

DOI: 10.35774/econa2022.02.062

JEL classification: C43, C51, C52, I21, I25, I28
UDC: 519.6

Оксана ГОРДЕЙ

доктор економічних наук, професор,
професор кафедри публічних фінансів,
Державний податковий університет, Україна
E-mail: oksana_@ukr.net
ORCID ID: 0000-0001-6938-0548
ResearcherID: ABB-7488-2021

Богдан ПАЦАЙ

кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри статистики, інформаційно-аналітичних систем і демографії,
Київський національний університет імені Т. Шевченка, Україна
E-mail: b.pacaj@gmail.com
ORCID ID: 0000-0001-5636-9219
ResearcherID: ABC-5628-2021

ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛЮВАННЯ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ ПРИ ФОРМУВАННІ НЕОБХІДНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ

АНОТАЦІЯ

Вступ. В умовах інтеграції вищої школи України у світовий освітній процес та посилення ролі глобалізаційних економічних процесів виникає нагальна потреба в підготовці висококваліфікованих фахівців, які є конкурентоспроможними на ринку праці не залежно від країни Європейського союзу. Вихідним етапом цього процесу є формування у закладах світи компетентностей, необхідних здобувачам у подальшому навчанні та професійній діяльності. Для ефективного аналізу впливу навчальних дисциплін на формування компетентностей необхідним є використання математичного моделювання, зокрема доречним буде використання когнітивних моделей, які здатні уможливити розв'язування задач передбачення в умовах невизначеності.

Мета. Метою статті є створення когнітивної моделі навчального процесу вищої школи для забезпечення умов впровадження ефективного навчального плану для формування необхідних компетентностей.

Метод (методологія). Основні методи, які використано в процесі дослідження: когнітивне моделювання (побудова когнітивних карт для визначення непрямого впливу навчальних дисциплін на сукупність компетентностей), експертний метод (для формування предметних зв'язків) та математичний апарат (функції активації Коско та сигмоїди для відображення невизначеності, динаміки станів концептів та зв'язків між ними).

Результати. У статті сформовано перелік концептів та відповідних зв'язків на основі якісних методів аналізу та побудовано математичну модель когнітивних карт освітнього процесу. Проведено аналіз впливу різних навчальних предметів на формування «hard skills» та «soft skills». Проаналізовано різні сценарії змін у навчальному плані та їхній вплив на формування відповідних компетентностей.

Висновки. На базисі основних положень щодо перспектив розвитку спектру умінь, якими має володіти випускник 2030, які виокремлені у Національній економічній стратегії на період до 2030 року та у звіті Всесвітнього економічного форуму пропонується посилити увагу та збільшити години навчання на три основні навчальні дисципліни: математику, інформатику та іноземну мову. Саме ці дисципліни є основоутворюючими для багатьох як «hard skills», так і «soft skills» завдяки непрямым зв'язкам з іншими дисциплінами. Тільки за рахунок цього випускники України будуть мати високі конкурентні позиції на ринку праці.

Ключові слова: моделювання; когнітивна карта; компетентність; система освіти і науки; когнітивна гнучкість; критичне мислення.

© Оксана Гордей, Богдан Пацай, 2022

Отримано: 22.04.2022 р.

Рекомендовано до друку: 11.05.2022 р.

Опубліковано: 19.05.2022 р.



Ця стаття розповсюджується на умовах ліцензії Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0, яка дозволяє необмежене повторне використання, розповсюдження та відтворення на будь-якому носії, за умови правильного цитування оригінальної роботи.

Як цитувати: Гордей О., Пацай Б. Використання моделювання у навчальному процесі при формуванні необхідних компетентностей. *Економічний аналіз*. 2022. Том 32. № 2. С. 62-72. DOI: 10.35774/econa2022.02.062

Вступ

Складність процесу управління в системі освіти і науки обумовлена низкою властивостей йому особливостей. Насамперед багатфакторністю процесів (економічних, соціальних та ін), які відбуваються в системі та їх взаємозв'язком, через що ускладнене виокремлення та детальне дослідження окремих факторів. Усі події, що відбуваються, мають бути розглянуті в сукупності. Відтак, відсутня достатня кількість інформації щодо динаміки процесів у закладах освіти різних рівнів, яка необхідна для їх кількісного аналізу.

