад розподілу відмінностей самооцінки учнями рівнів домагань від виявлених рівнів навчальних досягнень

Вкажемо на аналітичні процедури застосування нормального закону розподілу показників ΔCO :

– щільність імовірності (диференціальна функція) визначається:

$$f_{\Delta CO} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{\Delta CO - \overline{\Delta CO}}{2\sigma^2}}; \quad (3.81)$$

– інтегральна функція визначається:

$$\Phi^*_{\Delta CO} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_{\Delta CO_{min}}^{\Delta CO_{max}} e^{-\frac{\Delta CO - \overline{\Delta CO}}{2\sigma^2}}. \quad (3.82)$$

Вирази 3.81 і 3.82 потрібні для знаходження імовірності попадання випадкової величини ΔCO на відрізок $[\Delta CO_{\alpha}, \Delta CO_{\beta}]$:

$$P_{\Delta CO_{\alpha} < \Delta CO < \Delta CO_{\beta}} =$$

$$\Phi^* \left(\frac{\Delta CO_\beta - \overline{\Delta CO}}{\sigma} \right) - \Phi^* \left(\frac{\Delta CO_\alpha - \overline{\Delta CO}}{\sigma} \right). \quad (3.83)$$

Відповідно до прийнятого нормального закону розподілу кількісних показників відмінностей ΔCO , встановлених за допомогою формули 3.73, для надання їм адекватної якісної (лінгвістичної) характеристики відповідно до запропонованої шкали (вираз 3.70) було обґрунтовано відповідні статистичні критерії, що подані нижче:

$$\tilde{R}_{ДВЗВ} < M_{\Delta CO} - 2 \cdot \sigma; \quad (3.84)$$

$$M_{\Delta CO} - 2 \cdot \sigma \leq \tilde{R}_{ВЗВ} < M_{\Delta CO} - 1,5 \cdot \sigma; \quad (3.85)$$

$$M_{\Delta CO} - 1,5 \cdot \sigma \leq \tilde{R}_{СЗВ} < M_{\Delta CO} - 1 \cdot \sigma; \quad (3.86)$$

$$M_{\Delta CO} - 1 \cdot \sigma \leq \tilde{R}_{ВРА} < M_{\Delta CO} - 0,5 \cdot \sigma; \quad (3.87)$$

$$\tilde{R}_{ДВРА} = M_{\Delta CO} \pm 0,5 \cdot \sigma; \quad (3.88)$$

$$M_{\Delta CO} + 0,5 \cdot \sigma < \tilde{R}_{ВРА} \leq M_{\Delta CO} + 1 \cdot \sigma; \quad (3.89)$$

$$M_{\Delta CO} + 1 \cdot \sigma < \tilde{R}_{СЗН} \leq M_{\Delta CO} + 1,5 \cdot \sigma; \quad (3.90)$$

$$M_{\Delta CO} + 1,5 \cdot \sigma < \tilde{R}_{ВЗН} \leq M_{\Delta CO} + 2 \cdot \sigma; \quad (3.91)$$

$$\tilde{R}_{ДВЗН} > M_{\Delta CO} + 2 \cdot \sigma. \quad (3.92)$$

Таким чином, наведена методологія дає змогу не лише практично реалізувати формулу Джеймса, визначаючи її адекватність СО, її завищення чи зниження, а також здійснювати і більш детальний аналіз, встановлюючи ступінь цієї адекватності, завищення чи зниження за допомогою спеціальної шкали – терм-множини ЛЗ «РАСО». Що є важливим кроком уперед щодо об'єктивізації процесів управління НВП за ЛЧ.

На завершення цього пункту вкажемо, що може виникнути реальна ситуація, коли у вибірці учнів, залучених до випробувань, в силу різноманітних обставин об'єктивного і суб'єктивного характеру буде превалювати, наприклад, занижена СО (рис. 3.18). У такому випадку закон розподілу показників ΔCO буде логнормальним, для якого формула щільності імовірності буде мати такий вигляд:

$$f_{\Delta CO} = \frac{1}{\Delta CO \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln \Delta CO - \overline{\Delta CO}}{\sigma} \right)^2}. \quad (3.93)$$

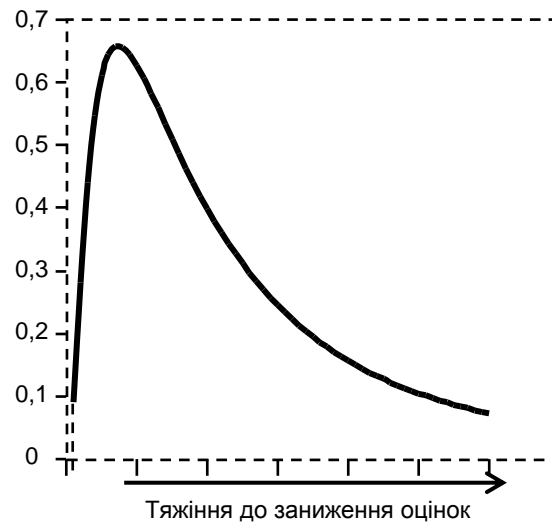


Рис. 3.18. Логнормальний закон розподілу як ілюстрація превалювання занижених самооцінок академічної обдарованості учнів

3.3.3. Дефазифікація балів якісних шкал для оцінювання адекватності самооцінки

Розглянута методологія встановлення РАСО стосується випадків застосування кількісних шкал оцінювання РНД / РАО тих, хто навчається, (зокрема 100-бальної) і не може бути застосованою для випадків оцінювання РНД за допомогою якісних шкал, оцінки яких мають яскраво виражений якісний лінгвістичний характер і над якими, виходячи з їх кваліметричних особливостей неможливо робити математичні перетворення за допомогою вищенаведених формул 3.73–3.93. Однак, уявляється можливим усунення цього недоліку шляхом дефазифікації оцінок якісних шкал шляхом надання їм відповідних зважених коефіцієнтів важливості (значущості, прийнятності тощо) [119; 121; 239; 241 та ін.]. Схема такого роду дефазифікації як реалізація рисунку 1.17 для прикладу застосування 12-бальної шкали подана на рисунку 3.19, де \tilde{r}_i – це умовна позначка i -ї оцінки шкали.

Обґрунтуємо вибір методу та здійснимо дефазифікацію оцінок якісних бальних шкал, які застосовані для встановлення РНД / РАО.

Отже, для встановлення шуканих коефіцієнтів бажаності (корисності, привабливості, значущості) оцінок бальних шкал можна застосувати такі достатньо прості й оперативні методи [8; 65; 69; 142–163 та ін.]:

- 1) метод безпосередньої (прямої) кількісної оцінки – M_1 ;
- 2) метод бального оцінювання – M_2 ;
- 3) метод урахування відносної частоти рангів – M_3 ;

- 4) метод попарного порівняння з градаціями – M_4 ;
- 5) метод послідовних порівнянь (переваг) – M_5 ;
- 6) графоаналітичний метод – M_6 ;
- 7) метод згортки – M_7 ;
- 8) метод Терстоуна – M_8 ;
- 9) метод попарного порівняння – M_9 .

Вибір для потреб досліджень конкретного з перелічених вище методів має враховувати такі важливі чинники.

1. *Обмеження за припустимим часом спілкування з експертами*, яких залучають до випробувань, що призводить до такої ієрархії привабливості вище перелічених методів:

$$M_8 \approx M_3 \succ M_9 \succ M_2 \approx M_4 \succ M_1 \succ M_6 \succ M_5 \succ M_7. \quad (3.94)$$

2. *Потрібна надійність отримуваних оцінок*. З урахуванням цього чинника показник переваг розглядуваних методів встановлення коефіцієнтів важливості буде виглядати так:

$$M_7 \succ M_5 \succ M_6 \succ M_4 \succ M_9 \succ M_3 \succ M_2 \approx M_8 \succ M_1. \quad (3.95)$$

3. *Наявність персональної електронно-обчислювальної машини (ПЕОМ)*, відповідного програмного та математичного забезпечення для проведення належної обробки результатів експертного опитування (складність обробки). Наведений чинник призводить до такого упорядкування привабливості розглядуваних методів встановлення коефіцієнтів значущості для задач досліджень:

$$M_1 \approx M_2 \approx M_3 \approx M_4 \approx M_6 \approx M_8 \approx M_9 \succ M_5 \succ M_7. \quad (3.96)$$

Методи M_3 і M_8 застосовуються лише під час проведення групової експертизи, тоді як інші можна застосовувати й під час індивідуального експертного опитування. З урахуванням рекомендацій праць [63; 121; 179; 247 та ін.] вкажемо, що в досліджуваному переліку методів встановлення вагових коефіцієнтів недостатньо уваги приділено тим із них, що базуються на вже впорядкованих альтернативах (наприклад, упорядковані оцінки бальних шкал, визначених виразами 3.65–3.69). Зокрема, не розглядається метод розстановки пріоритетів (МРП), який є відомим також, як «задача про лідера». І оскільки для наших потреб важливі саме такі методи, то розглянемо їх порівняну ефективність.

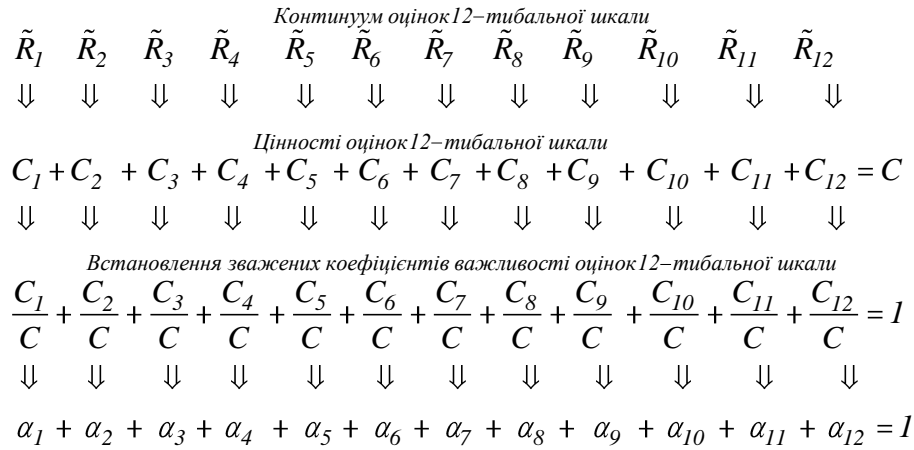


Рис. 3.19. Схема дефазифікації якісних оцінок 12-бальної шкали шляхом встановлення зважених коефіцієнтів їх важливості

1. Метод рангів. Якщо взяти за основу ранжування оцінок бальних шкал, формально описаних виразами 3.65–3.69, то «цінність» кожної оцінки нескладно встановити за допомогою такого виразу:

$$C_{\tilde{R}_i} = 1 - \frac{r_{\tilde{R}_i} - 1}{n}, \quad (3.97)$$

де $r_{\tilde{R}_i}$ – ранг i -ї оцінки досліджуваної шкали.

Таким чином, якщо йдеться про оцінки 12-бальної шкали, то матимемо:

$$C_{\tilde{R}_1} = 1 - \frac{\tilde{R}_1 - 1}{12} = 1 - \frac{12 - 1}{12} = 0,0833;$$

$$C_{\tilde{R}_2} = 1 - \frac{\tilde{R}_2 - 1}{12} = 1 - \frac{11 - 1}{12} = 0,1667;$$

$$C_{\tilde{R}_3} = 1 - \frac{\tilde{R}_3 - 1}{12} = 1 - \frac{10 - 1}{12} = 0,25;$$

$$C_{\tilde{R}_4} = 1 - \frac{\tilde{R}_4 - 1}{12} = 1 - \frac{9 - 1}{12} = 0,3333;$$

$$C_{\tilde{R}_5} = 1 - \frac{\tilde{R}_5 - 1}{12} = 1 - \frac{8 - 1}{12} = 0,4167;$$

$$C_{\tilde{R}_6} = 1 - \frac{\tilde{R}_6 - 1}{12} = 1 - \frac{7 - 1}{12} = 0,5;$$

$$C_{\tilde{R}_7} = 1 - \frac{\tilde{R}_7 - 1}{12} = 1 - \frac{6 - 1}{12} = 0,5833;$$

$$C_{\tilde{R}_8} = 1 - \frac{\tilde{R}_8 - 1}{12} = 1 - \frac{5 - 1}{12} = 0,6667;$$

$$C_{\tilde{R}_9} = 1 - \frac{\tilde{R}_9 - 1}{12} = 1 - \frac{4 - 1}{12} = 0,75;$$

$$C_{\tilde{R}_{10}} = 1 - \frac{\tilde{R}_{10} - 1}{12} = 1 - \frac{3 - 1}{12} = 0,8333;$$

$$C_{\tilde{R}_{11}} = 1 - \frac{\tilde{R}_{11} - 1}{12} = 1 - \frac{2 - 1}{12} = 0,9167;$$

$$C_{\tilde{R}_{12}} = 1 - \frac{\tilde{R}_{12} - 1}{12} = 1 - \frac{1 - 1}{12} = 1.$$

Далі тривіально знаходиться сумарне значення «цінностей» всіх оцінок шкали, що розглядається:

$$C_{\tilde{R}} = \sum_{i=1}^n C_{\tilde{R}_i} \quad (3.98)$$

і їх нормовані коефіцієнти

$$\alpha_{\tilde{R}_i} = \frac{C_{\tilde{R}_i}}{\sum_{i=1}^n C_{\tilde{R}_i}}, \quad (3.99)$$

де n – кількість оцінок (розмірність) шкали.

Продовжуючи розгляд 12-бальної шкали, знайдемо, відповідно до формули 3.98 сумарну «цінність» усіх її оцінок:

$$\begin{aligned} C_{\tilde{R}} &= \sum_{i=1}^{n=12} C_{\tilde{R}_i} = C_{\tilde{R}_1} + C_{\tilde{R}_2} + C_{\tilde{R}_3} + C_{\tilde{R}_4} + \\ &+ C_{\tilde{R}_5} + C_{\tilde{R}_6} + C_{\tilde{R}_7} + C_{\tilde{R}_8} + C_{\tilde{R}_9} + C_{\tilde{R}_{10}} + \\ &+ C_{\tilde{R}_{11}} + C_{\tilde{R}_{12}} = 0,0833 + 0,1667 + 0,25 + \\ &+ 0,3333 + 0,4167 + 0,5 + 0,5833 + 0,6667 + \\ &+ 0,75 + 0,8333 + 0,9167 + 1 = 6,5. \end{aligned}$$

Спираючись на обчислені значення $C_{\tilde{R}_i}$ і $C_{\tilde{R}}$, нескладно знайти шукані показники $\alpha_{\tilde{R}_i}$:

$$\alpha_{\tilde{R}_1} = \frac{C_{\tilde{R}_1}}{C_{\tilde{R}}} = \frac{0,0833}{6,5} = 0,0128;$$

$$\alpha_{\tilde{R}_2} = \frac{C_{\tilde{R}_2}}{C_{\tilde{R}}} = \frac{0,1667}{6,5} = 0,0256 ;$$

$$\alpha_{\tilde{R}_3} = \frac{C_{\tilde{R}_3}}{C_{\tilde{R}}} = \frac{0,25}{6,5} = 0,0385 ;$$

$$\alpha_{\tilde{R}_4} = \frac{C_{\tilde{R}_4}}{C_{\tilde{R}}} = \frac{0,3333}{6,5} = 0,0513 ;$$

$$\alpha_{\tilde{R}_5} = \frac{C_{\tilde{R}_5}}{C_{\tilde{R}}} = \frac{0,4167}{6,5} = 0,0641 ;$$

$$\alpha_{\tilde{R}_6} = \frac{C_{\tilde{R}_6}}{C_{\tilde{R}}} = \frac{0,5}{6,5} = 0,0769 ;$$

$$\alpha_{\tilde{R}_7} = \frac{C_{\tilde{R}_7}}{C_{\tilde{R}}} = \frac{0,5833}{6,5} = 0,0897 ;$$

$$\alpha_{\tilde{R}_8} = \frac{C_{\tilde{R}_8}}{C_{\tilde{R}}} = \frac{0,6667}{6,5} = 0,1026 ;$$

$$\alpha_{\tilde{R}_9} = \frac{C_{\tilde{R}_9}}{C_{\tilde{R}}} = \frac{0,75}{6,5} = 0,1154 ;$$

$$\alpha_{\tilde{R}_{10}} = \frac{C_{\tilde{R}_{10}}}{C_{\tilde{R}}} = \frac{0,8333}{6,5} = 0,1282 ;$$

$$\alpha_{\tilde{R}_{11}} = \frac{C_{\tilde{R}_{11}}}{C_{\tilde{R}}} = \frac{0,9167}{6,5} = 0,1410 ;$$

$$\alpha_{\tilde{R}_{12}} = \frac{C_{\tilde{R}_{12}}}{C_{\tilde{R}}} = \frac{1}{6,5} = 0,1538 .$$

Показники вагомості (значущості) оцінок і їх нормованих коефіцієнтів, які отримані за допомогою методу рангів, є достовірними в тому розумінні, що, оскільки всі оцінки відповідної бальної шкали є суворо впорядкованими, то більша за значущістю (привабливістю, вагомістю тощо) оцінка має більш високий ранг і, як наслідок, більшу «цінність» і більше значення відповідного їй нормованого коефіцієнта.

З іншого боку, отримані значення $C_{\tilde{R}_i}$ і $\alpha_{\tilde{R}_i}$ є «грубими», оскільки у формулу 3.97 і, як наслідок, у формулу 3.99 закладено лінійну залежність

«цінності» оцінки від її рангового місця у шкалі. Тому варто застосовувати методи більш тонкої оцінки $c_{\tilde{R}_i}$ і $\alpha_{\tilde{R}_i}$.

2. Метод прямої (безпосередньої) оцінки. В його основу покладена менш сувора гіпотеза щодо убиваючої, однак, не обов'язково лінійної залежності між рангом бальної оцінки та її реальним впливом на уявлення щодо розвинутого РАО. Застосовуючи цей метод, експерт евристичним шляхом [7] призначає кількісну оцінку значущості кожної оцінки шкали \tilde{R}_i , співвідносячи її з найкращою оцінкою шкали, вагомість якої приймається рівним 1. Таким чином, формується спадна послідовність цінностей оцінок \tilde{R}_i ($c_{\tilde{R}_i}$). Для їх обробки застосовують вирази 3.98 і 3.99, що сприяє знаходженню шуканих коефіцієнтів значущості оцінок бальної шкали.

У порівнянні з методом рангів застосування безпосереднього оцінювання «цінності» оцінок бальної шкали забезпечує більш диференційоване визначення $c_{\tilde{R}_i}$ і $\alpha_{\tilde{R}_i}$. Однак водночас спостерігається і максимальна суб'єктивність встановлення цих показників, оскільки людському мисленню притаманні порівняльні якісні, а не прямі кількісні оцінки досліджуваних об'єктів [121; 141 та ін.].

