



## ЗМІСТ

ПРЕС-СЛУЖБА МОН УКРАЇНИ ІНФОРМУЄ .....	3
<b>З ІСТОРІЇ ПЕДАГОГІКИ</b>	
<b>Марина Симонова.</b> Володимир Петренко — фундатор національної системи стандартів вищої освіти .....	7
<b>ОСВІТА І СУСПІЛЬСТВО</b>	
<b>Михайло Присенко.</b> Стандартизація вищої освіти: реформи та їх наслідки .....	9
<b>Володимир Салов.</b> Особливості проектування вищої освіти згідно з чинною нормативною базою .....	27
<b>Андрій Вітченко.</b> Стандартизація вищої освіти в Україні: стан, проблеми, перспективи вдосконалення .....	36
<b>Володимир Артемов.</b> Деонтологічна педагогіка як новий науковий напрям в освітньому процесі.....	57
<b>ЯКІСТЬ ОСВІТИ</b>	
<b>Ганна Красильникова.</b> Стандартизація вищої освіти України як механізм забезпечення її якості .....	67
<b>В'ячеслав Ямковий.</b> Апробація моніторингу системи вищої освіти на прикладі Харківської області .....	77
<b>СУЧАСНІ ОСВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ</b>	
<b>Богдан Сусь, Богдан Сусь</b> мол. Самостійна навчальна діяльність студентів в умовах комп'ютеризації навчального процесу .....	95

**Володимир Камишин, Олексій Рева, Наталія Добровольська.** Системно-кібернетичні основи організації простору знань у дидактиці в умовах інформаційного буму .....103

**ЗАРУБІЖНИЙ ДОСВІД**

**Ірина Зварич.** Історичні періоди розвитку вищої освіти в Іспанії ..... 117

**Contents** .....127

---

**Головний редактор — К.М. Левківський**

---

**Редакційна колегія:** К.С. Абдієв (Казахстан); В.П. Андрущенко; В.Д. Базилевич; В.І. Бондар; П.І. Гнатенко; А.А. Гриценко; О.А. Грішнова; Л.В. Губерський; Т.-Л. Деордіца; Р.О. Додонов; М.Б. Євтух; Т.О. Коломієць; А.Є. Конверський; В.Г. Кремень; А.І. Кузьмінський; В.І. Кушерець; Ю.Г. Лисенко; В.І. Міщенко; І.Ф. Надольний; М.П. Орзік; І.Ф. Прокопенко; В.Я. Тацій; О.В. Тимошук; О.Л. Шевнюк; В.С. Щербина

**Над випуском працювали:** В.І. Карасьов, В.П. Розумний, Л.В. Кирпич, Ю.М. Слуцька — відповідальний секретар, Ю.М. Проценко, К.М. Кононученко, С.А. Торба, Л.С. Кулешова, О.С. Кузуб, І.А. Олійник, Л.І. Жиборовська

---

*На першій сторінці обкладинки — учасники III Європейських студентських ігор, що проходили у Загребі та Рієці (Республіка Хорватія).*

---

**Індекс журналу в каталозі передплатних видань України: 21876**  
**Індекс журналу із щомісячним додатком з трьох зразків нових видань: 89538**

---

*Журнал “Вища школа” внесено до Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт з педагогіки (Постанова президії ВАК України від 22.12.2010 № 1-05/8) та філософії (Постанова президії ВАК України від 01.07.2010 № 1-05/5) на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук.*

Видання зареєстровано в Міністерстві юстиції України. Свідоцтво КВ № 12864-1748ПР від 27.06.2007. Усі права застережено. Передруки і переклади дозволяються лише за згодою автора та редакції. Редакція не обов'язково поділяє думку автора. Відповідальність за достовірність фактів, цитат, власних імен, географічних назв та іншої інформації несуть автори публікацій. Відповідальність за зміст рекламних оголошень несе рекламодавець.

---

**Адреса редакції:** 01030, м. Київ, вул. Стрілецька, 28.

**Тел.:** (044) 272-42-91; **факс:** (044) 234-23-36.

**E-mail:** slutska@society.kiev.ua **http:**://www.znannia.com.ua

Видавець — Видавництво “Знання”, 01030, м. Київ, вул. Стрілецька, 28  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3596 від 05.10.2009 р.

---

Підписано до друку 30.08.2016. Формат 70x100 1/16.

Папір офс. № 1. Друк офс. Гарнітура Academy.

Ум. друк. арк. 11,2. Обл.-вид. арк. 11,2. Наклад 450 пр. Зам. №

УДК 378.14:316.47

**Володимир Камишин**, директор Інституту обдарованої дитини Національної академії педагогічних наук України, доктор педагогічних наук, старший науковий співробітник, м. Київ;

**Олексій Рева**, професор кафедри дистанційного навчання Національного авіаційного університету, доктор технічних наук, м. Київ;

**Наталія Добровольська**, старший науковий співробітник відділу проектування розвитку обдарованості Інституту обдарованої дитини Національної академії педагогічних наук України, кандидат психологічних наук, м. Київ

## СИСТЕМНО-КІБЕРНЕТИЧНІ ОСНОВИ ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОСТОРУ ЗНАНЬ У ДИДАКТИЦІ В УМОВАХ ІНФОРМАЦІЙНОГО БУМУ

З урахуванням перманентного інформаційного буму, що має переконливу аналогію з відомим законом Мура, уперше здійснено науково-теоретичне обґрунтування можливості застосування теорії графів для формування організаційної структури взаємодії дидактичних одиниць у багатовимірному просторі знань. Наведені рекомендації з формування характеристик та показників дидактичних одиниць, а також обґрунтовані процедури згортки вершин орієнтованого зв'язаного графу, що сприяє знаходженню оптимального шляху на ньому, тобто мінімізації часу, потрібного для опанування дидактичних одиниць тими, хто навчається.