Зазначені властивості системи освіти та науки зумовлюють її слабоструктурованість, що ускладнює процес її аналізу з використанням традиційних економетричних (соціометричних та інших) підходів, зокрема щодо оцінки процесів відносно розробки комплексних рішень. Альтернативою основним традиційним підходам може стати когнітивне моделювання, яке є сукупністю «методів отримання й аналізу суб'єктивних уявлень експерта щодо процесів функціонування унікальних слабоструктурованих систем, що включають в себе безліч елементів різної природи, залежність між якими носить як кількісний, так і якісний характер, а також методів розробки стратегій з управління такими ситуаціями [1].

Уперше поняття «когнітивні карти» було введено в 1948 р. американським психологом Едвардом Толменом (1886–1959) як образ просторового оточення. Когнітивні карти – поняття, що належить до пізнавальних процесів, пов'язаних із здобуванням, репрезентацією та переробкою інформації про навколишнє середовище, у ході якого суб'єкт не є пасивним спостерігачем, а активно взаємодіє із середовищем. Тобто психологічні дослідження більшою мірою орієнтовані на вивчення цих процесів та їх впливу на формування тих чи інших уявлень, що дозволяють суб'єкту діяти та приймати рішення в певних обставинах [2; 3].

У соціальних і політичних системах когнітивне моделювання як методика розвивалася в 1970-х рр. відомим американським політологом та економістом Робертом Аксельродом (нар. 27.05.1943 р.) для моделювання прийняття рішень [4]. У його

роботі [5] описані основи когнітивного підходу до підтримки прийняття рішень, а також математичний апарат, що застосовується для аналізу когнітивних карт і моделювання. Фундаментом для розвитку когнітивного підходу до підтримки прийняття рішень стали елементи психології, причинного висновку, теорії графів та теорії прийняття рішень.

У якості основних проблем прийняття рішень ним були виділені проблеми пояснення ситуації; перевірка гіпотез щодо того, як влаштована ситуація; прогнозування; вибору рішення з ряду альтернатив, а також неврахування віддалених наслідків, взаємозв'язків різних систем через те, що в складних ситуаціях суб'єкт схильний до спрощення уявлення щодо ситуації, не помічаючи зворотних зв'язків тощо. Когнітивний підхід до дослідження слабоструктурованих систем був запропонований Робертом Аксельродом, в основі побудови якого лежить суб'єктивне розуміння та уявлення суб'єкта управління щодо параметрів системи та зв'язків між ними.

Англійський дослідник, професор управління Колін Іден розробив загальний підхід до побудови колективних карт, спираючись на дослідження в області психології, прийнятті рішень, зокрема на теорію персональних конструктів. Когнітивне відображення, відображення причин і карти групової стратегії були розширені завдяки його участі в розробці системи підтримки групових рішень [6].

У 1986 році у своїй науковій праці Барт Коско (нар. 07.02.1960 р.) ввів поняття нечітких когнітивних карт (Fuzzy Cognitive Maps – FCM), що є різновидом когнітивних карт та дозволяють якнайкраще відобразити невизначеність, динаміку станів концептів та зв'язків між ними [7]. Здебільшого нечіткі когнітивні карти використовуються в галузі «soft skills», зокрема в електротехніці, медицині, політології, міжнародних відносинах, військовій науці, історії, теорії організацій тощо, де система концептів і зв'язків між ними та метасистема принципово нечіткі. Прикладами застосувань нечітких когнітивних карт є медична діагностика, аналіз електричних схем, моделювання та аналіз показників ефективності бізнесу, моделювання проекту розробки програмного забезпечення,

моделювання управління заводами, моделювання політичних справ, моделювання віртуальних світів.

Когнітивні карти відображаються за допомогою знакових орієнтованих графів (орграфів), що складаються з вершин та дуг. Вершини відповідають концептам (найбільш значним подіям, факторам), дуги – причинно-наслідковим зв'язкам між концептами [4]. Структура графа допомагає систематизувати причинно-наслідкові зв'язки, що дозволяє розширювати базу знань, з'єднуючи різні когнітивні карти [6]. Когнітивні карти використовуються для розв'язування широкого кола завдань, пов'язаних із моделюванням слабоструктурованих систем, їх прогнозуванням та підтримкою прийняття рішень. Серед основних переваг застосування когнітивних карт виокремлюють:

- відсутність необхідності передчасної специфікації концептів і відносин впливу;
- можливість наочного представлення предметної області, що моделюється, у середині системи;
- конструктивність, наочність і відносна простота інтерпретації на їх основі причинно-наслідкових зв'язків (відносин) між концептами;
- інтегрованість з методами оцінок результатів аналізу;
- можливість оцінки застосування різних стратегій при прийнятті рішень, тобто тих змін, що можуть відбуватися в системі, що досліджується;
- оцінка можливих наслідків рішень (чи можуть вони дестабілізувати систему, які якісні зміни відбудуться в концептах після того, як ці рішення будуть виконані);
- можливість формалізації чисельно невимірних факторів;
- використання неповної, нечіткої та навіть суперечливої інформації.