3. Метод послідовних переваг (порівнянь) Черчмена–Акофа. Відповідна процедура спрямована на підвищення достовірності експертної інформації, що отримується методами ранжування і безпосередніх оцінок, і дає змогу кожному експерту здійснювати самоконтроль суджень на основі зіставлення трьох підходів [85; 121; 205; 247; 316]:

1) ранжування досліджуваних об'єктів – у нашому випадку оцінки будь-якої шкали кваліметрії РНД – очевидне і не потребує спеціальних досліджень;

2) кількісного визначення значущості оцінок бальної шкали;

3) порівняння $n-2$ пар спеціально підібраних суб'єктивних об'єктів, що відображають сумарну значущість (вагомість) певної кількості оцінок бальної шкали.

Сутність цього методу проявляється в процедурі, що базується на такій гіпотезі. У процесі корекції величин «вагомості» якісних (лінгвістичних) оцінок бальної шкали, що визначаються методом безпосередньо (прямої) оцінки, експерт має дати відповідь на низку майже дихотомічних питань: для $i=1, 2, \dots, n-2$ випадків, що має більшу цінність (привабливість, прийнятність), i -та оцінка \tilde{R}_i або об'єкт, що об'єднує цінності інших упорядкованих ($i+1, i+2, \dots, n$) оцінок цієї ж бальної шкали? Залежно від відповіді на i -те питання утворюється одне з трьох відношень:

$$C_{ij} R \sum_{k=i+1}^n C_{kj}; \quad R = \left\{ \begin{array}{l} \gamma \\ \sim \\ \approx \end{array} \right\}. \quad (3.100)$$

У результаті будуть отримані такі $n-2$ умови:

$$C_{1j} R \sum_{k=2}^n C_{kj}; C_{2j} R \sum_{k=3}^n C_{kj}; \dots; \dots; C_{n-2j} R C_{n-1j} + C_{nj} \quad (3.101)$$

Далі послідовно перевіряється кожна з умов (вираз 3.101), починаючи з останньої, на відповідність раніше обраним кількісним показникам цінностей оцінок шкали $C_{\bar{R}_{ij}}$ та їх ранжуванню. За умов виявлення протиріч і i -й умові необхідно: або змінити відношення R (див. вираз 3.101), або провести корекцію значення величини $C_{\bar{R}_{ij}}$. В останньому випадку необхідно переконатися в тому, чи не порушується початкове ранжування оцінок бальної шкали. За наявності порушень варто здійснити корекцію значення $C_{\bar{R}_{ij}}$ так, щоб воно було більше суми цінностей усіх інших оцінок досліджуваної бальної шкали. Після корекції цінності останньої оцінки $C_{\bar{R}_{ij}}$ її значення може відрізнятись від 1.

Метод послідовних переваг дає змогу ще більше диференціювати кількісні показники «цінності» оцінок бальних шкал. Недоліки методу полягають у тому, що, якщо порівняння значущості оцінок, включаючи їх сумарну «цінність», експерт ще може якісно зіставити (виходячи, наприклад, з суттєвого особистого досвіду педагогічної праці), то призначення кількісних характеристик має яскраво виражений суб'єктивний характер.

4. Метод розстановки пріоритетів – «задача про лідера». У процесі застосування цього методу розглядається проблема визначення результатів деякого спортивного змагання. У цій задачі критикується наявний порядок виявлення переможця (лідера) змагань, який зводиться лише до простого підсумовування набраних балів без урахування сили супротивника. Водночас рішення «задачі про лідера» дає змогу врахувати цю силу і за підсумками змагань більш точно розподілити місця в турнірній таблиці [27; 178].

Метод розстановки пріоритетів є ефективним для рішення практичних задач, які в контексті вдосконалення процесів управління НВП формулюються так:

- 1) визначення найбільш вагомого об'єкта НВП з їх досліджуваної сукупності;
- 2) упорядкування досліджуваних об'єктів НВП;
- 3) визначення кількісного показника ступеня привабливості досліджуваного об'єкта НВП.

Стосовно інших методів встановлення вагових коефіцієнтів МРП, що розглядається, має такі суттєві переваги [28; 121; 178]:

- а) практична застосовність за наперед невідомої транзитивності думок експертів. Якщо йдеться про агрегацію індивідуальних систем переваг (СП)

учасників НВП на множині досліджуваних показників і характеристик цього процесу, тобто агрегацію індивідуальних ранжувань цих показників і характеристик, то це зовсім не передбачає однозначну транзитивність групової СП (ГСП). Це пояснюється парадоксом Кондорсе [121];

б) спрощення задачі визначення кількісного складу групи експертів, які залучаються до експлікації думок щодо характеристик і показників НВП;

с) можливість застосування декількох критеріїв визначення кількісних показників характеристик НВП;

д) комплексний критерій значущості показників і характеристик НВП розглядається як проста сума «зважених» частинних показників.

Розглянемо математичну постановку «задачі про лідера» в контексті встановлення «зважених» коефіцієнтів значущості оцінок якісних бальних шкал.

Отже, кожна оцінка $\tilde{R}_1, \tilde{R}_2, \dots, \tilde{R}_n$ уявляється вершиною графа (рис. 3.20), що ілюструє їх порівняльну значущість (вагомність).

Якщо оцінка \tilde{R}_i більш значуща за оцінку \tilde{R}_j ($\tilde{R}_i > \tilde{R}_j$), то на графі існує дуга $i \rightarrow j$. Якщо навпаки, $\tilde{R}_i < \tilde{R}_j$, то на графі існує дуга $j \rightarrow i$.

Отже, маючи впорядковані якісні оцінки бальних шкал, ілюстровані виразами 3.65–3.69, сумарну «цінність» будь-яких двох оцінок будь-якої бальної шкали приймаємо рівною 2.

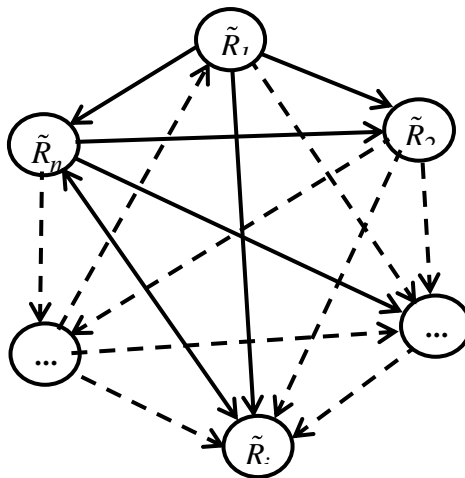


Рис. 3.20. Гіпотетичний граф розстановки пріоритетів на множині показників і характеристик оцінок якісних бальних шкал

Спираючись на такий популярний у практиці психолого-педагогічних досліджень метод виявлення переваг, як частина сумарної «цінності (інтенсивності, бажаності тощо)» зазначену цінність варто розділити між двома порівнюваними оцінками і таким способом:

$$C_{ij} = \begin{cases} 2 & \text{— якщо оцінка } \tilde{R}_i \text{ має перевагу} \\ & \text{перед оцінкою } \tilde{R}_j : \tilde{R}_i \succ \tilde{R}_j \\ 0 & \text{— навпаки, } \tilde{R}_i \prec \tilde{R}_j \end{cases} \quad (3.102)$$

Для того щоб практично застосувати вираз (3.55), необхідно від початкового ранжування якісних оцінок бальної шкали, наприклад 12-бальної, перейти до парного їх розбиття:

$$\begin{aligned} \tilde{R}_{12} \succ \tilde{R}_{11} \quad \tilde{R}_{12} \succ \tilde{R}_{10} \quad \tilde{R}_{12} \succ \tilde{R}_9 \quad \tilde{R}_{12} \succ \tilde{R}_8 \\ \tilde{R}_{12} \succ \tilde{R}_7 \quad \tilde{R}_{12} \succ \tilde{R}_6 \quad \tilde{R}_{12} \succ \tilde{R}_5 \quad \tilde{R}_{12} \succ \tilde{R}_4 ; \end{aligned} \quad (3.103)$$

$$\begin{aligned} \tilde{R}_{11} \succ \tilde{R}_{10} \quad \tilde{R}_{11} \succ \tilde{R}_9 \quad \tilde{R}_{11} \succ \tilde{R}_8 \quad \tilde{R}_{11} \succ \tilde{R}_7 \\ \tilde{R}_{11} \succ \tilde{R}_6 \quad \tilde{R}_{11} \succ \tilde{R}_5 \quad \tilde{R}_{11} \succ \tilde{R}_4 \quad \tilde{R}_{11} \succ \tilde{R}_3 ; \end{aligned} \quad (3.104)$$

$$\begin{aligned} \tilde{R}_{10} \succ \tilde{R}_9 \quad \tilde{R}_{10} \succ \tilde{R}_8 \quad \tilde{R}_{10} \succ \tilde{R}_7 \quad \tilde{R}_{10} \succ \tilde{R}_6 \\ \tilde{R}_{10} \succ \tilde{R}_5 \quad \tilde{R}_{10} \succ \tilde{R}_4 \quad \tilde{R}_{10} \succ \tilde{R}_3 \quad \tilde{R}_{10} \succ \tilde{R}_2 \\ \tilde{R}_{10} \succ \tilde{R}_1 ; \end{aligned} \quad (3.105)$$

$$\begin{aligned} \tilde{R}_9 \succ \tilde{R}_8 \quad \tilde{R}_9 \succ \tilde{R}_7 \quad \tilde{R}_9 \succ \tilde{R}_6 \quad \tilde{R}_9 \succ \tilde{R}_5 , \\ \tilde{R}_9 \succ \tilde{R}_4 \quad \tilde{R}_9 \succ \tilde{R}_3 \quad \tilde{R}_9 \succ \tilde{R}_2 \quad \tilde{R}_9 \succ \tilde{R}_1 ; \end{aligned} \quad (3.106)$$

$$\begin{aligned} \tilde{R}_8 \succ \tilde{R}_7 \quad \tilde{R}_8 \succ \tilde{R}_6 \quad \tilde{R}_8 \succ \tilde{R}_5 \quad \tilde{R}_8 \succ \tilde{R}_4 , \\ \tilde{R}_8 \succ \tilde{R}_3 \quad \tilde{R}_8 \succ \tilde{R}_2 \quad \tilde{R}_8 \succ \tilde{R}_1 ; \end{aligned} \quad (3.107)$$

$$\begin{aligned} \tilde{R}_7 \succ \tilde{R}_6 \quad \tilde{R}_7 \succ \tilde{R}_5 \quad \tilde{R}_7 \succ \tilde{R}_4 \quad \tilde{R}_7 \succ \tilde{R}_3 , \\ \tilde{R}_7 \succ \tilde{R}_2 \quad \tilde{R}_7 \succ \tilde{R}_1 ; \end{aligned} \quad (3.108)$$

$$\begin{aligned} \tilde{R}_6 \succ \tilde{R}_5 \quad \tilde{R}_6 \succ \tilde{R}_4 \quad \tilde{R}_6 \succ \tilde{R}_3 \quad \tilde{R}_6 \succ \tilde{R}_2 , \\ \tilde{R}_6 \succ \tilde{R}_1 ; \end{aligned} \quad (3.109)$$

$$\tilde{R}_5 \succ \tilde{R}_4 \quad \tilde{R}_5 \succ \tilde{R}_3 \quad \tilde{R}_5 \succ \tilde{R}_2 \quad \tilde{R}_5 \succ \tilde{R}_1 ; \quad (3.110)$$

$$\tilde{R}_4 \succ \tilde{R}_3 \quad \tilde{R}_4 \succ \tilde{R}_2 \quad \tilde{R}_4 \succ \tilde{R}_1 ; \quad (3.111)$$

$$\tilde{R}_3 \succ \tilde{R}_2 \quad \tilde{R}_3 \succ \tilde{R}_1 ; \quad (3.112)$$

$$\tilde{R}_2 \succ \tilde{R}_1 . \quad (3.113)$$

Далі будується квадратна матриця суміжності розмірністю $n \times n$ такого вигляду:

$$C = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1i} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2i} & \dots & c_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ c_{i1} & c_{i2} & \dots & c_{ii} & \dots & c_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{ni} & \dots & c_{nn} \end{pmatrix}. \quad (3.114)$$

і вводиться поняття ітерованої цінності порядку k бальної оцінки \tilde{R}_i . Ітерована цінність цієї оцінки 1-го порядку позначається як C_i^1 і дорівнює сумі балів, набраною нею в порівнянні з іншими оцінками. Причому «вага» («цінність») інших оцінок не враховується:

$$C_i^1 = \sum_{j=1}^n c_{ij}. \quad (3.115)$$

Розподіл балів серед всього спектру n оцінок досліджуваної шкали задається таким вектором:

$$C^1 = [C_1^1, C_2^1, \dots, C_i^1, \dots, C_n^1]. \quad (3.116)$$

На другій ітерації за «цінність» оцінки \tilde{R}_i приймається її ітерована «вага» першого порядку. Ітерована «вага (цінність)» оцінки \tilde{R}_i другого порядку обчислюється вже з урахуванням «цінностей» інших оцінок досліджуваної шкали:

$$C_i^2 = \sum_{j=1}^n c_{ij} C_j^1. \quad (3.117)$$

Отже, ітерована «вага» значущості бальної оцінки другого порядку уявляється таким вектором:

$$C^2 = [C_1^2, C_2^2, \dots, C_i^2, \dots, C_n^2]. \quad (3.118)$$

Подальші ітерації «цінностей (ваги)» оцінок \tilde{R}_i здійснюється за аналогією:

$$C^k = C \cdot C^{k-1}. \quad (3.119)$$

Причому:

$$P^0 = [1, 1, \dots, 1]. \quad (3.120)$$

Таким чином, відповідно до МРП процес обчислень кількісних показників («ваги / цінності») оцінок будь-якої досліджуваної якісної бальної шкали кваліметрії РНД полягає в послідовному застосуванні перетворення, що задається матрицею C , до початкового вектора P^0 .

Позначимо через $P_i^{eiodn. k}$ нормовану ітеровану «вагу» k -го порядку i -ї оцінки шкали (\tilde{R}_i):

$$\begin{cases} \alpha_i^{eiodn. k} = \frac{C_i^k}{\sum_{i=1}^n C_i^k} \\ \sum_{i=1}^n \alpha_i^{eiodn. k} = 1 \end{cases} \quad (3.121)$$

Загалом процес обчислення нормованої ітерованої «ваги» оцінок бальної шкали можна подати у вигляді такої формули:

$$\alpha_i^{eiodn. k} = \frac{1}{\lambda^k} C \cdot \alpha_i^{eiodn. k-1}, \quad (3.122)$$

де $\lambda^k = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n c_{ij} \alpha_i^{omn. k-1}$ —

сума компонент вектора $C \cdot P^{k-1}$;

$$k = 1, 2, \dots$$

На кожній наступній ітерації значення показника α_i^k уточнюються.

Якщо матриця C нерозкладна, то розглянута процедура у згідно з теоремою Перрона–Фробеніуса (Oskar Perron & Georg Frobenius) призводить в граничному значенні до максимального особистого числа $\lambda = \lim_{k \rightarrow \infty} \lambda^k$ матриці C з відповідним особистим вектором [128; 147; 172]:

$$\alpha = \lim_{k \rightarrow \infty} \alpha^k. \quad (3.123)$$

Таким чином, процес обчислення нормованої ітерованої «ваги» оцінок досліджуваних якісних бальних шкал є таким, що сходиться.

Проведення обчислень за формулою 3.121 відрізняється від простого підсумовування балів тим, що дає змогу врахувати побічні (непрямі) переваги значущості оцінок досліджуваної шкали.

Спираючись на результати досліджень [121], розглянемо практичне застосування МРП для встановлення «зважених» (нормованих) коефіцієнтів важливості (значущості, корисності, бажаності тощо) якісних рангових оцінок 12-бальної шкали кваліметрії РНД / РАО тих, хто навчається. Для цього, використовуючи вирази 3.102–3.113 побудуємо квадратну матрицю

суміжності оцінок цієї шкали на кшталт матриці, яка подана у виразі 3.114. Ця матриця проілюстрована графами 1–13 у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

**Результати застосування методу розстановки пріоритетів
для встановлення «зважених» коефіцієнтів бажаності якісних оцінок
12-бальної шкали**

\tilde{R}_i	\tilde{R}_{12}	\tilde{R}_{11}	\tilde{R}_{10}	\tilde{R}_9	\tilde{R}_8	\tilde{R}_7	\tilde{R}_6	\tilde{R}_5	\tilde{R}_4	\tilde{R}_3	\tilde{R}_2	\tilde{R}_1	I ітерація	
													Σ_i	α_i
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
\tilde{R}_{12}	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	23	0,1598
\tilde{R}_{11}	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	21	0,1458
\tilde{R}_{10}	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	19	0,1319
\tilde{R}_9	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	17	0,1181
\tilde{R}_8	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	15	0,1042
\tilde{R}_7	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	13	0,0903
\tilde{R}_6	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	11	0,0764
\tilde{R}_5	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	9	0,0625
\tilde{R}_4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	7	0,0486
\tilde{R}_3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	5	0,0347
\tilde{R}_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	0,0208
\tilde{R}_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0,0069
Σ													144	1
\tilde{R}_i	II ітерація		III ітерація		IV ітерація									
	Σ_i	α_i	Σ_i	α_i	Σ_i	α_i								
1	16	17	18	19	20	21								
\tilde{R}_{12}	265	0,2293	2047	0,2921	11967	0,3368								
\tilde{R}_{11}	221	0,1912	1561	0,2228	9559	0,2691								
\tilde{R}_{10}	181	0,1566	1158	0,1653	5640	0,1588								
\tilde{R}_9	145	0,1254	833	0,1189	3649	0,1027								
\tilde{R}_8	113	0,0978	575	0,0821	2241	0,0631								
\tilde{R}_7	85	0,0735	377	0,0538	1289	0,0363								
\tilde{R}_6	61	0,0528	231	0,033	681	0,0192								
\tilde{R}_5	41	0,0355	129	0,0184	321	0,009								
\tilde{R}_4	25	0,0216	63	0,009	129	0,0036								
\tilde{R}_3	13	0,0112	25	0,0035	41	0,0011								
\tilde{R}_2	5	0,0043	7	0,001	9	0,0003								
\tilde{R}_1	1	0,0008	1	0,0001	1	0,0000								
Σ	1156	1	7007	1	35527	1								

Обчислення за першою ітерацією застосування МРП є тривіальним і подано у графах 14, 15 таблиці 3.3. З отриманих результатів бачимо, що і «цінності» якісних оцінок досліджуваної 12-бальної шкали (графа 14 табл. 3.3) і відповідні їм зважені коефіцієнти значущості цих оцінок (графа 15 табл.

3.3) змінюються лінійно, що загалом не відповідає здоровому глузду і не є прийнятним.