**Ключові слова:** інформаційний бум, навчальний процес, дидактичні одиниці, розташування у багатовимірному просторі середовища знань, орієнтовані зв'язані графи, оптимізаційний шлях.

Успішний розвиток цивілізації обумовив геніальний винахід людства — виникнення писемності, що дозволило масово накопичувати, поширювати та передавати знання іншим членам суспільства. Представлення знань у вигляді знакової системи, що могла бути прочитана та засвоєна іншими людьми без фізичної присутності носія знань, дозволило зробити величезний крок у сфері навчання, зокрема забезпечити зберігання знань упродовж дуже тривалого часу, незрівнянного з тривалістю життя людини. Промислова революція,

яка механізувала написання книжок завдяки винайденню друкарського верстата, дала новий поштовх у поширенні та зберіганні знань, зробивши їх дійсно масовими і такими, що впливають на свідомість людини. Невипадково протестантська “єресь” Мартіна Лютера була поширена у середньовічній Європі саме завдяки розвитку друкованої книги.

У зв’язку з цим освіта перестала бути прерогативою вузького кола вибраних осіб. Знання людства концентрувалися на папері, формувалася система їх зберігання та розповсюдження — газети, журнали, книжки, підручники, художня література нагромаджувалися в бібліотеках, університетах, школах тощо. Причому подання знань, їх засвоєння та накопичення певний час відбувалося, зазвичай, послідовно та повільно: літера за літерою, сторінка за сторінкою, книжка за книжкою, що можна уявити у вигляді одновимірного простору з однією координатою  $x$  (рис. 1).



**Рис. 1. Одновимірний лінійно-адитивний процес формування і накопичення знань**

Рис. 1 ілюструє ситуацію, коли знання механістично підсумовувалися (накопичувалися), як правило, без урахування їх взаємного впливу, що можна формально подати так:

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

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

“+” — позначка логічного об’єднання (підсумовування) знань.

У другій половині ХХ ст., на наш погляд, сталася не менш значуща, ніж промислова, комп’ютерна революція. І якщо перша змогла перекласти на плечі машин фізичну працю, до друга — вже розумову. Завдяки промисловій революції людство опанувало всі стихії природи, винайшло автомобіль, залізницю, літаки, верстати, створило атомну бомбу і полетіло на Місяць. Якщо пов’язати точку відліку промислової революції з паровою машиною Ватта (1781), а початок комп’ютерної революції — зі створенням першого комп’ютера, який обчислював балістичні траєкторії ракет (1946), то, за умов “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 запровадження в життя комп’ютерних технологій вражають. Це стосується всіх сфер нашого життя, серед яких слід спеціально вказати на таку докорінну зміну, як збері-

гання, створення та поширення знань. Результатом стало те, що простір знань стали уявляти вже у двовірній системі координат (рис. 2, а), де їх обсяг визначається узагальненням інформації з урахуванням її взаємного впливу<sup>1</sup>:

$$X_G = X_1 \cup X_2 \cup \dots \cup X_i \cup \dots \cup X_n = \bigcup_{i=1}^n X_i, \quad (2)$$

де  $\cup$  — умовне позначення об'єднання знань.

Однак, вважаємо, що знання як відображення оточуючого світу радше слід уявляти у вигляді багатовимірного простору, де різні аспекти знань багаторазово перетинаються один з одним, залежать та взаємодіють між собою (рис. 2, б). Навіть Сократ уявляв знання у вигляді сфери, коли пояснював своїм учням відому тезу “Я знаю, що нічого не знаю”<sup>2</sup>, 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.

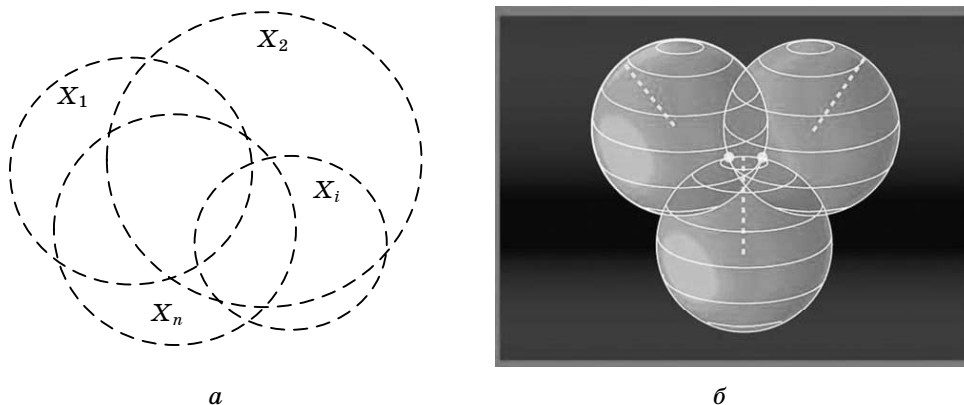


Рис. 2. Ілюстрація процесу накопичування та формування знань: а — просторово-адитивний процес; б — просторово-мультиплікативний процес