Когнітивні карти використовуються переважно для оцінки взаємовпливу концептів один на одне і прогнозу наслідків рішень, що приймаються. Проте при їх використанні виникає низка проблем:

- складність визначення оптимальних стратегій досягнення поставленої цілі;

- при зміні списку концептів доводиться генерувати нову когнітивну карту з початку;
- застосування когнітивних карт здебільшого потребує додаткового аналізу та інтерпретації.

Варто зазначити, що когнітивна карта є моделлю представлення знань експертів про закони розвитку та властивості досліджуваної ситуації, а їх різноманітність визначається різними способами експертного визначення сили причинно-наслідкових зв'язків і значень факторів у когнітивних картах. Модель може виявитися цілком неточною, адже несе суб'єктивний характер.

Мета та завдання статті

Метою статті є створення когнітивної моделі навчального процесу вищої школи для забезпечення умов впровадження ефективного навчального плану для формування необхідних компетентностей. Мета дослідження зумовила постановку і вирішення таких завдань:

- проведення аналізу основ когнітивного моделювання та компетентностей, якими мають володіти здобувачі вищої освіти на перших курсах навчання;
- побудова когнітивної матриці зв'язків між концептами та математичної моделі у вигляді когнітивної карти;
- розгляд можливих сценаріїв змін у навчальних планах, для формування рекомендацій щодо посилення «hard skills» та «soft skills» у здобувачів освіти.

Виклад основного матеріалу дослідження

Проаналізувавши Національну економічну стратегію на період до 2030 року, у якій зазначається широкий спектр умінь, якими повинен володіти випускник 2030, включаючи когнітивні, соціально-емоційні, фізичні та практичні компетентності [8], та звіт Всесвітнього економічного форуму [9], ми виокремили наступні навички, що будуть найбільш затребуваними у 2020-30-х роках, тобто ті компетентності, якими, на наше переконання, мають оволодіти випускники старшої школи (таблиця 1):

Таблиця 1. Ключові компетентності та наскрізні вміння, необхідні вступникам

Групи навичок	Навички / концепти	Позначення
Hard skills	Фінансова грамотність	fin
	Володіння іноземною мовою	lan
	Комп'ютерні технології	ct
	Наука про дані (Data Science)	ds
	Дизайн	des
Soft skills	Комплексне вирішення проблем	cps
	Критичне мислення	crt
	Когнітивна гнучкість / креативність	cfl
	Емоційний інтелект	ei
	Взаємодія з людьми	int

Джерело: побудовано авторами.

На формування кожної з компетентностей прямо чи опосередковано впливають навчальні предмети, програми яких затверджені Міністерством освіти і науки (МОН) України, та закладами професійно-технічної й вищої освіти. Проаналізувавши

навчальні програми для 10-11 класів МОН України, ми виокремили навчальні дисципліни та гуртки (таблиця 2), вивчення яких, на нашу думку, впливає на розвиток навичок, зазначених вище.

Таблиця 2. Фактори, що впливають на формування компетентностей здобувачів середньої освіти

Групи	Концепти		Позначення
Навчальні дисципліни	Математика		mat
	Інформатика		inf
	Природничі науки		nsc
	Гуманітарні науки		hsc
	Іноземна мова		eng
	Технології	«Дизайн»	td
		«Основи робототехніки», «Основи підприємницької діяльності»	tr
Гурткова діяльність	Економіка		eco
	Програмування		it
	Робототехніка		rob
	Комунікаційні гуртки		com
	Творчі гуртки		cre

Джерело: побудовано авторами.

Отже, при побудові нашої когнітивної карти вершинами графа виступатимуть концепти, наведені в табл. 1 та 2, причому навички – цільові фактори, задану зміну яких необхідно досягти, а навчальні дисципліни та гуртки – керуючі, через які подаватимуться управляючі дії, тобто концепти з певними вхідними та вихідними значеннями.