Обчислення за другою ітерацією застосування МРП – таке:

$$C_{\tilde{R}_{12}}^2 = 1 \cdot 23 + 2 \cdot 21 + 19 + 17 + 15 + 13 + 11 + 9 + 7 + 5 + 3 + 1 = 265;$$

$$C_{\tilde{R}_{11}}^2 = 1 \cdot 21 + 2 \cdot 19 + 17 + 15 + 13 + 11 + 9 + 7 + 5 + 3 + 1 = 221;$$

$$C_{\tilde{R}_{10}}^2 = 1 \cdot 19 + 2 \cdot 17 + 15 + 13 + 11 + 9 + 7 + 5 + 3 + 1 = 181;$$

$$C_{\tilde{R}_9}^2 = 1 \cdot 17 + 2 \cdot 15 + 13 + 11 + 9 + 7 + 5 + 3 + 1 = 145;$$

$$C_{\tilde{R}_8}^2 = 1 \cdot 15 + 2 \cdot 13 + 11 + 9 + 7 + 5 + 3 + 1 = 113;$$

$$C_{\tilde{R}_7}^2 = 1 \cdot 13 + 2 \cdot 11 + 9 + 7 + 5 + 3 + 1 = 85;$$

$$C_{\tilde{R}_6}^2 = 1 \cdot 11 + 2 \cdot 9 + 7 + 5 + 3 + 1 = 61;$$

$$C_{\tilde{R}_5}^2 = 1 \cdot 9 + 2 \cdot 7 + 5 + 3 + 1 = 41;$$

$$C_{\tilde{R}_4}^2 = 1 \cdot 7 + 2 \cdot 5 + 3 + 1 = 25;$$

$$C_{\tilde{R}_3}^2 = 1 \cdot 5 + 2 \cdot 3 + 1 = 13;$$

$$C_{\tilde{R}_2}^2 = 1 \cdot 3 + 2 \cdot 1 = 5;$$

$$C_{\tilde{R}_1}^2 = 1 \cdot 1 = 1.$$

Тоді сумарна «цінність» $C_{\tilde{R}}^2$ всіх оцінок 12-бальної шкали, що встановлена на другій ітерації застосування МРП, буде дорівнювати:

$$C_{\tilde{R}}^2 = C_{\tilde{R}_{12}}^2 + C_{\tilde{R}_{11}}^2 + C_{\tilde{R}_{10}}^2 + C_{\tilde{R}_9}^2 + C_{\tilde{R}_8}^2 + C_{\tilde{R}_7}^2 + C_{\tilde{R}_6}^2 + C_{\tilde{R}_5}^2 + C_{\tilde{R}_4}^2 + C_{\tilde{R}_3}^2 + C_{\tilde{R}_2}^2 + C_{\tilde{R}_1}^2$$

$$\begin{aligned}
& +C_{\tilde{R}_5}^2 + C_{\tilde{R}_4}^2 + C_{\tilde{R}_3}^2 + C_{\tilde{R}_2}^2 + C_{\tilde{R}_1}^2 = \\
& = 265 + 221 + 181 + 145 + 113 + 85 + 61 + 41 + 13 + \\
& + 5 + 1 = 1156.
\end{aligned}$$

Далі обчислення нормованих коефіцієнтів значущості (ваги) кожної якісної (рангової) оцінки 12-бальної шкали відбувається відповідно до формул 3.121 і 3.122:

$$\alpha_{\tilde{R}_{12}}^2 = \frac{C_{\tilde{R}_{12}}^2}{C_{\tilde{R}}^2} = \frac{265}{1156} = 0,2293;$$

$$\alpha_{\tilde{R}_{11}}^2 = \frac{C_{\tilde{R}_{11}}^2}{C_{\tilde{R}}^2} = \frac{221}{1156} = 0,1912;$$

$$\alpha_{\tilde{R}_{10}}^2 = \frac{C_{\tilde{R}_{10}}^2}{C_{\tilde{R}}^2} = \frac{181}{1156} = 0,1566;$$

$$\alpha_{\tilde{R}_9}^2 = \frac{C_{\tilde{R}_9}^2}{C_{\tilde{R}}^2} = \frac{145}{1156} = 0,1254;$$

$$\alpha_{\tilde{R}_8}^2 = \frac{C_{\tilde{R}_8}^2}{C_{\tilde{R}}^2} = \frac{113}{1156} = 0,0978;$$

$$\alpha_{\tilde{R}_7}^2 = \frac{C_{\tilde{R}_7}^2}{C_{\tilde{R}}^2} = \frac{85}{1156} = 0,0735;$$

$$\alpha_{\tilde{R}_6}^2 = \frac{C_{\tilde{R}_6}^2}{C_{\tilde{R}}^2} = \frac{61}{1156} = 0,0528;$$

$$\alpha_{\tilde{R}_5}^2 = \frac{C_{\tilde{R}_5}^2}{C_{\tilde{R}}^2} = \frac{41}{1156} = 0,0355;$$

$$\alpha_{\tilde{R}_4}^2 = \frac{C_{\tilde{R}_4}^2}{C_{\tilde{R}}^2} = \frac{25}{1156} = 0,0216;$$

$$\alpha_{\tilde{R}_3}^2 = \frac{C_{\tilde{R}_3}^2}{C_{\tilde{R}}^2} = \frac{13}{1156} = 0,0112;$$

$$\alpha_{\tilde{R}_2}^2 = \frac{C_{\tilde{R}_2}^2}{C_{\tilde{R}}^2} = \frac{5}{1156} = 0,0043;$$

$$\alpha_{\tilde{R}_1}^2 = \frac{C_{\tilde{R}_1}^2}{C_{\tilde{R}}^2} = \frac{1}{1156} = 0,0008.$$

Значення показників $C_{\bar{R}_i} 2$ і $\alpha_{\bar{R}_i} 2$, які обчислені на другій ітерації застосування МРП подані у графах 16, 17 таблиці 3.3. У графах 18–21 цієї ж таблиці подані результати обчислень досліджуваних показників на третій ($C_{\bar{R}_i} 3$ і $\alpha_{\bar{R}_i} 3$) і четвертій ($C_{\bar{R}_i} 4$ і $\alpha_{\bar{R}_i} 4$) ітерації застосування МРП.

З таблиці 3.3 зрозуміло, що за прийнятої точності обчислень застосовувати більше чотирьох ітерацій МРП недоцільно. Причому на кожній наступній ітерації значення обчислювальних показників $C_{\bar{R}_i} k$, а отже і $\alpha_{\bar{R}_i} k$ стають все більш нелінійними, тобто диференціюються.

Таким чином, відповідно до результатів застосування МРП для встановлення нормованих (зважених) коефіцієнтів значущості оцінок 12-бальної шкали, поданих у таблиці 3.3, доходимо висновку, що для подальшого застосування варто обрати коефіцієнти цієї значущості, отримані на третій ітерації. На рисунку 3.21 подано номограму, яка дає наочне уявлення про співвідношення якісних бальних оцінок 12-бальної шкали і відповідних їм кількісних зважених коефіцієнтів значущості цих оцінок.

Отже, отримані кількісні показники коефіцієнтів значущості оцінок 12-бальної шкали дають змогу застосувати вирази 3.84–3.92 для встановлення РАСО учнів за умов, що не було застосовано ОТК для встановлення РНД тих, хто навчається. Окрім того, розглянута методика застосування МРП для встановлення зважених (нормованих) коефіцієнтів значущості якісних (рангових) оцінок 12-бальної шкали може застосовуватися для надання кількісних характеристик оцінкам будь-яких інших якісних шкал.

3.4. Розроблення алгоритму досягнення синергетичного ефекту в процесі особистісно-орієнтованого розвитку академічної обдарованості

За основу було взято алгоритм з праць авторів [122; 127; 235], який було суттєво допрацьовано. Доопрацювання полягає в суттєвому збільшенні (у 2,5 раза) кількості членів алгоритму, що дає змогу всебічно аналізувати, прогнозувати та керувати результатами навчання (рис. 3.22–3.25) [268]. Алгоритм будемо розуміти як впорядкований, чітко визначений, закінчений план (порядок) дій, тобто інструкції для виконавця–педагога, що сприяє отриманню БКР (синергетичного ефекту). Також варто зазначити, що під час розроблення алгоритму ми прагнули забезпечити його відповідність критеріям (властивостям) [45; 115; 130; 139; 144 та ін.]:

– циклічності – алгоритм передбачає багатократне повторення педагогом тих самих дій (операцій) над новими початковими даними – кваліметричними показниками закономірностей ПР, які властивими кожному випробуваному учню.

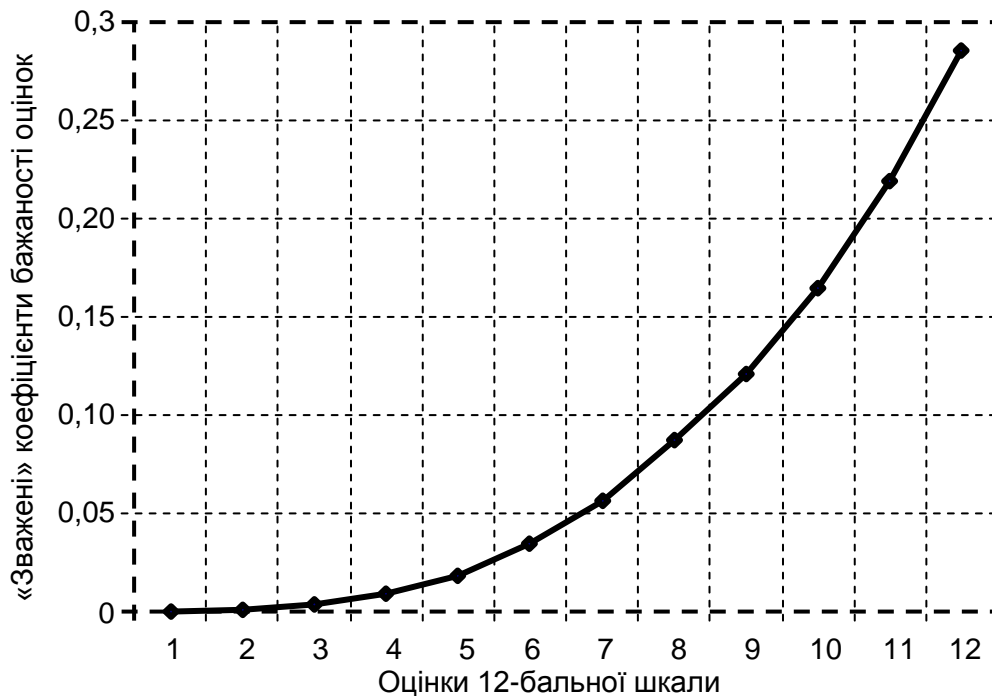


Рис. 3.21. Номограма нелінійних коефіцієнтів бажаності оцінок 12-бальної шкали, отриманих на III ітерації застосування методу розстановки пріоритетів

Цикл підготовки – послідовність команд (серія, тіло циклу), яка може виконуватися багаторазово (для нових початкових даних) до досягнення БКР, тобто забезпеченню належного РНД (РАО) у процесі навчання, що пов’язується в контексті наших досліджень або зі зміною ОДПР тих, хто навчається, на більш ризиковану (див. ланцюжок 1.39), або встановленню адекватної СО особистісних ЗУН через показники РД на результатах навчання;

– детермінованості (визначеності, точності, однозначності) – алгоритм встановлює, що за умов кількарязового завдання одних і тих самих вихідних даних побудований алгоритм буде виконуватися однаково і завжди буде отримано один і той самий результат (тенденція зміни ОНД чи адекватності СО учнів), що забезпечує достовірність отриманих результатів навчання та кваліметричної оцінки закономірностей прояву ЛЧ під час ПР в НВП. Властивість детермінованості проявляється також у тому, що на кожному кроці виконання алгоритму завжди точно відомо, що робити далі, а кожна дія однозначно зрозуміла виконавцю / педагогу і не може бути витлумачена невизначено;

– дискретності – цей критерій означає, що алгоритм складається з послідовних окремих кроків – елементарних дій, які нескладно виконати. Саме завдяки цій властивості алгоритм може бути реалізовано на ПЕОМ;

– масовості – за допомогою алгоритму вирішується не одна конкретна задача (навчальна вправа), а будь-яке завдання з деякого кластеру

однотипних завдань виявлення закономірностей прояву ЛЧ під час ПР у НВП за всіх допустимих значеннях вихідних даних, що насамперед охоплюють особистісні властивості тих, хто навчається (ОНД та РД);

– остаточності (фінитності) – послідовність елементарних дій алгоритму є кінцевою (обмеженою). У нашому випадку розглядається алгоритм, що охоплює 98 елементів;

– коректності – пропонується алгоритм створений відповідно до обґрунтованої ідеології врахування закономірностей прояву ЛЧ в НВП через кваліметричні показники ставлення учнів до результатів навчання. Він відповідає вирішенню кожної встановленої навчальної вправи, тому для всіх вихідних даних, які пов'язані з особливостями ставлення учнів до результатів навчання, виявлених через прояв ЛЧ в процесі ПР, буде завжди давати правильний (до зазначеної ідеології) результат і для жодних вихідних даних не буде отриманий неправильний результат;

– результативності (спрямованості) – виконання алгоритму обов'язково призведе до вирішення поставленого завдання, або до повідомлення про те, що за заданих вихідних величин (особистісного рівня ЗУН, властивої ОНД та РД учня) забезпечення належного рівня РНД є неможливим.

Особливість нашого вдосконаленого алгоритму полягає в (не ранжуючи):

– урахуванні досягнутих показників РАО (РНД) учнів і прив'язці до них показників РД (табл. 3.4);

– залученні психолога для проведення коректувально-розвивальної роботи з учнями незалежно від успішності навчання;

– орієнтації лише на поточні результати навчальної діяльності без прив'язки до успішності попереднього навчання;

– прагненні забезпечити позитивні результати навчання шляхом варіювання складності навчальних завдань і збільшенні мотивації учня на досягнення успіхів у навчанні, а отже, і до виконання більш складних завдань;

– обґрунтованості висновків щодо необхідності вдосконалення навчально-методичних матеріалів і методики психологічного забезпечення навчання як по окремій НД, так і за навчальною програмою загалом тощо.

Розглянемо закономірності функціонування алгоритму.

1. Спочатку в алгоритм вводяться:

– блок 2 на рисунку 3.22 – кількість учнів, які охоплені особистісно-орієнтованим навчанням, кількість НД, якими вони мають опанувати та кількість навчальних тем з кожної НД.

Одразу необхідно зауважити, що архітектоніка викладання НД відповідно до навчального плану, чи окремих тем із певної НД будується за пропонуєними нами рекомендаціями системно-кібернетичної організації простору знань (див. підрозділ 1.1);

– блок 3 на рисунку 3.22 – методичне забезпечення НВП – тести, критерії оцінювання РНД тощо.

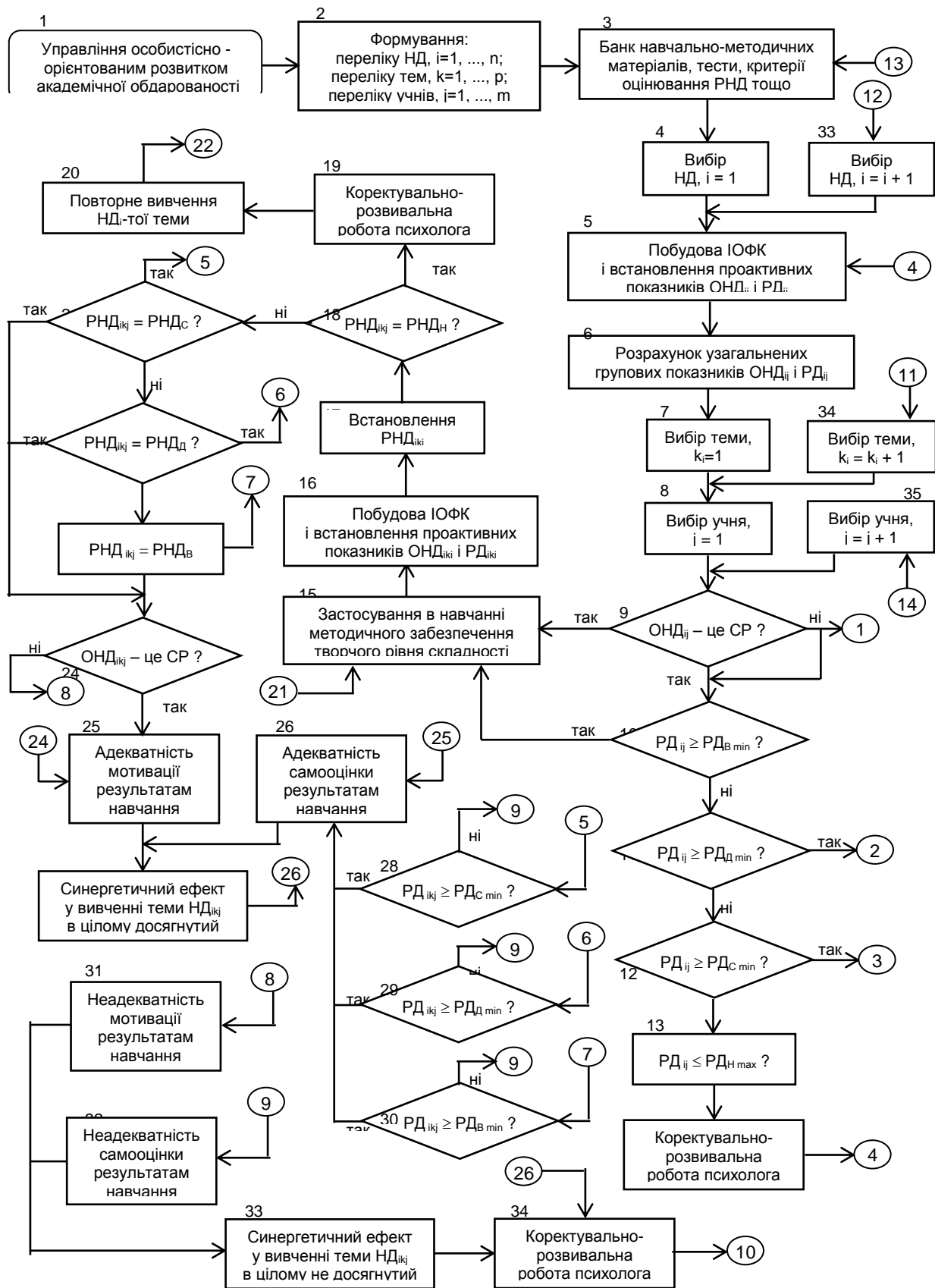


Рис. 3.22. Алгоритмічна модель досягнення синергетичного ефекту в процесі управління особистісно-орієнтованим розвитком академічної обдарованості