Напевно, спираючись саме на цитовану тезу Сократа, Емануель Науман колись навів, жартуючи, таку “залізобетонну” аргументацію ледацюг, які не бажають вчитися: “Чим більше вчишся, тим більше знаєш. Чим більше знаєш, тим більше забуваєш. Чим більше забуваєш, тим менше знаєш. Чим менше забуваєш, тим більше знаєш. Тож навіщо вчитись?”<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Камишин В.В. Методи системного аналізу у кваліметрії навчально-виховного процесу / В.В Камишин, О.М. Рева. — Київ : Інформаційні системи, 2012. — 270 с.

<sup>2</sup> Платон. Собрание сочинений : в 4 т. — Т. 1. — СПб. : Изд-во Санкт-Петербург. ун-та : Изд-во Олега Абышко, 2006.

<sup>3</sup> Науман Э. Принять решение — но как? : пер. с нем. / Э. Науман. — Москва : Мир, 1987. — 196 с.

У сучасному інформаційному просторі представлення знань спирається на їх незвичайно великий обсяг, котрий, якщо узяти за основу і перефразувати відомий закон Мура (*Gordon Moore*), який, до речі, відсвяткував у 2015 році 50 (!) років, має подвоюватися кожні два роки. Обсяги накопиченої інформації вимірюються вже зетабайтами (трильйони гігабайт). Ця інформація перманентно обробляється, постійно виникають нові знання, мільярди комп'ютерів їх сортують і структурують, перетворюють для застосування у різних пошукових системах тощо. Водночас вітчизняна система освіти, зокрема дидактика, продовжує оперувати знаннями в одно-, максимум, — у двовимірному просторі. Тому необхідно докорінно переглянути організацію подання знань в освіті, починаючи з дидактики, з усвідомленням шаленої інформаційної швидкості, з якою змінюється світ.

Проводячи відповідні дослідження, слід, насамперед, дати відповідь на питання “Хто ж насправді є реальним споживачем дидактики?”. Зрозуміло, що, по-перше, йдеться про безпосередніх суб'єктів освіти — тих, хто навчається (учні, студенти, слухачі), тих, хто навчає (вчителі, науково-педагогічні працівники), органи управління освітою. По-друге, такими споживачами є, безумовно, також суспільство, держава, бізнес, сфера виробництва тощо. Наступними споживачами, по-третє, слід назвати “виробників” самої дидактики — фахівців та вчених відповідного профілю, фахівців комп'ютерної та інформаційної сфери, які працюють в освіті. По-четверте, вважаємо за доцільне віднести також до споживачів дидактики вчених та фахівців суміжних галузей знань: соціологів, психологів, політиків, філософів та ін.<sup>4</sup>

Якщо йдеться про побудову сучасної дидактики, то необхідно врахувати вимоги та побажання всіх споживачів, перелічених вище. Необхідно також враховувати досягнення сучасної науки та принципи, на яких базується дидактика. Отже, до класичних у дидактиці відносять принципи: профільності спрямованості, доступності, науковості, інтегративності, систематичності і послідовності, наочності, свідомості й активності, комплексного підходу, безперервності й наступності, зв'язку з життям і практикою тощо.

Сучасна дидактика знає безліч теорій, концепцій, моделей і відповідних їм практик організації та проведення навчально-виховного процесу (НВП). Серед них доцільно назвати такі:

- декларативне (“традиційне”) навчання на основі “готових” знань;
- проблемне навчання (діалогове, ситуаційне тощо);
- програмоване навчання, зокрема з використанням комп'ютера, мережі Інтернет, кейсової методики та ін.;
- ігрові методики;
- розвивальне навчання;

<sup>4</sup> Хуторской А.В. Кому и для чего нужна дидактика: к вопросу о заказчиках научных исследований / А.В. Хуторской // Классическая дидактика и современное образование : интернет-журнал / под ред. И.В. Шальгиной, Ю.Е. Шабалина. — Москва : Садовое кольцо, 2007.

- креативну дидактику;
- імітаційне, у тому числі контекстне, навчання;
- навчання в динамічних парах (В. Дяченко);
- концентроване навчання (В. Шаталов);
- імовірнісне навчання (А. Лобок);
- педагогіку співробітництва (зокрема школу життя Ш. Амонашвілі);
- ноосферну педагогіку (А. Субетто);
- культурно-історичну педагогіку (Е. Ямбург) та ін.

Необхідно також враховувати реалізацію компетентісного підходу, чому присвячено дуже багато праць вітчизняних та зарубіжних учених. У контексті наших досліджень будемо орієнтуватися на те, що компетентність — це набута у процесі навчання інтегрована здатність учня, що складається із знань, умінь, досвіду, цінностей і ставлення, що можуть цілісно реалізовуватися на практиці<sup>5</sup>. Водночас компетенцією (професійною) вважатимемо здатність успішно діяти на основі практичного досвіду, умінь та знань при вирішенні поставлених професійних завдань<sup>6</sup>. Компетентнісний підхід означає спрямованість НВП на формування та розвиток предметних та ключових компетентностей, перелік яких наведено в літературі<sup>7</sup>.

Для побудови нового підходу до подання знань у дидактиці сформуємо поняття дидактичної одиниці (ДО). Отже, ДО — це елемент змісту навчального матеріалу, викладеного у вигляді затвердженої у встановленому порядку програми навчання в рамках певної професійної дисципліни або загальноосвітнього предмета. Дидактичною одиницею може бути одна з предметних тем, що підлягають висвітленню у процесі підготовки фахівців, які навчаються з конкретної навчальної дисципліни (НД). Її зміст можна укрупнити (скажімо, до загальної теми), деталізувати (до окремого уроку або завдання), згортати, розгортати тощо. Особливості згортки, укрупнення, деталізації, розгортки ДО розглянемо нижче.

<sup>5</sup> Офіційний вісник України від 17.02.2012. — 2012. — № 11. — С. 51. — Ст. 400. — Код акту 60376/2012.

<sup>6</sup> Головань М.С. Компетенція і компетентність: досвід теорії, теорія досвіду / М.С. Головань // Вища освіта України. — 2008. — № 3. — С. 23—30; Компетенція [Ел. ресурс] // Вікіпедія. — Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Компетенція>; Гулай О.І. Компетентнісний підхід як основа нової парадигми освіти [Ел. ресурс] / О.І. Гулай // Вісник Національної академії Державної прикордонної служби України. — 2009. — Вип. 2. — Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vnadrps\\_2009\\_2\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vnadrps_2009_2_7); Бермус А.Г. Проблемы и перспективы реализации компетентностного подхода в образовании [Эл. ресурс] / А.Г. Бермус // Эйдос: интернет-журнал. — 2005. — 10 сентября. — Режим доступу: <http://www.eidos.ru/journal/2005/0910-12.htm>.

<sup>7</sup> 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.; Хуторської А. Ключові освітні компетентності / А. Хуторської // Відкритий урок : Розробки, технології, досвід. — 2008. — № 6. — С. 47—50.

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

$$\Theta = \{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_i, \dots, \theta_N\}, \quad i = \overline{1, N}, \quad (3)$$

де  $\theta_i$  — окрема  $i$ -та ДО;

$N$  — кількість ДО.

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

$$\theta_i = \{D_{t_i}, D_{s_i}, D_{n_i}, \dots, D_{p_{j_i}}, \dots, D_{p_{M_i}}\}, \quad \forall j = \overline{1, M}, \quad (4)$$

де  $M$  — кількість параметрів, що характеризують ДО;

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

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

$D_{s_i}$  — складність завдання;

$D_{n_i}$  — трудність виконання завдання.

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

- ступінь відповідності визначеному класичному принципу дидактики;
- ступінь засвоєння визначеної компетентності;
- імовірність незасвоєння матеріалу тощо.

Як додаткові параметри можна також розглянути: відповідність вимогам формування загальнолюдської культури, виховання патріотизму, формування цілісної картини світу тощо.

Множина сукупності знань навчального процесу (3) характеризується певними зв'язками між ДО, що демонструють їх співвідношення між собою:

$$V_{ij} = \{v_{зв}, v_{посл}\}; \quad \forall i = \overline{1, N}, \quad \forall j = \overline{1, N}, \quad (5)$$

де  $V_{ij}$  — множина зв'язків  $i$ -ї ДО з  $j$ -ю,

$v_{зв}$  — ступінь зв'язності ДО у 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 (архітекtonіки їх розташування у багатовимірному знанневому просторі), який набуває значення  $\{-1, 0; +1\}$ , що означає:

$v_{посл} = -1$  — відповідає ситуації, коли ДО  $\theta_i$  не може бути засвоєною без попереднього опанування ДО  $\theta_j$ ;

$v_{посл} = +1$  — навпаки, характеризує випадок, коли ДО  $\theta_i$  не може бути засвоєною без попереднього опанування ДО  $\theta_j$ ;



$v_{\text{посл}} = 0$  вказує на те, що послідовність засвоєння ДО  $\theta_i, \theta_j$  не має значення, тобто не впливає на ефективність їх засвоєння.

Отже, вважаємо, що множину знань у дидактиці можна подати у вигляді певного орієнтованого графу, вершинами якого виступають ДО, що характеризуються вектором параметрів, а ребра графу — у вигляді направлених дуг, що характеризують ступінь зв'язності вершин графу та напрям (послідовність) оволодіння знаннями (рис. 3).