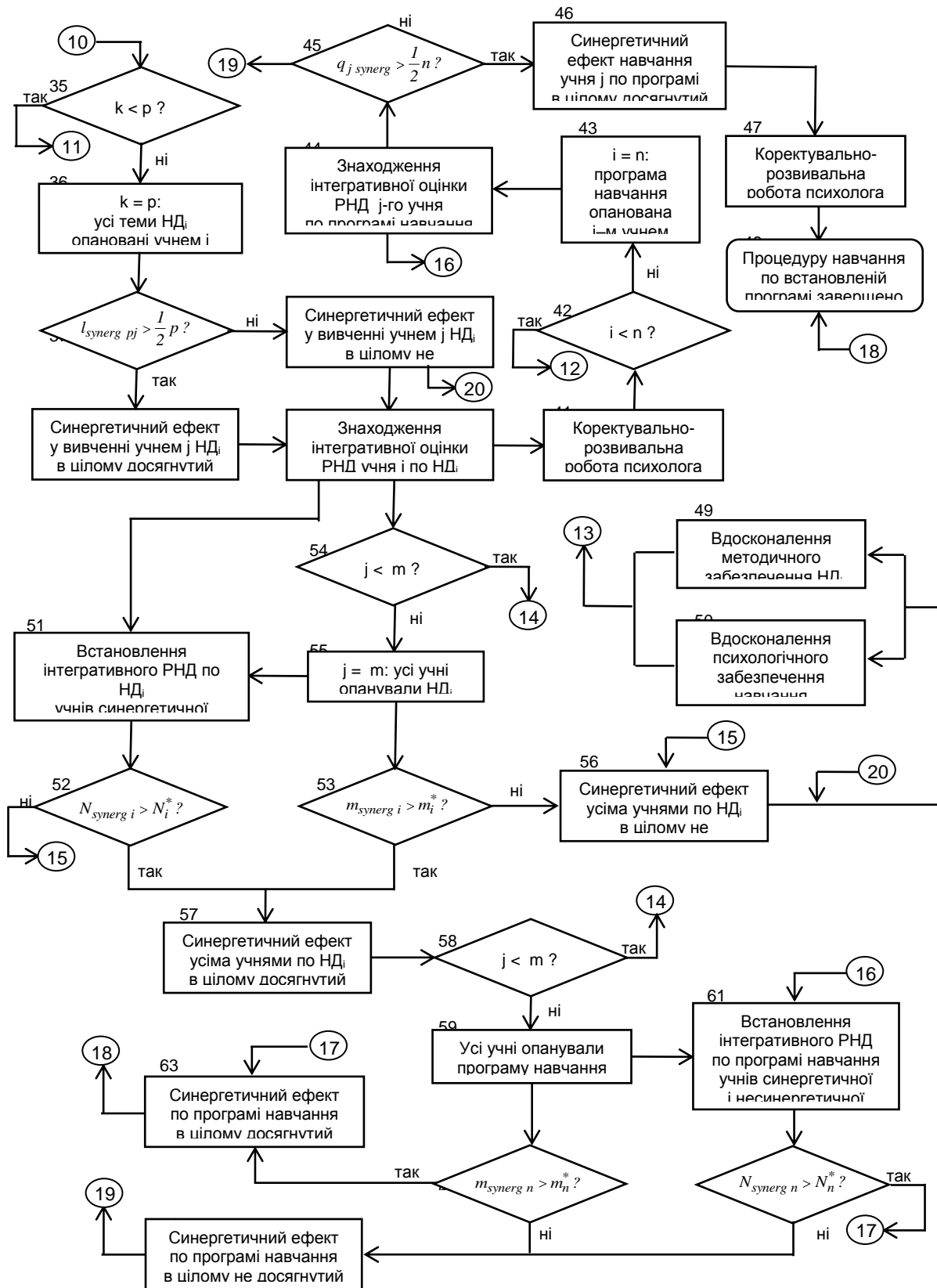


Рис. 3.23. Алгоритмічна модель досягнення синергетичного ефекту в процесі управління особистісно-орієнтованим розвитком академічної обдарованості (продовження рис. 3.22)

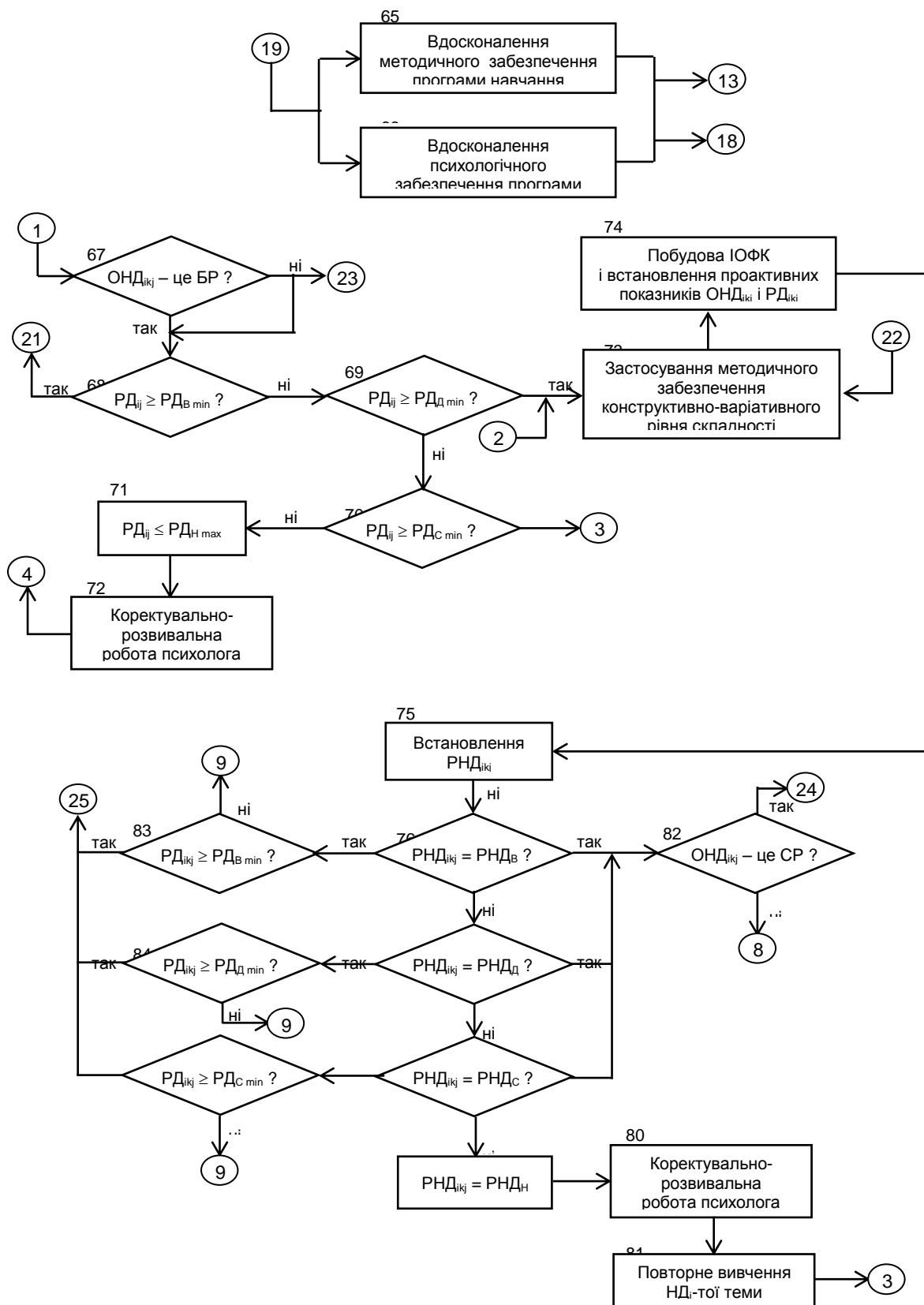


Рис. 3.24. Алгоритмічна модель досягнення синергетичного ефекту в процесі управління особистісно-орієнтованим розвитком академічної обдарованості (продовження рис. 3.22, 3.23)

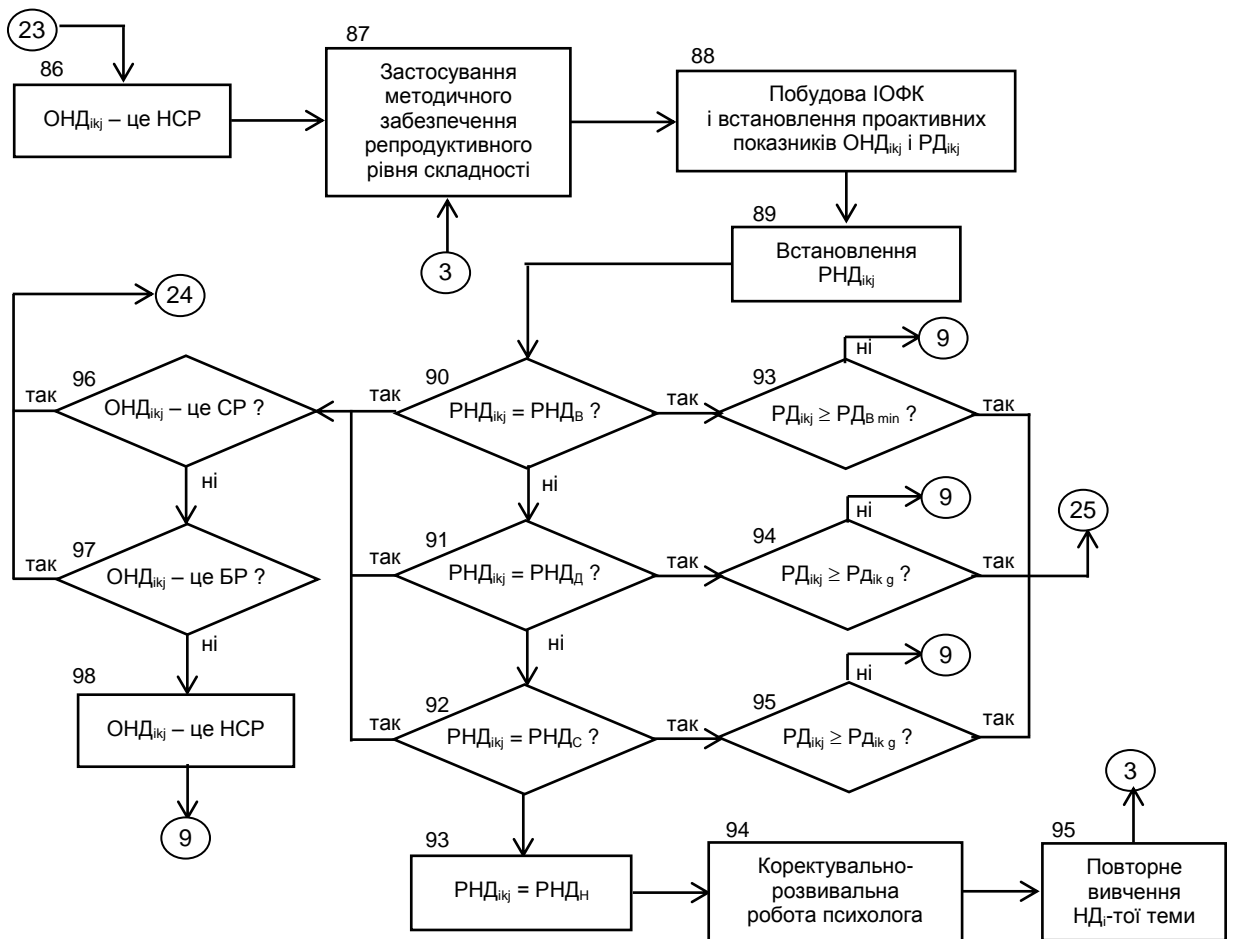


Рис. 3.25. Алгоритмічна модель досягнення синергетичного ефекту в процесі управління особистісно-орієнтованим розвитком академічної обдарованості (завершення рис. 3.22–3.24)

2. За нашою методикою послідовно для кожного j -го учня i для кожної i -ї НД ($нд_i$) встановлюються кваліметричні показники $ОНД_{ij}$ і $РД_{ij}$ [118; 120; 121; 124; 127; 244 та ін.], які узагальнюються для подальшого порівняння індивідуальних у групових результатів навчання (блоки 5, 6 на рис. 3.22).

Наведена деталізація пов'язана з тим, що зазначені кваліметричні показники не є сталими, а ставлення до НД чи до навчання загалом через демонстрацію цих показників залежить від особистих уподобань учня та бачення ним перспектив подальшого застосування накопиченого потенціалу ЗУН в певному ЗО.

3. Оскільки було обґрунтовано, що СР свідчить про мотивацію старшокласників на досягнення успіху в навчанні, то реалізація алгоритму загалом має призвести до реалізації ланцюжку 1.39. Тому перед вибором складності навчального забезпечення вирішується логічне питання щодо виявленої $ОНД_{ij}$ випробуваного учня j (блок 9 на рис. 3.16) та значення його проактивного $РД_{ij}$ з цієї ж НД (блок 10 на рис. 3.22). Якщо виявляється СР

та / або високий РД ($РД_{ij} = РД_B$), то в процесі опанування учнем j k -ї теми певної НД ($НД_{ikj}$) застосовується методичне забезпечення творчого рівня складності (блок 15 на рис. 3.22).

Таблиця 3.4

Критерії, що були застосовані у алгоритмі розвитку академічної обдарованості (спираючись на нормативи МОН Україні)

№	Шкала оцінювання знань	Рівні навчальних досягнень / рівні домагань, бали			
		високий, творчий	достатній, конструктивно-варіативний	середній, репродуктивний	низький, початковий, перцептивно-продуктивний
1	12-тибальна	$РНД_B \geq 10$	$7 \leq РНД_Д \leq 9$	$4 \leq РНД_С \leq 6$	$1 \leq РНД_Н \leq 3$
		$РД_B \geq 10$	$7 \leq РД_Д \leq 9$	$4 \leq РД_С \leq 6$	$1 \leq РД_Н \leq 3$
2	100-бальна	$РНД_B \geq 90$	$75 \leq РНД_Д \leq 89$	$60 \leq РНД_С \leq 74$	$0 \leq РНД_Н \leq 59$
		$РД_B \geq 90$	$75 \leq НД_Д \leq 89$	$60 \leq РД_С \leq 74$	$0 \leq РД_Н \leq 59$

Якщо після реалізації процедури навчання виявлені РНД мають низький показник (блок 18 на рис. 3.22), то проводиться повторне вивчення теми $НД_{ikj}$, однак із застосуванням методичного забезпечення вже меншого, конструктивно-варіативного рівня складності.

Якщо після вивчення теми $НД_{ikj}$ продемонстрована схильність до ризику (блок 24 на рис. 3.16), незалежно від прийнятих РНД ($РНД_{B kj}$, $РНД_{Д ikj}$, $РНД_{С ikj}$), то мотивація на навчання вважається адекватною його результатам (блок 25 на рис. 3.22). Це є підставою для висновку щодо досягнення синергетичного ефекту в навчанні (блок 27 на рис. 3.22). Протилежного висновку можна дійти (блок 33 на рис. 3.22), якщо продемонстровані інші ОНД, а саме БР чи НСР.

Якщо після опанування темою $НД_{ikj}$ учень продемонстрував РД, що відповідає виявленому РНД, то можна дійти висновку щодо еквівалентності результатів навчання і СО (блок 25 на рис. 3.22) і подальшого висновку щодо досягнення синергетичного ефекту (блок 27 на рис. 3.22). Причому ми ввели такий імператив: якщо учень опанував $НД_{ikj}$ із застосування методичних матеріалів високого (творчого) рівня складності, то його СО ($РД_{ikj}$) не може відповідати $РНД_Н$, незалежно від наявності чи відсутності синергетичного ефекту.

Наступний крок реалізації алгоритму пов'язаний із залученням психолога (блок 34 на рис. 3.22) для проведення коректувально-розвивальної роботи з учнем.

4. Якщо в учня проактивно виявлена БР чи $РД_{ij}=РД_{д}$, то для навчання застосовуються матеріали конструктивно-варіативного рівня складності. Якщо в учня проактивно виявлено несхильність до ризику чи $РД_{ij}=РД_{с}$, то для навчання застосовуються матеріали середнього (репродуктивного рівня) складності.

5. Якщо синергетичного ефекту не було досягнуто в межах окремої теми чи НД загалом, чи програми навчання, то здійснюються заходи з удосконалення навчально-методичних матеріалів, а також психологічного забезпечення навчання.

ВИСНОВКИ

Підсумовуючи отримані та подані в цій монографії нові наукові результати, констатуємо факт дійсного усунення певних «білих плям» у безперервному ланцюгу динаміки вітчизняної педагогіки, які пов'язані з визначенням показників-індикаторів виникнення синергетичного ефекту в процесах розвитку АО, їх кваліметричного оцінювання, а також з особистісно-орієнтованим управлінням цими процесами. Вкажемо на найбільш суттєві окремі результати досліджень.

1. Розроблено теоретичні основи кваліметрії синергетичного ефекту в дидактиці. Зокрема:

– досліджено особливості сучасного інформаційного середовища та обґрунтовано застосування методології теорії графів для системної організації його архітекtonіки;

– здійснено аналітичний аналіз особливості вияву й аналізу синергетичного ефекту в дидактиці, з якого випливає, що синергетична парадигма зазвичай розглядається як «відносно жорсткий каркас методологічних принципів», які дедалі більше застосовуються в удосконаленні і реформуванні НВП;

– обґрунтовано діалектичні основи виникнення синергетичного ефекту в процесі спіралеподібного розвитку АО. Введено поняття простого і складного адитивного, а також складного мультиплікативного синергетичного ефекту як з позицій нарощування тими, хто навчається потенціалу ЗУН, так і для випадків спільної навчальної праці;

– доведено, що виникнення синергетичного ефекту має розглядатися в контексті кількісно-якісних змін результатів навчання, зокрема динаміки ОНД згідно з ланцюжком «НСР→БР→СР» (якісний показник) та / або позитивного збільшення кількісного показника РД;

– адаптовано для потреб досліджень зміст «прапорів катастроф» як індикаторів виникнення синергетичного ефекту. Обґрунтовано існування простого та складного (поліетапного) гістерзису, пов'язаного з формуванням / руйнацією в тих, хто навчається, потенціалу ЗУН. Особлива увага привернута поведінці НВП як гуманістичної (у визначенні Л. Заде) системи в околиці точки біфуркації шляхом аналізу СОК;

2. З огляду на S-подібні моделі розвитку ЗУН, досліджено сучасні прогностичні моделі стрибків-переходів на новий РАО. Зокрема:

– з позицій історичності розглянуто динаміку досліджень у сфері моделювання та прогнозування дидактичних процесів;

– виявлено особливості макро- і мікропідходу до прогнозування результатів навчання. Встановлено, що мікропідхід пов'язано з особистісно-орієнтованим навчанням, а макропідхід узагальнює закономірності розвитку групових ЗУН. Розглядаючи НВП як випадковий процес, застосовано методологію прогнозування відповідних кількісних показників, що

доповнено методологією застосування сплайн-функцій для прогнозування РАО. Причому саме сплайн-функції забезпечують належне моделювання та прогнозування саме поліетапного процесу розвитку АО.

3. Уперше:

- аналітично обґрунтовано та математично заформалізовано застосування евристичних методів ПР для встановлення тезаурусу НД, зокрема обрізання «дерева знань», що кущиться;

- запропоновано кваліметричну модель ПР щодо припинення навчання.

4. Розроблено методологію кваліметрії ефективності структурно-функціональної організації спільної навчальної діяльності, у якій також виникає синергетичний ефект. Зокрема:

- застосовано інформаційно-кібернетичні ланцюги для моделювання спільної навчальної діяльності, яка організована за схемою «зірка» і «трикутник»;

- обґрунтовано показники ризику, конфлікту та невизначеності навчальної ситуації за відмови учня від спільної праці;

- визначено ознаки та характеристики невеликої учнівської групи, що дало змогу (спираючись на методологію структурно-топологічного аналізу) запропонувати комплекс показників і методів оцінювання ефективності організації діяльності такого роду груп, а також ефективність комунікацій у них.