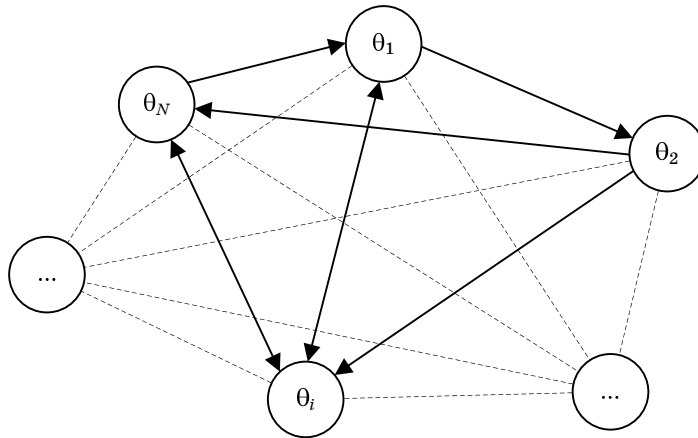


Рис. 3. Уявлення про множину знань у вигляді орієнтованого графу на площині

Граф також може бути заданий у вигляді матриці суміжності:

$$V = \begin{pmatrix} 0 & v_{12} & \cdots & v_{1j} & \cdots & v_{1N} \\ v_{21} & 0 & \cdots & v_{2j} & \cdots & v_{2N} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ v_{i1} & v_{i2} & \cdots & v_{ij} & \cdots & v_{iN} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ v_{N1} & v_{N2} & \cdots & v_{Nj} & \cdots & 0 \end{pmatrix}. \quad (6)$$

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

Тоді навчальний процес як оволодіння ДО буде виглядати як шлях по множині знань, тобто пересування від вершини до вершини. Дидактичний процес набуде вигляду оптимізаційної задачі з пошуку шляху у множині вершин за виконанням певних (граничних умов). Тоді задача оптимізації навчального процесу полягає у 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 і при виконанні граничних умов, що характеризують дидактичний процес. Такими умовами, як вказувалось вище, може бути:

— успішне засвоєння певних компетентностей:

$$D_{k_p} = \sum_{i=1}^n D_{k_i} \geq D_{k_{\min}}; \quad (7)$$

— успішне засвоєння програми навчання:

$$D_{p_p} = \sum_{i=1}^n D_{p_i} \geq D_{p_{\text{кон}}} \text{ тощо.} \quad (8)$$

Математично ми можемо записати постановку задачі оптимізації так:

$$\left. \begin{aligned} T^0 &= \arg \min t(T) \\ D_{p_j}(T) &\geq D_{p_{j_{\text{кон}}}} \\ \forall j &= \overline{1, M}, \quad T \in T^+ \end{aligned} \right\}, \quad (9)$$

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

Можливо також по-іншому поставити задачу, а саме — оволодіння максимальної кількості знань при заданому часі навчання. Також можливі інші постановки задачі залежно від цілей та завдань навчання.

Покажемо тепер, яким чином ми можемо обчислювати параметри графу шляхом згортки вершин графу під час моделювання дидактичного процесу.

Основні співвідношення, що дозволяють робити перетворення граф-схеми, можна одержати так.

1. *Об'єднання шляхів без розгалуження.* Шлях  $m_1, \dots, m$  назовемо шляхом без розгалужень, якщо на вершинах  $m_1, \dots, m_{q-1}$ , починається і закінчується точно по одній гілці. Граф шляху без розгалужень зображений на рис. 4.

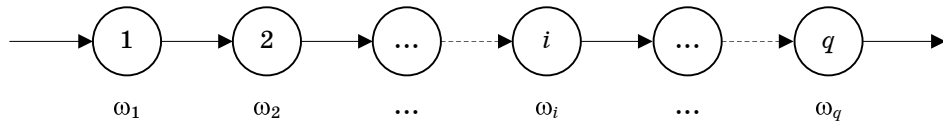


Рис. 4. Приклад графу без розгалуження шляхів (гілок)

Зручно замінити шлях без розгалужень однією гілкою  $m_1, m_{q-1}$ . При цьому відбувається істотне скорочення розмірів мережі.

Операція послідовного приведення перетворить шлях без розгалужень в еквівалентну область з однією вершиною. Визначимо складові ваги вершини  $\omega_e = \{m_e, D_e, p_e\}$ . Очевидно, у припущенні про незалежність виконання окремих операцій справедливі співвідношення:

$$\left. \begin{aligned} m_e &= \sum_{i=1}^q m_i \\ D_e &= \sum_{i=1}^q D_i \\ p_e &= \sum_{i=1}^q p_i \end{aligned} \right\}. \quad (10)$$

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

$$g_e(t) = \int_{-\infty}^{\infty} g_i(t) g_{i-1}(t - \tau) dt. \tag{11}$$

При досить великому  $q$  ( $q > 5$ ) і приблизно однаковому порядку величин  $m$ , відповідно до центральної граничної теореми теорії ймовірностей, еквівалентний закон розподілу можна вважати нормальним. Числові характеристики закону визначаються відповідно до формул (10).

2. *Об'єднання шляхів з розгалуженнями.* Граф шляху з розгалуженнями зображений на рис. 5.

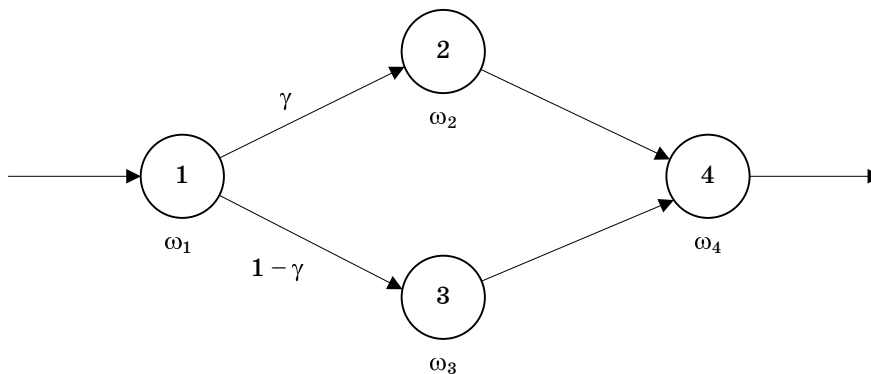


Рис. 5. Приклад об'єднання шляхів з розгалуженнями на графі

Операція паралельного приведення перетворить шлях із розгалуженнями в еквівалентну гілку з однією вершиною. Складові ваги вершини знаходять з очевидних формул:

$$\left. \begin{aligned} m_e &= m_1 + \gamma m_2 + (1 - \gamma) m_3 + m_4 \\ D_e &= D_1 + \gamma D_2 + (1 - \gamma) D_3 + D_4 \\ p_e &= p_1 p_4 [\gamma p_2 + (1 - \gamma) p_3] \end{aligned} \right\}. \tag{12}$$

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

$$F_e(t) = P(T \leq t) = \gamma p(T \leq t_1 + t_2 + t_4) + (1 - \gamma) p(T \leq t_1 + t_3 + t_4). \tag{13}$$

Очевидно:

$$\left. \begin{aligned} p(T \leq t_1 + t_2 + t_4) &= F_{1,2,4}(t) \\ p(T \leq t_1 + t_3 + t_4) &= F_{1,3,4}(t) \end{aligned} \right\}, \tag{14}$$

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.

В. Камішин, О. Рева, Н. Добровольська. Системно-кібернетичні основи організації простору знань у дидактиці в умовах інформаційного буму

Функції  $F_{1,2,4}(t)$ ,  $F_{1,3,4}(t)$  нескладно знайти за допомогою формули (11):

$$\left. \begin{aligned} F_e(t) &= \gamma F_{1,2,4}(t) + (1-\gamma) F_{1,3,4}(t) \\ g_e(t) &= \frac{dF_e}{dt} \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

3. Зведення контурів з одним виходом. Гілка, що зв'яже вершину (ДЮ) саму із собою, називається петлею. Коли в петлю включається більш ніж одна гілка, її називають контуром (рис. 6).

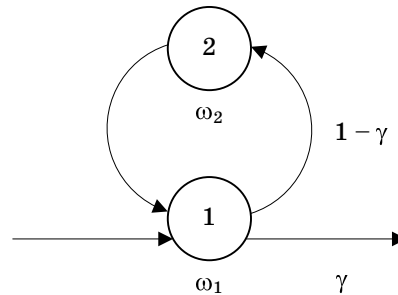


Рис. 6. Приклад зведення контурів з одним виходом

Для визначення еквівалентних характеристик контуру з одним виходом складемо допоміжну табл. 1.

Таблиця 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	$m_1$	$D_1$	$P_1$	$\gamma$
1	$2m_1 + m_2$	$2D_1 + D_2$	$P_1^2 P_2$	$\gamma(1-\gamma)$
2	$3m_1 + 2m_2$	$3D_1 + 2D_2$	$P_1^3 P_2^2$	$\gamma(1-\gamma)^2$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$j$	$j(m_1 + m_2) + m_1$	$j(D_1 + D_2) + D_1$	$P_1^{j+1} P_2^j$	$(1-\gamma)^j$

Очевидно, можна записати:

$$\left. \begin{aligned} m_e &= \sum_{j=0}^{\infty} \gamma(1-\gamma)^j [m_1 + j(m_1 + m_2)] \\ D_e &= \sum_{j=0}^{\infty} \gamma(1-\gamma)^j [D_1 + j(D_1 + D_2)] \\ P_e &= \sum_{j=0}^{\infty} (1-\gamma)^j P_1^{j+1} P_2^j \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

Приведемо формули виразу (16) до вигляду, більш зручного для визначення величини  $m_e$ :

$$m_e = \gamma m_1 \sum_{j=0}^{\infty} (1-\gamma) + (m_1 + m_2) \gamma \sum_{j=0}^{\infty} j(1-\gamma)^j. \tag{17}$$

Для будь-яких логічних умов справедлива нерівність:

$$0 \leq (1-\gamma) \leq 1. \tag{18}$$

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

$$\left. \begin{aligned} \sum_{j=0}^{\infty} (1-\gamma)^j &= \frac{1}{\gamma} \\ \sum_{j=0}^{\infty} j(1-\gamma)^j &= \frac{1-\gamma}{\gamma^2} \end{aligned} \right\}. \tag{19}$$