5. Здійсненого обґрунтування рекомендацій щодо досягнення синергетичного ефекту в процесі управління розвитком АО. Зокрема:

- запропоновано структурно-алгоритмічну модель системно-інформаційної кваліметрії в управлінні розвитком АО, яка враховує фізично вимірювані і добре інтегровані в характеристики НВП показники впливу ЛЧ на ПР;

- удосконалено модель ПС у НВП, яка уявляється у вигляді кортежу, що охоплює основні складники НВП. Зміст кортежу стосовно відомого розширений у 1,9 раза, що дає змогу більш всебічно аналізувати процес;

- з урахуванням кваліметричних характеристик 12-бальної шкали розроблено більш досконалі стосовно відомого методи (проекційний і інтегральний) встановлення ОНД. Особливість нових методів полягає в тому, що під час встановлення так званої надбавки за ризик інтегративно враховується не одна характерна точка ОФК континууму шкали оцінювання РНД, з аналізу якої й визначається ОНД, а всі характерні точки. Ефективність (надійність) встановлення ОНД становить 15,7 %;

- обґрунтовано методологію визначення міри та тенденцій прояву ОНД на континуумі оціночної шкали, що відкриває перспективи для виявлення постійної, пропорційної, спадної, зростаючої міри схильності / несхильності учнів до ризику в процесі розв'язання проблемних навчальних ситуацій;

- уперше запропоновано методологію визначення адекватності СО, а також міри її завищення / заниження тими, хто навчається;

– розроблено алгоритм досягнення синергетичного ефекту в процесі управління особистісно-орієнтованим розвитком АО. Алгоритм розширений стосовно відомого у 2,5 раза, що дає змогу більш детально аналізувати та керувати НВП.

6. З огляду на наведене вважаємо, що мета цієї монографії загалом досягнена, оскільки дійсно було розв'язано окреслені проблеми з розроблення методів і моделей кваліметрії синергетичного ефекту в дидактиці.

7. Подальші дослідження синергетичного ефекту варто проводити у напрямках (не ранжуючи):

– моделювання та кваліметрія синергетичного ефекту, спираючись виключно на методологію нечіткої математики;

– застосування методології теорії розпізнавання образів для виявлення РАО тих, хто навчається;

– розроблення методичного забезпечення алгоритмів управління розвитком АО за показниками ОНД і РД.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Азгальдов Г. Г.* Квалиметрия для всех : учеб. пособие / Г. Г. Азгальдов, А. В. Костин, В. В. Садовов. – М. : ИнформЗнание, 2012. – 165 с.
2. *Азгальдов Г. Г.* О квалиметрии / Г. Г. Азгальдов, Э. П. Райхман ; под ред. А. В. Гличева. – М. : Изд-во стандартов, 1973. – 172 с.
3. *Айвазян С. А.* Классификация многомерных наблюдений / С. А. Айвазян, З. И. Бежаева, О. В. Староверов. – М. : Статистика, 1974. – 240 с.
4. *Акофф Р.* О целеустремленных системах / Р. Акофф, Ф. Эмери ; пер. с англ. Г. В. Рубальского ; под ред. И. А. Ушакова. – М. : Советское радио, 1974. – 272 с.
5. *Алберг Дж.* Теория сплайнов и ее приложения: пер. с англ. / Дж. Алберг, Э. Нильсон, Дж. Уолш. – М. : Мир, 1972. – 319 с.
6. Алгоритмы: построение и анализ = Introduction to Algorithms / Т. Х. Кормен, Ч. И. Лейзерсон, Р. Л. Ривест, К. Штайн. – 2-е изд. – М. : Вильямс, 2006. – 1296 с.
7. *Александров Е. А.* Основы теории эвристических решений / Е. А. Александров. – М. : Советское радио, 1975. – 256 с.
8. *Алтунин А. Е.* Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях : монография / А. Е. Алтунин, М. В. Семухин. – Тюмень : ТГУ, 2000. – 352 с.
9. *Анастаси А.* Психологическое тестирование : в 2-х кн. / А. Анастаси ; пер. з англ. ; под ред.: К. М. Гуревича, В. И. Лубовского. – Кн. 1. – М. : Педагогика, 1982. – 320 с.; Кн. 2. – М. : Педагогика, 1982. – 336 с.
10. *Андреев С. М.* Оцінка рівня професійної підготовки льотного складу при початковому навчанні : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.01.04 / С. М. Андреев ; Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури. – Харків, 1999. – 17 с.
11. *Антонов О. К.* К вопросу об эргономическом проектировании кабины экипажа / О. К. Антонов // Авиационная эргономика : межвуз. сб. науч. тр. – Киев : КИИГА, 1975. – С. 24–27.
12. *Анфилатов В. С.* Системный анализ в управлении : учеб. пособие / В. С. Анфилатов, А. А. Емельянов, А. А. Кукушкин. – М. : Финансы и статистика, 2002. – 368 с.
13. *Аркаева Р. П.* Квалиметрический подход в управлении качеством образования студентов / Р. П. Аркаева // Вектор науки ТГУ. – 2012. – № 1. – С. 38–40.
14. *Арнольд В. И.* Теория катастроф / В. И. Арнольд. – М. : Наука, 1990. – 128 с.
15. *Артемов В. Ю.* Синергетичні основи підготовки співробітників правоохоронних органів / В. Ю. Артемов // Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах. – 2014. – Вип. 36. – С. 77–84.
16. *Аткинсон Р.* Введение в математическую теорию обучения /

Р. Аткинсон, Г. Бауэр, Э. Кротерс. – М. : Мир, 1969. – 486 с.

17. *Ахмедьянова Г. Ф.* Сравнительный анализ составляющих эмерджентности педагогической системы / Г. Ф. Ахмедьянова, А. М. Пищухин // *Современные проблемы науки и образования.* – 2016. – № 5. – URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25300>.

18. *Ахо А. В.* Структуры данных и алгоритмы / А. В. Ахо, Дж. Хопкрофт, Дж. Ульман : пер. с англ. – М. : Вильямс, 2003. – 384 с.

19. *Бабак В. П.* Безпека авіації / В. П. Бабак, Ю. П. Харченко, В. О. Максимов та ін.; за ред. В. П. Бабака. – Київ : Техніка, 2004. – 584 с.

20. *Бабкина Л. Н.* Применение квалиметрического подхода в управлении региональной экономикой / Л. Н. Бабкина, О. В. Скотаренко // *Научно-технические ведомости СПбГПУ.* – 2013. – № 4. – С. 45–52. – Серия «Экономические науки».

21. *Балл Г. А.* Результаты экспериментального исследования регулирующих воздействий в адаптивных обучающих системах / Г. А. Балл, А. М. Довгялло, Е. И. Машбиц // *Технические средства в программированном обучении.* – Киев, 1970. – С. 57–86.

22. *Баранов В. А.* Теория систем и системный анализ в управлении организациями : справочник / В. А. Баранов, Л. С. Болотова, В. Н. Волкова ; под ред. В. Н. Волковой, А. А. Емельянова. – М. : Финансы и статистика, 2006. – 848 с.

23. *Баранцев Р. Г.* Нелинейность – когерентность – открытость как системная триада синергетики / Р. Г. Баранцев // *Мост.* – 1999. – № 29. – С. 54–55.

24. *Балясников В. В.* Возникновение и развитие неустойчивых рабочих состояний человека-оператора в системе «Экипаж – воздушное судно» / В. В. Балясников, А. Р. Ин // *Применение аналитических методов в исследовании деятельности специалистов гражданской авиации.* – СПб. : АГА, 1997. – С. 55–59.

25. *Бекмухамбетов А. А.* Совершенствование деятельности оператора на базе теории и практики управления рисками при обеспечении безопасности полетов : автореф. дис. ... канд. техн. наук.: 05.22.14 / А. А. Бекмухамбетов. – СПб., 2005. – 26 с.

26. *Беляев Л. С.* Решение сложных оптимизационных задач в условиях неопределенности / Л. С. Беляев. – Новосибирск : Наука, 1978. – 126 с.

27. *Берж К.* Теория графов и ее применение : пер. с франц. / К. Берж. – М. : ИЛ, 1962. – 320 с.

28. *Бермус А. Г.* Проблемы и перспективы реализации компетентностного подхода в образовании / А. Г. Бермус // *Эйдос.* – 2005. – 10 сентября. – URL: <http://www.eidos.ru/journal/2005/0910-12.htm>.

29. *Бестужев-Лада И. В.* Нормативное социальное прогнозирование: возможные пути реализации целей общества / И. В. Бестужев-Лада. – М. : Наука, 1987. – С. 57–62.

30. *Богачев С. К.* Авиационная эргономика / С. К. Богачев. – М. : Машиностроение, 1978. – 140 с.
31. *Боднер В. А.* Авиационные тренажеры / В. А. Боднер, Р. А. Закиров, И. И. Смирнова. – М. : Машиностроение, 1978. – 192 с.
32. *Бодров В. А.* Психология профессиональной деятельности. Теоретические и прикладные проблемы. – М. : ИП РАН, 2006. – 624 с.
33. *Болотов В. А.* Виды и назначение программ оценки обучения школьников / В. А. Болотов // Педагогика. – 2013. – № 8. – С. 15–26.
34. *Бор К.* Практическое руководство по сплайнам : пер. с англ. / К. де Бор. – М. : Радио и связь, 1985 – 304 с.
35. *Борсук С. П.* Стохастична модель виявлення моменту припинення тренувань авіаційних операторів / С. П. Борсук // Науковий вісник херсонської державної морської академії. – Херсон : ХДМА, 2013. – № 1 (8). – С. 208–215.
36. *Бриллюэн Л.* Научная неопределенность и информация / Л. Бриллюэн. – М. : Мир, 1966. – 272 с.
37. *Бурков В. Н.* Механизмы функционирования организационных систем / В. Н. Бурков, В. В. Кондратьев. – М. : Наука, 1981. – 384 с.
38. *Бурков В. Н.* Теория активных систем: состояние и перспективы / В. Н. Бурков, Д. А. Новиков. – М. : Синтег, 1999. – 128 с.
39. *Бурков В. Н.* Теория графов в управлении организационными системами : учеб. пособие / В. Н. Бурков, А. Ю. Заложнев, Д. А. Новиков. – М. : СИНТЕГ, 2001. – 124 с.
40. *Буш Р.* Сравнение восьми моделей / Р. Буш, Ф. Мостеллер // Математические методы в социальных науках. – М., 1973. – С. 295–315.
41. *Буш Р. Р.* Стохастические модели обучаемости / Р. Р. Буш, Ф. Мостеллер ; пер. с англ. М. А. Осиповой и Ю. И. Шмуклер ; под ред. [с предисл.] и с доп. Ю. А. Шрейдера. – М. : Физматгиз, 1962. – 483 с.
42. *Василенко В. О.* Теорія і практика розробки управлінських рішень : навч. посіб. / В. О. Василенко. – Київ : ЦУЛ, 2002. – 420 с.
43. *Васильев В. И.* Распознающие системы : справочник / В. И. Васильев. – Киев : Наукова думка, 1983. – 423 с.
44. *Васильев Е. Е.* Суперпамять для всех / Е. Е. Васильев, В. Ю. Васильев. – М. : АСТ, 2006. 71 с.
45. *Ватутин Э. И.* Основы дискретной комбинаторной оптимизации / Э. И. Ватутин, В. С. Титов, С. Г. Емельянов. – М. : Аргамак-Медиа, 2016. – 270 с.
46. Введение в эргономику / Г. М. Зараковский, Б. А. Королев, В. И. Медведев, П. Я. Шлаен ; под ред. В. П. Зинченко. – М. : Советское радио, 1974. – 352 с.
47. Вдосконалення моделі проблемної ситуації у аеронавігаційних системах / О. М. Рева, С. П. Борсук, П. Ш. Мухтаров, Б. М. Мірзоев // Безпека життєдіяльності на транспорті і виробництві: освіта, наука, практика (SLA-

2015) : матеріали II Міжнародної наук.-практ. конф. (Херсон, 17–18 верес. 2015 р.). – Херсон : ХДМА, 2015. – С. 155–162.

48. *Венда В. Ф.* Инженерная психология и синтез систем отображения информации / В. Ф. Венда. – М. : Машиностроение, 1982. – 343 с.

49. *Венда В. Ф.* Перспективы развития психологической теории обучения операторов / В. Ф. Венда // Психологический журнал. – 1980. – Т. 1. – № 4. – С. 48–63.

50. *Венда В. Ф.* Системы гибридного интеллекта: эволюция, психология, информатика / В. Ф. Венда. – М. : Машиностроение, 1990. – 448 с.

51. *Вентцель Е. С.* Исследование операций: задачи, принципы, методология / Е. С. Вентцель. – М. : Наука, 1988. – 208 с.

52. *Вишневський О.* Теоретичні основи сучасної української педагогіки : посіб. для студентів вищих навчальних закладів/ О. Вишневський. – вид. 2-ге, доопр. і доп. – Дрогобич : Коло, 2006.

53. *Власова О. І.* Педагогічна психологія : навч. посіб. / О. І. Власова. – Київ : Либідь, 2005. – 400 с.

54. Военная инженерная психология / под ред. Б. Ф. Ломова, А. А. Васильева, В. В. Офицерова, В. Ф. Рубахина. – М. : Воениздат, 1970. – 400 с.

55. *Вознюк О.В.* Розвиток вітчизняної педагогічної думки: синергетичний підхід : монографія / О. В. Вознюк; за ред. П. Ю. Сауха. – Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2009. – 184 с.

56. *Волкова В. Н.* Методы формализованного представления систем: учеб. пособие / В. Н. Волкова, А. А. Денисов, Ф. Е. Темников. – СПб. : СПбГТУ, 1993.

57. *Волкова В. Н.* Основы теории систем и системного анализа / В. Н. Волкова, А. А. Денисов. – СПб. : СПбГТУ, 1997. – 510 с.

58. *Волкова В. Н.* Теория систем и системный анализ. учебник для академического бакалаврата / В. Н. Волкова, А. А. Денисов. – 2-е изд., пер. и доп. – М. : Юрайт, 2014. – 616 с.

59. *Волярська О. С.* Прогнозування в навчально-виховній діяльності / О. С. Волярська ; за ред. С. Д. Максименка // Проблеми загальної та педагогічної психології. – 2009. – Т. 11. – Ч. 3. – С. 89–99.

60. *Вудвортс Р.* Экспериментальная психология / Р. Вудвортс. – М. : Изд-во иностранной лит-ры, 1950. – 798 с.

61. *Габричидзе В. Д.* Некоторые вопросы организации и разработки адаптивных обучающих систем на базе ЭЦВМ: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В. Д. Габричидзе. – Тбилиси, 1970. – 19 с.

62. *Гардинер К. В.* Стохастические методы в естественных науках / К. В. Гардинер. – М. : Мир, 1986. – 526 с.

63. *Герасимов Б. М.* Організаційна ергономіка: методи та алгоритми досліджень і проектування : монографія / Б. М. Герасимов, В. В. Камишин. – Київ : Інформ. сист., 2009. – 212 с.

64. *Гершунский Б. С.* Дидактическая прогностика = Didaktika prognostika:

некоторые актуальные проблемы теории и практики / Б. С. Гершунский, Я. Пруха. – Київ : Вища школа, 1979. – 240 с.

65. *Гершунский Б. С.* Прогнозирование содержания обучения в техникумах : учеб.-метод. пособие / Б. С. Гершунский. – М. : Высшая школа, 1980. – 144 с.

66. *Гершунский Б. С.* Философия образования для XXI века (в поисках практико-ориентированных концепций) / Б. С. Гершунский. – М. : Совершенство, 1998. – 90 с.

67. *Гилмор Р.* Прикладная теория катастроф : в 2-х кн. / Р. Гилмор. – Кн. 1. – М. : Мир, 1984. – 350 с. ; Кн. 2. – М. : Мир, 1984. – 285 с.

68. *Гласс Дж.* Статистические методы в педагогике и психологии / Дж. Гласс, Дж. Стенли; общ. ред. Ю. П. Адлера ; пер. с англ. Л. И. Харусовой. – М. : Прогресс, 1976. – 496 с.

69. *Гличев А. В.* Квалиметрия (ее содержание, задачи, методы) / А. В. Гличев, Я. Б. Шор, И. Б. Погожев // Стандарты и качество. – 1970. – № 11. – С. 30–34.

70. *Голант Ю. А.* К вопросу оценки деятельности группы операторов в системе управления / Ю. А. Голант // Приборы и системы управления. – 1970. – № 10. – С. 8–10.

71. *Головань М. С.* Компетенція і компетентність: досвід теорії, теорія досвіду / М. С. Головань // Вища освіта України. – 2008. – № 3. – С. 23–30.

72. *Гордеева Т. О.* Психология мотивации достижения / Т. О. Гордеева. – М. : Смысл, 2006. – 336 с.

73. *Горошкін І. О.* Міждисциплінарна інтеграція як педагогічна умова формування мовної особистості майбутніх перекладачів / І. О. Горошкін // Наука і освіта. – 2014. – № 2. – С. 78–82.

74. *Горячев В. А.* Эргономические основы создания и применения авиационных тренажеров: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.14 / В. А. Горячев. – Л. : ОЛАГА, 1986. – 358 с.

75. *Грабченко А. І.* Методи наукових досліджень : навч. посіб. / А. І. Грабченко, В. О. Федорович, Я. М. Гаращенко. – Харків : НТУ «ХП», 2009. – 142 с.

76. *Губанов А. А.* Введение в системный анализ : учеб. пособие / А. А. Губанов, В. В. Захаров, А. Н. Коваленко; науч. ред. Л. А. Петросян. – Л. : ЛГУ, 1988. – 288 с.

77. *Губинский А. И.* Надежность и качество функционирования эргатических систем / А. И. Губинского. – Л. : Наука, 1982. – 270 с.

78. *Губко М. В.* Управление организационными системами с коалиционным взаимодействием участников / М. В. Губко. – М. : ИПУ РАН, 2003. – 140 с.

79. *Гудман С.* Введение в разработку и анализ алгоритмов / С. Гудман, С. Хидетниemi ; пер. с англ. Ю. Б. Котова и др. – М. : Мир, 1981. – 366 с.

80. *Гулай О. І.* Компетентнісний підхід як основа нової парадигми освіти /

О. І. Гулай // Вісник Національної академії Державної прикордонної служби України, 2009. – Вип. 2. – URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vnadps_2009_2_7.

81. Гулай О. І. Синергетичні засади підготовки фахівців будівельного профілю / О. І. Гулай // Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології. – 2012. – № 5. – С. 34–40.

82. Дахин А. Н. Педагогическое моделирование: монография / А. Н. Дахин. – Новосибирск : Изд-во НИПКиПРО, 2005. – 230 с.

83. Денисов А. А. Основы теории информационных цепей / А. А. Денисов. – Л. : ЛПИ, 1977. – 55 с.

84. Денисов А. А. Теоретические основы кибернетики / А. А. Денисов. – Л. : ЛПИ, 1975. – 40 с.

85. Денисов А. А. Теория больших систем управления : учеб. пособие / А. А. Денисов, Д. Н. Колесников. – Л. : Энергоиздат, 1982. – 288 с.

86. Денисов В. Г. Авиационная инженерная психология / В. Г. Денисов, В. Ф. Онищенко, А. В. Скрипец. – М. : Машиностроение, 1983. – 232 с.

87. Джафарзаде Р. М. Методика подготовки членов экипажей к действиям в особых ситуациях с позиций теории катастроф / Р. М. Джафарзаде, Г. В. Коваленко // Проблема человеческого фактора в авиации. – СПб. : Академия ГА, 1998. – С. 41–45.