Підставляючи (19) у (17), остаточно отримаємо:

$$m_e = \frac{1}{\gamma} (m_1 + m_2) - m_2. \tag{20}$$

Аналогічні перетворення для дисперсії дозволяють записати:

$$D_e = \frac{1}{\gamma} (D_1 + D_2) - D_2. \tag{21}$$

Далі, очевидно, формулу для імовірності з виразу (16) можна подати так:

$$P_e = \gamma p_1 \sum_{j=0}^{\infty} [p_1 p_2 (1-\gamma)]^j. \tag{22}$$

Оскільки завжди  $0 \leq p_1 p_2 (1-\gamma) \leq 1$ , то

$$\sum_{j=0}^{\infty} [p_1 p_2 (1-\gamma)]^j = \frac{1}{1 - p_1 p_2 (1-\gamma)}. \tag{23}$$

У результаті підстановки (23) у (22) одержуємо:

$$P_e = \frac{\gamma p_1}{1 - p_1 p_2 (1-\gamma)}. \tag{24}$$

4. *Зведення контурів із двома виходами.* Граф-схема контуру з двома виходами ілюструє рис. 7.

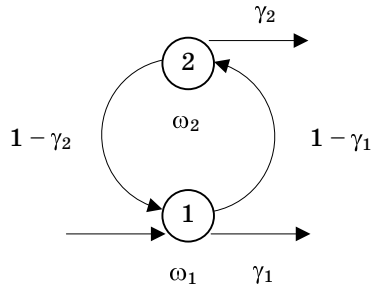


Рис. 7. Ілюстрація контуру з двома виходами

Для одержання еквівалентних характеристик контуру, поданого на рис. 7, складемо допоміжну табл. 2.

**Таблиця 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	$m_1$	$D_1$	$p_1$	$\gamma_1$
	2	$m_1 + m_2$	$D_1 + D_2$	$p_1 p_2$	$(1 - \gamma_1) \gamma_2$
1	1	$2m_1 + m_2$	$2D_1 + D_2$	$p_1^2 p_2$	$(1 - \gamma_1)(1 - \gamma_2) \gamma_1$
	2	$2(m_1 + m_2)$	$2(D_1 + D_2)$	$p_1^2 p_2$	$(1 - \gamma_1)^2 (1 - \gamma_2) \gamma_2$
$j$	1	$(j + 1)m_1 + j m_2$	$(j + 1)D_1 + j D_2$	$p_1^{j+1} p_2^j$	$(1 - \gamma_1)^j (1 - \gamma_2) \gamma_1$
	2	$(j + 1) \times$ $\times (m_1 + m_2)$	$(j + 1) \times$ $\times (D_1 + D_2)$	$p_1^{j+1} p_2^j$	$(1 - \gamma_1)^{j+1} (1 - \gamma_2)^j \gamma_2$

Усреднюючи еквівалентні характеристики з урахуванням можливих імовірностей результатів, одержуємо:

$$m_e = \sum_{j=0}^{\infty} \gamma_1 (1 - \gamma_1)^j (1 - \gamma_2)^j [j(m_1 + m_2) + m_1] + \sum_{j=0}^{\infty} \gamma_2 (1 - \gamma_1)^{j+1} (1 - \gamma_2)^j (j + 1)(m_1 + m_2); \quad (25)$$

$$D_e = \sum_{j=0}^{\infty} \gamma_1 (1 - \gamma_1)^j (1 - \gamma_2)^j [j(D_1 + D_2) + D_1] + \sum_{j=0}^{\infty} \gamma_2 (1 - \gamma_1)^{j+1} (1 - \gamma_2)^j (j + 1)(D_1 + D_2); \quad (26)$$

$$P_e = \sum_{j=0}^{\infty} \gamma_1 (1 - \gamma_1)^j (1 - \gamma_2)^j p_1^{j+1} p_2^j + \sum_{j=0}^{\infty} \gamma_2 (1 - \gamma_1)^{j+1} (1 - \gamma_2)^j (p_1 p_2)^{j+1}. \quad (27)$$

Використовуючи формули для згортання нескінченних рядів, після досить простих перетворень одержуємо:

$$m_e = \frac{m_1 [\gamma_1 + (1 - \gamma_1) \gamma_2] + m_2 (1 - \gamma_1) [\gamma_2 + \gamma_1 (1 - \gamma_2)]}{[1 - (1 - \gamma_1)(1 - \gamma_2)]^2}; \quad (28)$$

$$D_e = \frac{D_1 [\gamma_1 + (1 - \gamma_1) \gamma_2] + D_2 (1 - \gamma_1) [\gamma_2 + \gamma_1 (1 - \gamma_2)]}{[1 - (1 - \gamma_1)(1 - \gamma_2)]^2}; \quad (29)$$

$$P_e = \frac{p_1 [\gamma_1 + (1 - \gamma_1) \gamma_2 p_2]}{1 - p_1 p_2 (1 - \gamma_1)(1 - \gamma_2)}. \quad (30)$$

Очевидно, формули (20), (21), (24) можуть бути отримані з виразів (28—30), якщо прийняти, що  $\gamma_2 = 0$ .

Загалом аналогічно можна вивести формули для перетворення контурів з будь-якою кількістю виходів. Виведення цих формул досить просте, однак остаточні формули громіздкі.