88. Дзвінчук Д. Засади управління і вибір цілей діяльності освітньої системи в контексті європейського виміру / Д. Дзвінчук // Вища освіта України. – 2006. – № 2. – С. 20–26.

89. Дмитриченко М. Ф. Автономія вищого навчального закладу – вимога Болонської декларації / М. Ф. Дмитриченко // Вища школа. – 2005. – № 2. – С. 22–34.

90. Добров Г. М. О предвидении развития науки / Г. М. Добров // Вопросы философии. – 1964. – № 10.

91. Дрынков А. В. Математические модели процесса научения / А. В. Дрынков // Математическая психология: методология, теория, модели. – М. : Наука, 1985. – С. 144–168.

92. Дугин Г. С. Перспективы использования теории катастроф для определения причин авиационных происшествий / Г. С. Дугин // Проблемы безопасности полетов: Обзорная информация. – М. : ВИНТИ, 2005. – Вып. 5. – С. 3–8.

93. Дявкуш Н. Педагогічне прогнозування у системі професійної освіти: історичний аспект / Н. Дявкуш // Проблеми підготовки сучасного вчителя, 2011. – № 4. – Ч. 2. – С. 232–238.

94. Евланов Л. Г. Экспертные оценки в управлении / Л. Г. Евланов, В. А. Кутузов. – М. : Экономика, 1978. – 133 с.

95. Енциклопедія освіти / голов. ред. В. Г. Кремень. – Київ : Юрінком Інтер, 2008. – 1040 с.

96. Євтодюк А. В. Синергетичні засади моделювання освітніх систем : автореф. дис. ... канд. філософ. наук: 09.00.03 / А. В. Євтодюк. – Київ : Ін-т

вищої освіти НАПН України, 2002.

97. *Жабреев В. С.* Модели и оценка человеческого фактора больших систем : учеб. пособие / В. С. Жабреев, О. О. Павловская, К. В. Фадеев ; под ред. В. С. Жабреева. – Челябинск : ЧИПСУ УрГУПС, 2007. – 219 с.

98. *Железняков Ю. Д.* Обзор современных методов рас-следования авиационных происшествий / инцидентов: по материалам зарубежных источников / Ю. Д. Железняков, В. Д. Кофман // Проблемы безопасности полетов: Обзорная информация. – М. : ВИНТИ, 2004. – № 5. – С. 3–14.

99. *Жилин В. И.* Онтологическая и методологическая специфика синергетического сциентизма : автореф. дис. ... д-ра философ. наук: 09.00.01 / В. И. Жилин. – Омск : Омский государственный педагогический университет, 2011.

100. *Завьялов Ю. С.* Методы сплайн функций / Ю. С. Завьялов, Б. И. Квасов, В. П. Мирошниченко. – М. : Наука, 1980. – 352 с.

101. *Заде Л.* Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л. Заде ; под ред. Н. Н. Моисеева, С. А. Орловского ; пер. с англ. Н. И. Ринго. – М. : Мир, 1976. – 165 с.

102. *Зайцева Л. В.* Модели и методы адаптации в системах компьютерного обучения / Л. В. Зайцева // Телематика-2003: труды Всероссийской науч.-метод. конф. – СПб. : СпбГИТМО; М. : Информика. – URL: http://tm.ifmo.ru/tm2003/db/doc/get_thes.php?id=129.

103. *Зайцева Л. В.* Управление диалогом в автоматизированной обучающей системе / Л. В. Зайцева, Л. П. Новицкий // Диалоговые системы. – 1980. – Вып. 3. – С. 78–84.

104. *Заложнев А. Ю.* Внутрифирменное управление. Оптимизация процедур функционирования / А. Ю. Заложнев. – М. : ЗАО ПМСОФТ, 2005. – 290 с.

105. *Занковский А. Н.* Организационная психология : учеб. пособие для вузов по специальности «Организационная психология» / А. Н. Занковский. – М. : Флинта:МПСИ, 2006. – 648 с.

106. *Занюк С. С.* Психологія мотивації : навч. посіб. / С. С. Занюк. – Київ : Либідь, 2002. – 304 с.

107. *Зиммель Г.* Избранное. В 2-х т. / Г. Зиммель. – Т. 1. Философия культуры. – М. : Юрист, 1996. – 671 с.; Т. 2. Созерцание жизни. – М. : Юрист, 1996. – 607 с.

108. *Зигель А.* Модели группового поведения в системе «человек – машина» (с учетом психосоциальных и производственных факторов) : пер. с англ. / А. Зигель, Дж. Вольф ; под ред. Г. Е. Журавлева. – М. : Мир, 1973. – 263 с.

109. *Ивахненко А. Г.* Долгосрочное прогнозирование и управление сложными системами / А. Г. Ивахненко. – Киев : Техніка, 1975. – 311 с.

110. *Ивахненко А. Г.* Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем / А. Г. Ивахненко. – Киев : Наук. думка, 1982. – 296 с.

111. *Ивахненко А. Г.* Метод группового учета аргументов – конкурент метода стохастической аппроксимации / А. Г. Ивахненко // Автоматика, 1968. – № 3. – С. 57–63.

112. *Ивахненко А. Г.* Принятие решений на основе самоорганизации / А. Г. Ивахненко, Ю. П. Зайченко, В. Д. Димитров. – Советское радио, 1976. – 280 с.

113. *Ивахненко А. Г.* Самоорганизация прогнозирующих моделей / А. Г. Ивахненко, Й. К. Мюллер. – Киев : Техніка, 1985 ; Берлин : ФЭБ Ферлаг Техник, 1984. – 223 с.

114. *Ивашкин Ю. А.* Структурный анализ и синтез систем человеко-машинных систем управления производством / Ю. А. Ивашкин // Приборы и системы управления, 1978. – № 7. – С. 4.

115. *Игошин В. И.* Математическая логика и теория алгоритмов / В. И. Игошин. – 2-е изд., стер. – М. : Академия, 2008. – 448 с.

116. *Инамов Д. Д.* Введение квалиметрического подхода в национальную систему образования / Д. Д. Инамов // Актуальные вопросы современной педагогики : материалы IV Междунар. науч. конф. (Уфа, нояб. 2013 г.). – Уфа : Лето, 2013. – С. 160–162.

117. Интервью с профессором Г. Хакеном // Вопросы философии. – 2000. – № 3. – С. 53–61.

118. *Камишин В. В.* Актуальні проблеми кількісної міри обдарованості / В. В. Камишин // Вісник Прикарпатського університету. – 2014. – Вип. 51. – С. 144–147.

119. *Камишин В. В.* Дефазифікація бальних шкал для отримання коефіцієнтів бажаності їх оцінок / В. В. Камишин // Освіта та розвиток обдарованої особистості. – 2013. – № 11 (18). – С. 53–60.

120. *Камишин В. В.* Методи і моделі управління розвитком академічної обдарованості : монографія / В. В. Камишин, О. М. Рева. – Київ : ІОД НАПН України, 2018. – 266 с.

121. *Камишин В. В.* Методи системного аналізу у кваліметрії навчально-виховного процесу : монографія / В. В. Камишин, О. М. Рева. – Київ : Інформаційні системи, 2012. – 270 с.

122. *Камишин В. В.* Рекомендації та алгоритми управління навчальним процесом з урахуванням основних домінант та рівнів домагань студентів / В. В. Камишин // Освіта та розвиток обдарованої особистості. – 2014. – № 4. – С. 52–59.

123. *Камишин В. В.* Розробка структурної моделі системно-інформаційної кваліметрії в управлінні розвитком академічної обдарованості / В. В. Камишин, О. М. Рева, К. Ю. Трушковський // Освіта та розвиток обдарованої особистості. – 2016. – № 12. – С. 5–11.

124. *Камишин В. В.* Системно-інформаційна технологія встановлення основних домінант у мотивації студентів для закритої задачі прийняття рішень щодо пропусків занять / В. В. Камишин // Інформаційні технології і

засоби навчання. – 2014. – Т. 39. – № 1. – С. 66–74. – URL : <http://journal.iitta.gov.ua>.

125. *Камишин В. В.* Системно-інформацій-ний аналіз ефективності шкал кваліметрії академічної обдарованості / В. В. Камишин // Проблеми інформатизації та управління. – 2013. – Вип. 2. – С. 45–55.

126. *Камишин В. В.* Системно-кіберне-тичні основи організації простору знань у дидактиці в умовах інформаційного буму / В. В. Камишин, О. М. Рева, Н. А. Добровольська // Вища школа : науково-практичне видання. – 2016. – № 9. – С. 103–117.

127. *Камишин В. В.* Теоретико-методологічні основи системно-інформаційної кваліметрії в управлінні навчально-виховним процесом : автореф. дис. ... д-ра педагог. наук: 13.00.06 / В. В. Камишин. – Київ, 2014.

128. *Камишин В. В.* Теоретична модель кваліметричного прогнозування розвитку академічної обдарованості / В. В. Камишин, О. М. Рева // Освіта та розвиток обдарованої особистості. – 2016. – № 2. – С. 13–20.

129. *Камишин В. В.* «Трикутник ризиків» у процедурах виявлення можливості опанування навчальними дисциплінами / В. В. Камишин, А. М. Панасюк, О. М. Рева // Навчання і виховання обдарованої дитини: теорія та практика. – 2012. – Вип. 8. – С. 154–161.

130. *Карпенко А. П.* Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой / А. П. Карпенко. – М. : МТГУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 446 с.

131. *Карпов В. В.* Инвариантная модель интенсивной технологии обучения при многоступенчатой подготовке в вузе / В. В. Карпов, М. Н. Катханов. – М. ; СПб. : Исследовательский центр проблем качества образования, 1992. – 142 с.

132. *Кини Р. Л.* Принятие решений при многих критериях : предпочтения и замещения / Р. Л. Кини, Х. Райфа ; пер. с англ. ; под ред. И. Ф. Шахнова. – М. : Радио и связь, 1981. – 560 с.

133. *Кириллов В. И.* Кваліметрія і системний аналіз : учеб. пособие / В. И. Кириллов. – Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2011. – 440 с.

134. *Кігель В. Р.* Методи і моделі підтримки прийняття рішень у ринковій економіці : монографія / В. Р. Кігель. – Київ : ЦУЛ, 2003. – 202 с.

135. *Клиланд Д.* Системный анализ и целевое управление / Д. Клиланд, В. Кинг ; пер. с англ. М. М. Горяинова, А. В. Горбунова ; под ред. И. М. Верещагина. – М. : Сов. радио, 1974. – 280 с.

136. *Клир Дж.* Системология: Автоматизация решения системных задач / Дж. Клир ; пер. с англ. М. А. Зуева ; под ред. А. И. Гор-лина. – М. : Радио и связь, 1990. – 544 с.

137. *Клопченко В. С.* Методология и теория прогнозирования в образовании / В. С. Клопченко. – Ч. I. – М. : МПА-ПРЕСС, 2006. – 187 с.; Ч. II. – М. : МПА-ПРЕСС, 2006. – 175 с.

138. *Кнорринг В. И.* Теория, практика и искусство управления /

В. И. Кнорринг. – М. : Норма-Инфра, 2001. – 528 с.

139. *Кнут Д.* Искусство программирования. – Т. 1. Основные алгоритмы = The Art of Computer Programming, Vol. 1. Fundamental Algorithms / Д. Кнут. – 3-е изд. – М. : Вильямс, 2006. – С. 720.

140. *Кови С. Р.* Семь навыков высокоэффективных людей: мощные инструменты развития личности / С. Р. Кови ; пер. с англ. – М. : Альпина Бизнес Букс, 2009. – 374 с.

141. *Козелецкий Ю.* Психологическая теория решений : пер. с польск. Г. Е. Минца, В. Н. Поруса / Ю. Козелецкий ; под ред. Б. В. Бирюкова. – М. : Прогресс, 1979. – 504 с.

142. Компетентнісний підхід у сучасній освіті: світовий досвід та українські перспективи / Н. М. Бібік, Л. С. Ващенко, О. І. Локшина [та ін.] // Бібліотека з освітньої політики ; за заг. ред. О. В. Овчарук. – Київ : К.І.С., 2004. – 112 с.

143. Контроль факторов угрозы и ошибок (КУО) при управлении воздушным движением : Циркуляр ИКАО 314-AN / 178. – Монреаль, Канада, 2008.

144. *Кормен Т. Х.* Алгоритмы: построение и анализ = Introduction to Algorithms / Т. Х. Кормен, Ч. И. Лейзерсон, Р. Л. Ривест, К. Штайн. – 3-е издание. – М. : Вильямс, 2013. – 1328 с.

145. *Костевич Л. С.* Математическое программирование: Информационные технологии оптимальных решений : учеб. пособие / Л. С. Костевич. – Минск : Новое знание, 2003. – 150 с.

146. *Кочубей А.* Едукація як ефективний засіб цілісності навчально-виховного процесу в технічному ВНЗ / А. Кочубей // Нова педагогічна думка. – 2013. – № 1. – Ч. 2. – С. 32–39.

147. *Красильников В. В.* Квалиметрия как теоретическая база оценки качества образования / В. В. Красильников, В. С. Тоискин, А. В. Шумакова. – URL: <http://econf.rae.ru/article/8049>.

148. *Красюк Л. В.* Роль моделювання педагогічних ситуацій у професійній підготовці вчителя-класовода / Л. В. Красюк // Молодий вчений. – 2017. – № 3 (43). – С. 409–413.

149. *Кремень В. Г.* Синергетика в освіті: контекст людиноцентризму / В. Г. Кремень, В. В. Ільїн. – Київ : Пед. думка, 2012. – 368 с.

150. *Купенко В. О.* Педагогічні проекти : навч. посіб. / О. В. Купенко. – Суми : Сумський державний університет, 2015. – 133 с.

151. *Левин К.* Динамическая психология: избранные труды / К. Левин ; под общ. ред. Д. А. Леонтьева и Е. Ю. Патяевой. – М. : Смысл, 2001. – 572 с.

152. *Лейченко С. Д.* Человеческий фактор в авиации / С. Д. Лейченко, А. В. Малышевский, Н. Ф. Михайлик : монография; в 2-х кн. / Кн. 1. – СПб. ; Кировоград, 2006. – 480 с.; Кн. 2. – СПб. – Кировоград, 2006. – 512 с.

153. *Ленгаров А. О.* Условия использования теории катастроф / А. О. Ленгаров // Методы и модели исследования деятельности специалистов

гражданской авиации. – СПб. : АГА, 1997. – С. 43–55.

154. *Лингарт Й.* Процесс и структура человеческого учения / Й. Лингарт. – М. : Прогресс, 1970. – 685 с.

155. *Лобанов Ю. И.* Экспертно-обучающие системы / Ю. И. Лобанов, П. Л. Брусиловский, В. В. Съедин. – М. : НИИ ВШ, 1991. – 71 с.

156. *Лодатко Е. А.* Моделирование педагогических систем и процессов : монография / Е. А. Лодатко. – Славянск : СГПУ, 2010. – 148 с.

157. *Лукьянова М. И.* Психолого-педагогические показатели деятельности школы: критерии и диагностика / М. И. Лукьянова, Н. В. Калинина. – М. : Сфера, 2004. – 208 с.

158. *Львовский Е. Н.* Статистические методы построения эмпирических формул / Е. Н. Львовский. – М. : Высшая школа, 1982. – 224 с.

159. *Макаров В. Д.* Сплайн аппроксимация функций : учеб. пособие для студентов вузов / В. Д. Макаров, В. В. Хлобыстов. – М. : Высшая школа, 1983. – 80 с.

160. *Мандель И. Д.* Кластерный анализ / И. Д. Мандель. – М. : Финансы и статистика, 1988. – 176 с.

161. *Мардахаев Л. В.* Синергетический анализ устойчивого развития воспитательной системы А. С. Макаренко / Л. В. Мардахаев // Вестник высшей школы : Педагогика и психология. – 2014. – № 18. – С. 53–59.

162. *Маркова А. К.* Формирование мотивации учения / А. К. Маркова, Т. А. Матис, А. Б. Орлов. – М. : Просвещение, 1990. – 192 с.

163. *Медведенко О. М.* Прапори катастроф в етіології авіаційних подій / О. М. Рева, О. М. Медведенко, М. Ф. Михайлік // Вісник НАУ. – 2008. – № 3. – С. 99–107.

164. *Месарович М. Д.* Теория иерархических многоуровневых систем / М. Д. Месарович, Д. Мако, И. Такахара. – М. : Мир, 1973. – 344 с.

165. Методи теорії графів у структурно-функціональному аналізі організації діяльності диспетчерської зміни, як невеликої групи авіаційних операторів / О. М. Рева, А. М. Невиніцин, Ю. Ю. Бірюков, Н. А. Савонина // Науковий вісник Херсонської державної морської академії. – 2013. – № 1. – С. 267–275.

166. Методи теорії розпізнавання образів у визначенні однорідності думок викладачів / О. М. Рева, М. В. Сидоров, Л. М. Липчанська, О. В. Висотчина // Наукові праці академії. – Кіровоград : ДЛАУ, 2004. – Вип. VIII. – С. 82–94.

167. Методология построения порталов системы образования / А. Н. Тихонов, А. Д. Иванников, Ю. Л. Ижванов [и др.] // Телематика–2003: труды Всероссийской науч.-метод. конф. – СПб. : СПбГИТМО ; М. : Информика. – URL: http://tm.ifmo.ru/tm2003/db/doc/get_thes.php?id=303.

168. Методы и средства управления процессом обучения в АОС / Ю. И. Лобанов, А. Д. Селиванов, В. В. Съедин, В. С. Токарева ; под общ. ред. В. А. Новикова. – М. : НИИВШ, 1985. – 52 с.

169. *Микляева А. В.* «Трудный класс». Диагностическая и коррекционная работа / А. В. Микляева, П. В. Румянцева. – СПб. : Речь, 2006. – 320 с.

170. *Микляева А. В.* Школьная тревожность: диагностика, коррекция, развитие / А. В. Микляева, П. В. Румянцева. – СПб. : Речь, 2004. – 248 с.

171. *Мифтахутдинова Ф. Р.* Модель процесса формирования качественной культуры / Ф. Р. Мифтахутдинова // Известия ВГТУ. – 2009. – № 9 (57). – С. 91–96.

172. *Михеев В. И.* Моделирование и методы теории измерений в педагогике / В. И. Михеев. – 3-е изд., стереотип. – М. : КомКнига, 2006. – 200 с.

173. *Монахов В. М.* Педагогическое проектирование – современный инструментальный дидактический исследований / В. М. Монахов // Школьные технологии. – 2001. – № 5. – С. 75–89.

174. *Морено Я. Л.* Социометрия: Экспериментальный метод и наука об обществе / Я. Л. Морено; пер. с англ. А. Боковикова; под ред. Р. А. Золотовицкого. – М. : Академический проект, 2001. – 384 с.

175. Мотивация персонала Практические задания (практикум) : учеб. пособие / Ю. Г. Одегов, Г. Г. Руденко, С. Н. Апенько, А. Н. Мерко. – М. : Альфа-Пресс, 2010. – 640 с.

176. *Мудров И.* Задача о коммивояжере / И. Мудров. – М. : Знание, 1969. – 62 с.