### Висновки

Таким чином, оцінюючи отримані і представлені у цій публікації нові наукові результати, вважаємо за доцільне вказати на такі найбільш вагомні з них.

1. Уперше здійснене науково-теоретичне обґрунтування можливості застосування теорії графів для формування організаційної структури взаємодії ДО у багатовимірному просторі знань.

2. Наведені рекомендації з формування характеристик та показників ДО, що охоплюють: час, необхідний для засвоєння  $i$ -ї ДО; складність навчального завдання; трудність виконання завдання, а також ступінь відповідності визначеному класичному принципу дидактики; ступінь засвоєння визначеної компетентності; імовірність незасвоєння матеріалу тощо.

3. Зв'язки між ДО визначаються за допомогою інтегративного показника, що враховує як відстань між ними у багатовимірному просторі знань, так і архітектоніку (послідовність) їх розташування у цьому просторі. Це дало змогу уявити ДО як вершини орієнтованого зв'язаного графу, розташованого у багатовимірному просторі знань середовища.

4. Обґрунтовані процедури згортки вершин графу, що сприяє знаходженню оптимального шляху на ньому, тобто мінімізації часу, необхідного для опанування ДО тими, хто навчається, в умовах сучасного інформаційного буму.

5. Резюмуючи викладене вище, можна також констатувати, що представлення знань у дидактичному процесі за допомогою зв'язаного графу ДО, що характеризуються визначеними параметрами, дозволяє застосувати широкий спектр математичних методів для побудови та оптимізації навчального процесу та процесу засвоєння знань у будь-яких навчальній системі.

6. У наступних дослідженнях, на наш погляд, необхідно детальніше розкрити параметри, що характеризують навчальний процес (ДО) з урахуванням цілей та завдань освіти, сформулювати відповідний апарат для обчислення цих параметрів, зокрема застосування методів нечіткої математики, розробити відповідні методи композиції, декомпозиції, укрупнення або деталізації вершин графу та відповідний математичний апарат, оптимізаційні алгоритми пошуку шляхів у знань просторі, методи аналізу знань, накопичених в інформаційному просторі тощо.

Список використаних джерел:

1. Офіційний вісник України від 17.02.2012. — 2012. — № 11. — С. 51. — Ст. 400. — Код акту 60376/2012.
2. Головань М.С. Компетенція і компетентність: досвід теорії, теорія досвіду / М.С. Головань // Вища освіта України. — 2008. — № 3. — С. 23—30.
3. Компетенція [Ел. ресурс] // Вікіпедія. — Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Компетенція>.
4. 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.
5. Хуторської А. Ключові освітні компетентності / А. Хуторської // Відкритий урок : Розробки, технології, досвід. — 2008. — № 6. — С. 47—50.
6. Санченко Є.М. Поняття ключових компетенцій у змісті освіти зарубіжних країн: постановка проблеми [Ел. ресурс] / Є.М. Санченко // Науковий вісник Донбасу. — 2010. — № 3. — Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvd\\_2010\\_3\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvd_2010_3_7).
7. Гулай О.І. Компетентнісний підхід як основа нової парадигми освіти [Ел. ресурс] / О.І. Гулай // Вісник Національної академії Державної прикордонної служби України. — 2009. — Вип. 2. — Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vnadps\\_2009\\_2\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vnadps_2009_2_7).
8. Бермус А.Г. Проблемы и перспективы реализации компетентного подхода в образовании [Эл. ресурс] / А.Г. Бермус // Эйдос: интернет-журнал. — 2005. — 10 сентября. — Режим доступа: <http://www.eidos.ru/journal/2005/0910-12.htm>.
9. Хуторской А.В. Кому и для чего нужна дидактика: к вопросу о заказчиках научных исследований / А.В. Хуторской // Классическая дидактика и современное образование : интернет-журнал / под ред. И.В. Шальгиной, Ю.Е. Шабалина. — Москва : Садовое кольцо, 2007.
10. Платон. Собрание сочинений : в 4 т. — Т. 1. — СПб. : Изд-во Санкт-Петербург. ун-та : Изд-во Олега Абышко, 2006.
11. Науман Э. Принять решение — но как? : пер. с нем. / Э. Науман. — Москва : Мир, 1987. — 196 с.
12. Камишин В.В. Методи системного аналізу у кваліметрії навчально-виховного процесу / В.В. Камишин, О.М. Рева. — Київ : Інформаційні системи, 2012. — 270 с.

Надійшла до редакції 01.08.2016

**Volodymyr Kamyshyn, Oleksii Reva, Natalia Dobrovolska. System-Cybernetic Bases of Knowledge Space Organization in Didactics in the Conditions of Informative Boom**

*Taking into account a present permanent informative boom, has compelling analogy with the famous Moore's Law, for the first time scientific — theoretical substantiation of the possibility of using graph theory for the formation of the organizational structure of interaction of didactic units in the multidimensional space of knowledge is carried out.*

*The recommendations for forming characteristics and indicators of didactic units are given, as well as substantiated convolution procedures associated vertices oriented graph that helps finding the optimal path on it, that is, to minimize the time needed for the acquisition of didactic units by students.*