177. *Мушик Э.* Методы принятия технических решений / Э. Мушик, П. Мюллер ; пер. с нем. В. М. Ивановой – М. : Мир, 1990. – 208 с.

178. Надежность и эффективность в технике : справочник в 10 т. – Т. 1. Методология. Организация. Терминология / под ред. А. И. Рембезы. – М. : Машиностроение, 1986. – 224 с.

179. Надежность и эффективность в технике : справочник в 10 т. – Т. 3: Эффективность технических систем / под общ. ред. В. Ф. Уткина, Ю. В. Крючкова. – М. : Машиностроение, 1988. – 328 с.

180. *Науман Э.* Принять решение – но как? / Э. Науман ; пер. с нем. – М. : Мир, 1987. – 196 с.

181. *Невельский П. Б.* Объем памяти и количество информации / П. Б. Невельский // Проблемы инженерной психологии. – Вып. 3 : Психология памяти. – Л., 1965. – С. 19–118.

182. *Нечаев Ю. И.* Философские аспекты реализации проблем современной теории катастроф в интегрированной динамической среде / Ю. И. Нечаев // Штучний інтелект. – 2013. – № 3. – С. 6–18.

183. *Нечипоренко В. И.* Структурный анализ систем (Эффективность и надежность) / В. И. Нечипоренко. – М. : Сов. радио, 1977. – 216 с.

184. *Николис Г.* Познание сложного / Г. Николис, И. Пригожин. – М. : Мир, 1990. – 344 с.

185. *Николис Г.* Самоорганизация в неравновесных системах / Г. Николис, И. Пригожин. – М. : Мир, 1979. – 512 с.

186. *Новиков Д. А.* Закономерности итеративного научения / Д. А. Новиков. – М. : ИПУ РАН, 1998. – 77 с.
187. *Новиков Д. А.* Институциональное управление организационными системами / Д. А. Новиков. – М. : ИПУ РАН, 2004. – 68 с.
188. *Новиков Д. А.* Курс теории активных систем / Д. А. Новиков, С. Н. Петраков. – М. : СИНТЕГ, 1999. – 104 с.
189. *Новиков Д. А.* Механизмы функционирования многоуровневых организационных систем / Д. А. Новиков. – М. : Фонд «Проблемы управления», 1999. – 161 с.
190. *Новиков Д. А.* Теория управления организационными системами / Д. А. Новиков. – М. : МПСИ, 2005. – 584 с.
191. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений / А. Н. Борисов, А. В. Алексеев, Г. В. Меркурьева [и др.]. – М. : Радио и связь, 1989. – 304 с.
192. *Овчарова Р. В.* Технологии практического психолога образования : учеб. пособие для студентов вузов и практических работников / Р. В. Овчарова. – М. : Сфера, 2000. – 448 с.
193. Оптимизация профессиональной деятельности инструктора авиационного тренажера : научно-практические рекомендации / под ред. А. Н. Ревы, В. А. Бодрова. – М. : ИПАН, 1990. – 125 с.
194. Організаційна ергономіка: теоретичні основи архітекτονіки професійної підготовки авіаційних операторів «переднього краю» / В. В. Камишин, О. М. Рева, В. А. Шульгін, О. О. Сокурєнко // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINNT–2019) : матеріали XI Міжнар. наук.-практ. конф. (Херсон, 28–30 трав. 2019 р.). – Херсон : ХДМА, 2019. – С. 49–53.
195. Основы инженерной психологии : учеб. для вузов / Б. А. Душков, Б. Ф. Ломов, В. Ф. Рубахин и др.; под ред. Б. Ф. Ломова. – М. : Высш. шк., 1986. – 448 с.
196. Основы социального управления : учеб. пособие / В. Н. Иванов, В. И. Патрушев, А. Г. Гладышев [и др.]. – М. : Высшая школа, 2001. – 271 с.
197. Офіційний вісник України : офіц. вид. від 17.02.2012, № 11, стор. 51, ст. 400, код акту 60376/2012.
198. *Павлов И. П.* Двадцатилетний опыт объективного изучения высшей деятельности (поведения) животных / И. П. Павлов. – М. : Наука, 1973. – 661 с.
199. *Палюх Б. В.* Адаптивная система подготовки и использования электронных учебных материалов в открытом образовании / Б. В. Палюх, В. К. Иванов, А. Ю. Ключкин // Телематика–2002: труды Всероссийской науч.-метод. конф. – СПб. : СПбГИТМО ; М. : Информика, 2002. – С. 320–321.
200. *Паркинсон С. Н.* Законы Паркинсона / С. Н. Паркинсон ; пер. с англ. – М. : Прогресс, 1989. – 448 с.

201. *Пасхин Е. Н.* Архитектура автоматизированной системы обучения ЭКСТЕРН / Е. Н. Пасхин // Проблемы вычислительной математики. – М., 1980. – С. 109–132.
202. Педагогический энциклопедический словарь / гл. ред. Б. М. Бим-Бад. – М. : Большая рос. энцикл., 2002. – 528 с.
203. Педагогічна психологія : навч. посіб. / О. П. Сергєєнкова, О. А. Столярчук, П. Коханова, О. В. Пасєка. – Київ : Центр учбової літ-ри, 2012. – 168 с.
204. Педагогічний словник / за ред. дійсного члена АПН України М. Д. Яремченка. – Київ : Педагогічна думка, 2001. – 514 с.
205. *Перегудов Ф. И.* Введение в системный анализ : учеб. пособие / Ф. И. Перегудов, Ф. П. Тарасенко. – М. : Высшая школа, 1989. – 367 с.
206. *Печников А. Н.* Информационная модель циклической обучающей системы и классификация обратной связи в обучении / А. Н. Печников // Методы и средства кибернетики в управлении учебным процессом высшей школы. – Рига : Риж. политехн. ин-т, 1987. – С. 25–28.
207. *Пиотровский Я.* Теория измерений для инженеров / Я. Пиотровский ; под ред. Р. Н. Овсянникова ; пер. с польск. А. В. Левицкого – М. : Мир, 1989. – 335 с.
208. *Питерс Т.* В поисках эффективного управления / Т. Питерс, Р. Уотерс ; пер. с англ. В. Зотова, Д. Васильева. – М. : Прогресс, 1986. – 423 с.
209. *Пиявский С. А.* Управляемое развитие научных способностей молодежи / С. А. Пиявский. – М. : Академия наук о земле, 2001. – 109 с.
210. Платон. Собрание сочинений в 4 томах. – Т. 1. – СПб. : Изд-во Олега Абышко, 2006.
211. *Платонов К. К.* Основы авиационной психологии: учеб. пособие / К. К. Платонов, Б. М. Гольдштейн. – М. : Транспорт, 1987. – 222 с.
212. *Покровский Б. Л.* Летчику о психологии / Б. Л. Покровский. – 2-е изд. перераб. и доп.. – М. : Воениздат, 1984. – 100 с.
213. *Пономаренко В. А.* Практическая психология. Проблемы безопасности летного труда / В. А. Пономаренко, Н. Д. Завалова. – М. : Наука, 1994. – 204 с.
214. *Попов Б. А.* Равномерное приближение сплайнами / Б. А. Попов. – Киев : Наукова думка, 1989. – 372 с.
215. *Постон Т.* Теория катастроф и ее приложения / Т. Постон, И. Стюарт. – М. : Мир, 1980. – 607 с.
216. *Пригожин И.* Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой / И. Пригожин, И. Стенгерс. – М. : Прогресс, 1986. – 426 с.
217. *Приставка П. О.* Методи та алгоритми обробки вимірювань з використанням лінійних комбінацій В-сплайнів: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.06 / П. О. Приставка. – Київ : НАУ, 2005. – 34 с.
218. *Присяжная А.* Педагогическое прогнозирование в системе непрерывного педагогического образования(методология, теория, практика):

дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.08 / А. Ф. Присяжная. – Челябинск, 2006. – 380 с.

219. Процедура фазифікації / дефазифікації балів шкал оцінювання / В. В. Камишин, О. М. Рева, Л. М. Макаренко, О. М. Медведенко // Електроніка та системи управління. – 2012. – № 3 (33). – С. 53–62.

220. Психология подростка: практикум / под ред. А. А. Реана. – СПб. : Прайм-Еврознак, 2003. – 128 с.

221. Психология труда / П. Крбатя, Й. Мюллер [и др.] ; общ. ред. и предисл. К. К. Платонова ; пер. со словац. – М. : Профиздат, 1979. – 216 с.

222. *Регуш Л. А.* Психология прогнозирования: успехи в познании будущего / Л. А. Регуш. – СПб. : Речь, 2003. – 352 с.

223. Рабочая книга по прогнозированию / под ред. И. В. Бестужева-Лады. – М. : Мысль, 1982. – 430 с.

224. *Растрингин Л. А.* Адаптивное обучение с моделью обучаемого / Л. А. Растрингин, М. Х. Эренштейн. – Рига : Зинатне, 1988. – 160 с.

225. *Рева А. Н.* Информационные цепи в исследовании летной деятельности / А. Н. Рева, А. А. Комаров, К. М. Тумышев // Методы управления системной эффективностью электрифицированных и пилотажно-навигационных комплексов : тезы докл. II Междунар. науч.-практ. конф. (Киев, 18–21 мая 1993 г.). – Киев : КИИГА, 1993. – С. 71–72.

226. *Рева А. Н.* Модель подготовки и прогнозирования уровня обученности пилотов / А. Н. Рева, В. Д. Михайлов // Проблемы применения технических средств в формировании профессиональных навыков при первоначальной подготовке летного состава: тезы докл. Всесоюзн. науч.-практ. конф. (Актюбинск, 11–12 декабря 1986 г.). – Актюбинск : АВЛУГА, 1986. – С. 11–12.

227. *Рева А. Н.* Показатели структурной эффективности организации диспетчерской смены как малой группы авиационных операторов / А. Н. Рева, С. Д. Кульназаров // Перспективы развития гражданской авиации и подготовка высококвалифицированных кадров: I Междунар. конф. : сб. тр. (Алматы, 18–22 сент. 2000 г.). – Алматы, 2000. – Ч. I. – С. 83–92.

228. *Рева А. Н.* Прогнозирование уровня профессиональной обученности пилотов, надежности их действий и безопасности полетов / А. Н. Рева, В. А. Свиркин // Методы и средства оценки уровня безопасности полетов гражданских воздушных судов: сб. науч. тр. – Киев : КИИГА, 1985. – С. 74–80.

229. *Рева А. Н.* Риск, конфликт и неопределенность в процессе принятия решений оператором авиационной эргатической системы / А. Н. Рева // Методы управления системной эффективностью функционирования электрофицированных и пилотажно-навигационных комплексов : тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. (Киев, 18–21 мая 1993 г.). – Киев : КМУГА, 1993. – С. 76–77.

230. *Рева А. Н.* Эффективность организации коммуникаций в системе аэронавигационного обслуживания полетов (на примере Красноярского

центра обслуговування воздушного движенья) / А. Н. Рева, И. М. Устименко, В. Н. Колтаков // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2013. – № 7. – С. 215–226.

231. *Рева А. Н.* Человеческий фактор и безопасность полетов (Проактивное исследование влияния) : монография / А. Н. Рева, К. М. Тумышев, А. А. Бекмухамбетов ; науч. ред. А. Н. Рева, К. М. Тумышев. – Алматы, 2006. – 242 с.

232. *Рева О. М.* Виявлення основних домінант в мотивації студентів на пропуски занять / О. М. Рева, В. В. Камишин, А. М. Панасюк // Вісник Національного авіаційного університету. – 2010. – Вип. 3. – С. 55–61. – (Серія: «Педагогіка. Психологія»).

233. *Рева О. М.* Виявлення основної домінанти в мотивації студентів на множині рівнів навчальних досягнень / О. М. Рева, І. А. Добрянський, Д. Л. Марченко // Проблеми освіти. – 2010. – Вип. 63. – Ч. 1. – С. 29-35.

234. *Рева О. М.* До основ системного аналізу в педагогіці: класифікаційні ознаки задач прийняття рішень в навчально-виховному процесі / О. М. Рева, С. О. Дудник, О. В. Сіроштан // Проблеми освіти. – 2007. – Вип. 53. – С. 68–75.

235. *Рева О. М.* Ергономічна кваліметрія відповідності алгоритмів управління дидактичними процесами здібностям педагогічного працівника / О. М. Рева, В. В. Камишин, К. Ю. Трушковський // Навчання і виховання обдарованої дитини: теорія і практика. – 2016. – Вип. 2. – С. 27–39.

236. *Рева О. М.* Ергономічні основи початкової професійної підготовки пілотів: автореф. дис. ... д-р техн. наук: 05.22.14 / О. М. Рева. – Київ : КМУЦА, 1996. – 44 с.

237. *Рева О. М.* Загальна характеристика процесів прийняття рішень в гуманістичних системах : Тексти лекцій з курсу «Основи теорії прийняття рішень» для студентів денної форми навчання спеціальності 7.050108 «Маркетинг» / О. М. Рева. – Кіровоград : КІК, 2001. – 32 с.

238. *Рева О. М.* Інноваційний підхід до вдосконалення зовнішнього незалежного оцінювання / О. М. Рева, В. В. Камишин, Н. А. Добровольська // Педагогічні інновації: ідеї, реалії, перспективи. – 2016. – Вип. 1. – С. 37–53.

239. *Рева О. М.* Кількісна і лінгвістична відповідність рівнів сформованості компетентності студентів / О. М. Рева, В. В. Камишин, О. В. Тімець // Навчання і виховання обдарованої дитини: теорія і практика. – 2010. – Вип. 14. – С. 88–101.

240. *Рева О. М.* Колективні рішення у невеликій групі авіаційних операторів : конспект лекцій з курсу «Основи теорії прийняття рішень» / О. М. Рева. – Кіровоград : ДЛАУ, 1998. – 33 с.

241. *Рева О. М.* Лінгвістично-статистичний підхід до формування відповідей респондентів на тестові завдання / О. М. Рева, Л. М. Макаренко, Р. П. Бідненко // Людський чинник у транспортних системах: матеріали II Міжнар. наук. конф. (Київ, 2–3 черв. 2010 р.). – Київ, 2010. – С. 51–52.

242. *Рева О. М.* Методи прикладної теорії інформації в оцінці ефективності структурної організації невеликої групи авіаційних операторів / О. М. Рева, Н. В. Борота // Вісник Київського міжнародного ун-ту цивільної авіації. – Київ : КМУЦА, 1999. – № 2. – С. 272–278.

243. *Рева О. М.* Методи розпізнавання образів у оцінюванні компетентності викладачів щодо пріоритетності індикаторів мотивів їхньої праці / О. М. Рева, І. М. Суворова // Управління проектами, системний аналіз і логістика. – 2009. – Вип. 6. – С. 208–216.

244. *Рева О. М.* Методика побудови оціночної функції корисності рівня академічної успішності / О. М. Рева, В. В. Камишин // Проектування розвитку та психолого-педагогічного супроводу обдарованої особистості : матеріали III Всеукр. наук.-практ. конф. (сміт Підволочиськ, 27–28 квіт. 2011 р.). – Київ : ІОД НАПН, 2011. – С. 23–27.

245. *Рева О. М.* Мікропідхід в моделі професійної підготовки та прогнозування техніки пілотування / О. М. Рева // Наукові праці академії. – Вип. V. – Ч. I. – Кіровоград : ДЛАУ, 2000. – С. 170–188.

246. *Рева О. М.* Модель проблемної ситуації в системах управління повітряним рухом / О. М. Рева, Г. М. Селезньов // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2008. – № 6. – С. 30–35.

247. *Рева О. М.* Однокрокові методи рішення задач з векторним показником ефективності : метод. вказівки з курсу «Основи теорії прийняття рішень» / О. М. Рева. – Кіровоград : ДЛАУ, 1996. – 23 с.

248. *Рева О. М.* Оцінка ефективності структурної організації екіпажів повітряних суден як невеликих груп операторів / О. М. Рева, С. А. Іванов, І. В. Коцарь, Я. В. Лішанков // Наукові праці академії. – Вип. V. – Ч. I. – Кіровоград : ДЛАУ, 2000. – С. 240–251.

249. *Рева О. М.* Оцінка ефективності функціональної організації диспетчерської зміни методами теорії графів / О. М. Рева, С. Д. Кульназаров, Б. Ф. Сагун [та ін.] // Наукові праці академії. – Кіровоград, 1998. – Вип. III. – Ч. II. : Моделювання та управління в аеронавігаційних системах. – С. 30–35.

250. *Рева О. М.* Оцінка структурної ефективності служби руху (на прикладі Красноярського центра обслуговування повітряного руху) / О. М. Рева, В. І. Вдовиченко, І. М. Устименко // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2012. – № 10. – С. 176–186.

251. *Рева О. М.* Пілотна апробація методу аналізу ієрархій для встановлення коефіцієнтів бажаності оцінок 12-бальної шкали / О. М. Рева, В. В. Камишин, Н. А. Добровольська // Обдаровані діти – інтелектуальний потенціал держави : матеріали IX Міжнар. наук.-практ. конф. (Чорноморськ, 11–17 лип. 2016 р.). – Київ : ІОД НАПН України, 2016. – С. 25–29.

252. *Рева О. М.* Принципи системного підходу до вдосконалення навчально-виховного процесу у ВНЗ / О. М. Рева, О. В. Сіроштан, С. О. Дудник // Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании – 2007 : сб. науч. тр. по материалам

Международ. науч.-практ. конф. (Одесса, 15–25 дек. 2007 г.). – Одесса : Черноморье, 2007. – Т. 15. Педагогика, психология и социология. – С. 78–82.

253. *Рева О. М.* Проблемы урахування успішності шкільного навчання абітурієнтів в показниках зовнішнього незалежного оцінювання / О. М. Рева, В. В. Камишин, Н. А. Добровольська // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2016) : матеріали VIII Міжнар. наук.-практ. конф. (Херсон, 24–26 трав. 2016 р.). – Херсон : ХДМА, 2016. – С. 70–76.

254. *Рева О. М.* Проблеми формування у пілота навичок долання наслідків відмов авіаційної техніки в режимі синхронного генератора / О. М. Рева, С. О. Дмитрієв, О. М. Дмитрієв // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2009. – № 2. – С. 97–102.

255. *Рева О. М.* Процедури та алгоритми побудови оціночних функцій корисності характеристик навчально-виховного процесу для його учасників / О. М. Рева, Д. Л. Марченко // Современные направления теоретических и прикладных исследований – 2008 : сб. науч. тр. по материалам Международ. науч.-практ. конф. (Одесса, 15–25 март. 2008 г.). – Одеса : Черноморье, 2008. – Т. 18: Педагогика, психология и социология. – С. 37–43.

256. *Рева О. М.* Розвиток процедур застосування методів розпізнавання образів для визначення маргинальності думок учасників навчально-виховного процесу / О. М. Рева, О. В. Тімець // Вища освіта України. – Додаток 4. – Т. III, 2009. – Тематич. вип. «Вища освіта України в контексті інтеграції до європейського освітянського простору». – С. 459–470.

257. *Рева О. М.* Теоретичні засади виявлення ставлення студентів до результатів навчання / О. М. Рева, Д. Л. Марченко, С. О. Дудник // Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании – 2007 : сб. науч. тр. по материалам Международ. науч.-практ. конф., (Одесса, 15–25 дек. 2007 г.). – Одесса : Черноморье, 2007. – Т. 15: Педагогика, психология и социология. – С. 68–75.

258. *Родигіна І. В.* Компетентнісний підхід в освіті: синергетичний вимір / І. В. Родигіна // Наукова скарбниця освіти Донеччини. – 2014. – № 1. – С. 44–49.

259. *Рудашевский В. Д.* Риск, конфликт и неопределенность в процессе принятия решений и их моделирование / В. Д. Рудашевский // Вопросы психологии. – 1974. – № 2. – С. 84–94.

260. Руководство по предотвращению авиационных происшествий : Док. ИКАО 9422 – AN / 923. – Монреаль, Канада, 1984. – 144 с.

261. *Сагитова Н. С.* Квалитативная составляющая дополнительной профессиональной подготовки / Н. С. Сагитова // Кадровое обеспечение инновационных процессов в экономике и образовании России : материалы IX Всерос. конф. (Казань, 10–11 окт. 2008 г.). – Казань, 2008. – С. 251–254.

262. *Садовский В. Н.* Задачи, методы и приложения общей теории систем / В. Н. Садовский, Э. Г. Юдин // Исследования по общей теории систем. – М. : Прогресс, 1969. – С. 3–23.

263. Салливан Б. Эффект плато. Как преодолеть застой и двигаться дальше / Б. Салливан и Х. Томпсон ; пер. с англ. П. Миронова. – М. : Манн, Иванов и Фербер, 2014. – 320 с.

264. Санченко Є. М. Поняття ключових компетенцій у змісті освіти зарубіжних країн: постановка проблеми / Є. М. Санченко // Науковий вісник Донбасу. – 2010. – № 3. – URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvd_2010_3_7.

265. Свиридов А. П. Введение в статическую теорию обучения и контроля знаний / А. П. Свиридов. – М., 1974. – Ч. 2 – 152 с.

266. Северцев Н. А. Надежность сложных систем в эксплуатации и отработке : учеб. пособие / Н. А. Северцев. – М. : Высшая школа, 1989. – 432 с.

267. Синергетика і освіта : монографія / за ред. В. Г. Кременя. – Київ : Інститут обдарованої дитини, 2014. – 348 с.

268. Синергетика особистісно-орієнтованого розвитку академічної обдарованості / В. В. Камишин, О. М. Рева, Є. А. Бурдельна, К. Ю. Трушковський // Освіта та розвиток обдарованої особистості. – 2019. – № 1 (72). – С. 53–62.

269. Сіроштан О. В. Сучасні проблеми кваліметрії навчально-виховного процесу / О. В. Сіроштан // Наукові праці академії. – Кіровоград : ДЛАУ, 2005. – Вип. IX. – С. 151–163.

270. Словарь иностранных слов. – 18-е изд., стер. – М. : Русский язык, 1989. – 624 с.

271. Смирнов Б. А. Определение характеристики оперативной памяти / Б. А. Смирнов // Психологические механизмы памяти и ее закономерности в процессе обучения : материалы I Всесоюз. симпоз. по психологии памяти. – Харьков, 1970. – С. 225–228.

272. Современное социальное управление : курс лекций / В. Н. Иванов, В. И. Патрушев, А. О. Доронин и др. – М., 2000. – С. 91–107.

273. Соловов А. В. Электронное обучение: проблематика, дидактика, технология. – Самара : Новая технология, 2006. – 462 с.

274. Сорокин П. Человек. Цивилизация. Общество / П. Сорокин. – М. : Политиздат, 1992. – 542 с.

275. Сплайн-модель формирования профессиональных навыков у авиационных операторов / А. Н. Рева, С. П. Борсук, Б. М. Мирзоева, В. В. Камышин // Elmi məstuaələr: Jurnal Milli Aviasiya Akademiyasının. – Bakı, unvar–mart 2013. – Cild. 15. – № 1. – С. 89–97.

276. Справочник по инженерной психологии / под ред. Б. Ф. Ломова. – М. : Машиностроение, 1982. – 368 с.

277. Стечкин С. Б. Сплайны в вычислительной математике / С. Б. Стечкин, Ю. Н. Субботин. – М. : Наука, 1976. – 248 с.

278. Структурно-функціональний аналіз організації діяльності диспетчерської зміни як невеликої групи авіаційних операторів / О. М. Рева, А. М. Невиніцин, Ю. Ю. Бірюков, Н. А. Савонина // Сучасні інформаційні та

інноваційні технології на транспорті (MINNT-2013) : зб. матеріалів V Міжнар. наук.-практ. конф. (Херсон, 28-30 травня 2013 р.): у 2-х т. – Т. 2. – Херсон : ХДМА, 2013. – С. 27–31.

279. *Субетто А. И.* Введение в квалиметрию высшей школы. – Кн. 1. Общие основания квалиметрии высшей школы / А. И. Субетто. – М. : Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 1991. – 84 с.

280. *Субетто А. И.* Квалиметрия человека и образования / А. И. Субетто. – М. : Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2006. – 97 с.

281. *Супес П.* Основы теории измерений / П. Супес, Р. Зинес // Психологические измерения. – М. : Мир, 1967. – С. 9–110.

282. *Суходольский Г. В.* Организационная психология / Л. А. Верещагина, П. К. Власов, И. М. Карелина, Л. А. Киселева, С. Г. Тарасов, Г. В. Суходольский. – Харьков : Гуманитарный центр, 2004. – 256 с.

283. *Таран В. А.* Эргатические системы управления (оценки качества эргатических процессов) / В. А. Таран. – М. : Машиностроение, 1976. – 188 с.

284. *Темников Ф. Е.* Высокоорганизованные системы / Ф. Е. Темников // Большие системы: Теория, методология, моделирование. – М. : Наука, 1971. – С. 85–94.

285. Теория и эксперимент в анализе труда операторов / под ред. В. Ф. Венды, В. А. Вавилова. – М. : Наука, 1983. – 332 с.

286. Теория систем и методы системного анализа в управлении и связи / В. Н. Волкова, В. А. Воронков, А. А. Денисов [и др.]. – М. : Радио и связь, 1983. – 248 с.

287. *Тесленков О. Ю.* Педагогічні умови формування професійної самоорганізації майбутніх вчителів фізичного виховання : автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / О. Ю. Тесленков. – Одеса : Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського, 2017.

288. *Титов С. А.* Образование в точке бифуркации / С. А. Титов // Общественные науки и современность. – 2010. – № 4. – С. 73–81.

289. *Ткаченко Л.* Педагогічні умови розвитку особистості в системі «учитель – учень»: контекст синергетики / Л. Ткаченко // Навчання і виховання обдарованої дитини. – 2015. – Вип. 1. – С. 101–109.

290. *Толочек В. А.* Современная психология труда : учеб. пособие / В. А. Толочек. – СПб. : Питер, 2009. – 479 с.

291. *Торндайк Э.* Принципы обучения, основанные на психологии. Психология как наука о поведении / Э. Торндайк, Дж. Б. Уотсон. – М. : АСТ-ЛТД, 1998 – 704 с.

292. *Украинцев С. В.* К использованию модифицированного фильтра Калмана для оценки параметров движения летательного аппарата / С. В. Украинцев // Авиационная эргономика: сб. науч. тр. – Киев : КНИГА, 1979. – С. 114–116.

293. Уточненная аналитическая модель описания проблемной ситуации в аэронавигационных системах / А. Н. Рева, С. П. Борсук, Б. М. Мирзоев, П. Ш. Мухтаров // *Elmi məsələlər: Jurnal Milli Aviasiya Akademiyasının – Bakı, İyul – Sentyabr 2015.* – Child 17-3. – С. 24–31.

294. *Фанмер Р. М.* Энциклопедия современного управления. в 5 т. Т. 1. – М. : ВИПКэнерго, 1992. – С. 152.

295. *Федорова М. А.* Педагогическая синергетика как основа моделирования и реализации деятельности преподавателя высшей школы : автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.08 / М. А. Федорова. – Ставрополь : СГУ, 2004.

296. Философия науки: Словарь основных терминов. – М. : Академический проект, 2004. – 320 с.

297. *Філософський енциклопедичний словник / В. І. Шинкарук (голова редкол.) та ін.* – Київ : Абрис, 2002. – 742 с.

298. *Фіцула М. М.* Педагогіка : посібник / М. М. Фіцула. – Київ : Академія, 2002. – 528 с.

299. *Фон Нейман Дж.* Теория игр и экономическое поведение / Фон Дж. Нейман, О. Моргенштерн. – М. : Наука, 1970. – 708 с.

300. *Франкл В. Э.* Человек в поисках смысла / В. Э. Франкл ; пер. с англ. та нем. – М. : Прогресс, 1990. – 368 с.

301. *Хакен Г.* Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам / Г. Хакен. – М. : Мир, 1991. – 240 с.

302. *Хакен Г.* Принципы работы головного мозга: Синергетический подход к активности мозга, поведению и когнитивной деятельности / Г. Хакен. – М. : ПЕР СЭ, 2001. – 353 с.

303. *Хакен Г.* Синергетика: Иерархии неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах / Г. Хакен. – М. : Мир, 1985. – 424 с.

304. *Хакен Г.* Тайны природы. Синергетика: учение о взаимодействии / Г. Хакен. – М. – Ижевск : ИКИ, 2003. – 320 с.

305. *Хапланов Н. Л.* Информационно-справочный портал дистанционного образования: математическая модель / Н. Л. Хапланов // *Телематика-2002: труды Всероссийской науч.-метод. конф.* – СПб. : СПбГИТМО, М. : Информика, 2002. – С. 89–90.

306. Характеристика ергатичної системи «інструктор – авіаційний тренажер – льотний екіпаж» / О. М. Рева, О. М. Дмитрієв, О. М. Медведенко, О. Я. Било // *Авіаційно-космічна техніка і технологія.* – 2009. – № 7. – С. 175–187.

307. *Хведченя Л. В.* Педагогическая квалиметрия в системно-формирующем контексте / Л. В. Хведченя // *Адукацыя і выхаванне.* – 2017. – № 2. – С. 51–58.

308. *Хекхаузен Х.* Психология мотивации достижения / Х. Хекхаузен ; пер. с англ. – СПб. : Речь, 2001. – 256 с.

309. *Хтун Х. Н.* Формирование умений самоорганизации у студентов-химиков на основе синергетического подхода: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.08 / Х. Н. Хтун. – Курск : КГУ, 2015.

310. *Хуторської А.* Ключові освітні компетентності / А. Хуторської // Відкритий урок : розробки, технології, досвід. – 2008. – № 6. – С. 47–50.

311. *Хуторской А. В.* Кому и для чего нужна дидактика: к вопросу о заказчиках научных исследований // Классическая дидактика и современное образование / под ред. И. В. Шалыгиной, Ю. Е. Шабалина. – М. : Садовое кольцо, 2007.

312. *Цвиркун А. Д.* Структура многоуровневых и крупномасштабных систем. Синтез и планирование развития / А. Д. Цвиркун, В. К. Акинфиев. – М. : Наука, 1993. – 160 с.

313. *Циба В. Т.* Основи теорії кваліметрії : навч. посіб. / В. Т. Циба. – Київ : ІЗМН, 1997. – 160 с.

314. Человеческий фактор : в 6 т. Т.1. Эргономика – комплексная научно-техническая дисциплина / Ж. Кристенсен, Д. Мейстер, П. Фоули [и др.]; под ред. Г. Салвенди ; пер. с англ. – М. : Мир, 1991. – 599 с.

315. Человеческий фактор в управлении и организации : сборник материалов № 10 – Циркуляр ИКАО 247-АН / 148. – Монреаль, Канада, 1993. – 47 с.

316. *Черчмен У.* Введение в исследование операций / У. Черчмен, Р. Акофф, Л. Арноф ; пер. с англ. – М. : Наука, 1968. – 486 с.

317. Чуев Ю. В. Прогнозирование количественных характеристик процессов / Ю. В. Чуев, Ю. Б. Михайлов, В. И. Кузьмин. – М. : Советское радио, 1975. – 400 с.

318. *Шапарь В. Б.* Практическая психология. Психодиагностика групп и коллективов : учеб. пособие / В. Б. Шапарь. – Ростов/нД : Феникс, 2006. – 448 с.

319. *Шаронин Ю. В.* Синергетика в управлении учреждениями образования / Ю. В. Шаронин // Высшее образование. – 1999. – № 4. – С. 14–18.

320. *Шатковська Г. І.* Синергетика як метод дослідження складних відкритих систем / Г. І. Шатковська // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. – 2009. – С. 331–334. – (Серія «Педагогічна»).

321. *Шегда А. В.* Менеджмент : навч. посіб. / А. В. Шегда. – Київ : Знання, 2002. – 583 с.

322. *Шелевицький І. В.* Слайни в цифровій обробці даних і сигналів / І. В. Шелевицький, М. О. Шутко, В. М. Шутко, О. О. Колганова. – Кривий Ріг : Видавничий дім, 2008. – 232 с.

323. *Шкатулла В.* Перераспределение полномочий между органами управления образованием / В. Шкатулла // Народное образование. – 2008. – № 9. – С. 87–90.

324. *Шеридан Т. Б.* Системы человек-машина: модели обработки информации, управления и принятия решений человеком-оператором / Т. Б. Шеридан, У. Р. Феррел ; под ред. К. В. Фролова ; пер. с англ. – М. : Машиностроение, 1980. – 400 с.

325. *Шеффе Г.* Дисперсионный анализ : пер. с англ. / Г. Шеффе. – М. : Наука, 1980. – 532 с.

326. *Шибанов Г. П.* Количественная оценка деятельности человека в системах «человек – техника» / Г. П. Шибанов. – М. : Машиностроение, 1983. – 263 с.

327. *Шмоніна Т. А.* Сучасні підходи до розуміння поняття «педагогічні умови» / Т. А. Шмоніна, І. Г. Глухов // Педагогічні науки : зб. наук. пр. – Вип. 59. – Херсон : ХДУ, 2011. – С. 65–68.

328. *Шрейдер Ю. А.* Экспертные системы: их возможности в обучении // Вестник высшей школы. – 1987. – № 2. – С. 14–19.

329. *Шульгін В. А.* Інформаційні ланцюги постійного струму у моделях діяльності льотного екіпажу / В. А. Шульгін // Комунальне господарство міст : наук.-техн. зб. – Харків : ХНАМГ, 2013. – № 109. – С. 167–179. – (Серія «Технічні науки і архітектура»).

330. *Шурдукова Т. И.* Экипаж воздушного судна как социальная группа / Т. И. Шурдукова // Научный Вестник МГУ ГА. – 2011. – № 167. – С. 110–116.

331. Экспериментальная психология : сб. статей / под ред. П. Фресса и Ж. Пиаже. – М. : Прогресс, 1973. – Вып. 4. – 342 с.

332. *Эстес В. К.* Статические модели способностей человека-наблюдателя вспоминать и опознавать возбуждающие ответы / В. К. Эстес // Самоорганизующиеся системы. – М., 1964. – С. 50–64.

333. *Юсов В. Т.* Психолого-педагогические аспекты обеспечения безаварийности полетов (предотвращение летных происшествий) в авиационных частях / В. Т. Юсов. – М. : Воениздат, 1993.

334. *Ясвин В. А.* Образовательная среда: от моделирования к проектированию / В. А. Ясвин. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Смысл, 2001. – 366 с.

335. *Янбых Г. Ф.* Проектирование структуры отраслевой сети вычислительных центров / Г. Ф. Янбых, Г. Ф. Этингер. – Л. : Энергия. 1974. – 104 с.

336. *Яценко Н. Е.* Толковый словарь обществоведческих терминов / Н. Е. Яценко. – СПб. : Лань, 1999. – 524 с.

337. *Borsuk S. P.* Adaptation of trainers: monograph / S. P. Borsuk. – Kyiv : NAU, 2012. – 128 p.

338. *Brusilovsky P.* Adaptive and intelligent technologies for web-based education / In C. Rollinger and C. Peylo (eds.) // Special Issue on Intelligent Systems and Teleteaching, Konstantliche Intelligenz. – Pittsburgh : Carnegie Mellon University, Carnegie Technology Education and Human-Computer Interaction Institute, 1999. – Vol. 4. – P. 19–25.

339. *Brusilovsky P.* Methods and techniques of adaptive hypermedia. User Modeling and User-Adapted Interaction. – Pittsburgh: Carnegie Mellon University, School of Computer Science, 1996. – Vol. 6 (2–3). – P. 87–129.
340. *Ebbinghaus H.* Uber das Gedachtnis; Untersuchungen zur experimentellen – Psychologie. – Leipzig: Duncker u. Humblot, 1885. – 169 p.
341. *Homans G. C.* Social behavior: Its elementary forms. – N.Y., 1974.
342. *Hendrick H.* Ergonomics in organization and management / H. Hendrick // Ergonomics. – 1991. – Vol. 34. – № 6. – P. 743–756.
343. URL:
<https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%82%D0%B5%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%8F>
344. *Hull C. L.* Principles of behavior. An introduction to behavior theory / C. L. Hull. – New York: Appleton-Century-Crofts, 1943. – 284 p.
345. *Krueger W.C. F.* The effect of overlearning on retention / W.C. F. Krueger // Journal Experimental Psychol. – 1929. – No. 12. – P. 71–78.
346. *Miller G.* The magical number seven, plus or minus two: some limits on or capacity for processing information / G. Miller // Psychological Review. – 1956. – No. 63. – P. 81–97.
347. New Approach to Determination of Main Solution Taking Dominant of Air Traffic Controller During Flight Level Norms Violation / O. Reva, S. Borsuk, B. Mirzayev, P. Mukhtarov // Advances in Human Aspects of Transportation: Proceedings of the AHFE 2016 International Conference on Human Factors in Transportation (Walt Disney World, Florida, USA, July 27–31, 2016). – P. 137–147.
348. *Robertson T. B.* Sur la dymanique chimique du systeme nerveux central / T. B. Robertson // Arch. Intern. Physiol. – 1908. – No. 6. – P. 388–454.
349. Safety Management Manual (SMM): DOC ICAO 9859 – AN/460. – Montreal, Canada, 2013.
350. *Schukarew A.* Uber die energetischen Grundlagen des Gesetzes von Weber Fechner und der Dynamik des Gedachtnisses / A. Schukarew // Ann. Naturphilos. 1907. – No. 6. – P. 139–149.
351. *Thom R.* Topological models in biology / R. Thom // Topology. – 1969. – Vol. 8. – P. 313–336.
352. *Thorndike E. L.* Animal intelligence: an experimental study of associative processes in animals / E. L. Thorndike // Psychol. Monogr. – 1898. – Vol. 2. – No. 8. – P. 110–121.
353. *Thurstone L. L.* The learning curve equation / L. L. Thurstone // Psychol. Bull. – 1917. – No. 14. – P. 64–65.
354. *Turner B.* Safety culture: Its importance in future risk management / B. Turner, N. Pidgeon, D. Blockley, B. Toft // The Second World Bank Workshop on Safety Control and Risk Management. – Karisted, Sweden: 1989.
355. *Wood R. H.* Aviation Safety Programs / R. H. Wood // A Management Handbook. – IAP incorporated, Casper, Wyoming, USA, 1991.