Когнітивне моделювання, що ґрунтується на сценарному методі, дозволяє об'єднати як якісні, так і кількісні підходи. Сценарій –

модель майбутнього, у якій описується можливий хід подій із вказанням імовірностей їхньої реалізації. У сценарії визначаються основні фактори, що мають бути взяті до уваги, та вказується, яким чином ці фактори можуть вплинути на передбачувані події.

Сценарій може моделюватися за трьома основними напрямками:

1. Прогноз розвитку ситуації без усякого впливу на процеси в ситуації (ситуація розвивається сама собою).

2. Прогноз розвитку ситуації з обраним комплексом дій (управління) (пряма задача).

3. Синтез комплексу дій для досягнення необхідних змін стану ситуації (обернена задача).

Для побудови сценарії важливим є усвідомлення впливу окремих предметів на базові навички. Для цього було створено матрицю сили зв'язків між концептами, що

зазначена в таблиці 3, а саме: оцінено міру впливу навчальних дисциплін та гурткової діяльності на формування навичок та взаємозв'язок предметів шкільної та позашкільної діяльності. Концептам, що характеризують компетентності, вихідних значень не надавалося, адже вони виступають цільовими факторами.

Таблиця 3. Когнітивна матриця сили зв'язків між концептами в когнітивній карті

	mat	inf	nsc	hsc	eng	td	tr	eco	it	rob	com	cre	fin	lan	ct	ds	des	cps	crt	cfl	ei	int
mat	0,00	0,80	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,80	0,60	0,00	0,00	0,70	0,00	0,50	0,70	0,00	0,50	0,60	0,10	0,00	0,00
inf	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,10	1,00	0,80	0,00	0,00	0,50	0,00	1,00	1,00	0,70	0,50	0,40	0,20	0,00	0,00
nsc	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,20	0,30	0,10	0,00	0,00
hsc	0,00	0,00	0,10	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,20	0,00	0,40	0,20	0,30	0,30
eng	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,40	0,20	0,00	0,00	0,00	1,00	0,30	0,40	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,50
td	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,20	0,00	0,20	0,00	0,00
tr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,40	0,30	0,00	0,00
eco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,30	0,20	0,20	0,30
it	0,00	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00	0,20	0,00	0,90	0,80	0,20	0,50	0,60	0,50	0,00	0,00
rob	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,20	0,40	0,30	0,00	0,00
com	0,00	0,00	0,00	0,60	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00	0,50	0,60	0,50	0,40	1,00
cre	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,70	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,80	0,20	0,40	0,40	0,10	0,00
fin	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
lan	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ct	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ds	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
des	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
cps	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
crt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
cfl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ei	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
int	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Джерело: побудовано авторами.

Когнітивні карти – моделі складних систем, оскільки вони складаються з великої кількості змінних з прямими й зворотними зв'язками. Лінійна алгебра та інструменти теорії графів дозволяють провести аналіз когнітивної карти, який здійснюється за допомогою наступних показників:

1. Щільність (коефіцієнт кластеризації) когнітивної карти (D) – коефіцієнт, що показує ступінь зв'язності карти:

$$D = \frac{C}{N^2}, \quad (1)$$

де C – загальна кількість зв'язків у когнітивній карті;

N – загальна кількість змінних у когнітивній карті.

Висока щільність карти свідчить про наявність великої кількості причинних зв'язків між змінними. Чим більше в карті взаємозв'язків, тим більше можливостей для зміни ситуації.

Щільність D нашої карти при $C = 93$, $N = 22$ складає 0,19, що свідчить про помірність її зв'язків.

2. Тип змінних відображає поведінку змінних один щодо одного. Крім того, кількість різних типів змінних у когнітивній карті полегшує розуміння структури карти. Розрізняють три типи змінних: передавачі, приймачі та звичайні змінні – які можна

виявити за допомогою показників вихідної (od_i) та вхідної (id_i) центральності.

Змінні-передавачі мають додатну вихідну центральність та нульову вхідну центральність, змінні-приймачі – додатну вхідну та нульову вихідну центральності, звичайні – ненульові вихідну та вхідну центральності. За результатами аналізу нашої когнітивної карти маємо 1 передавача, 10 приймачів та 11 звичайних змінних (рисунок 1, 2).

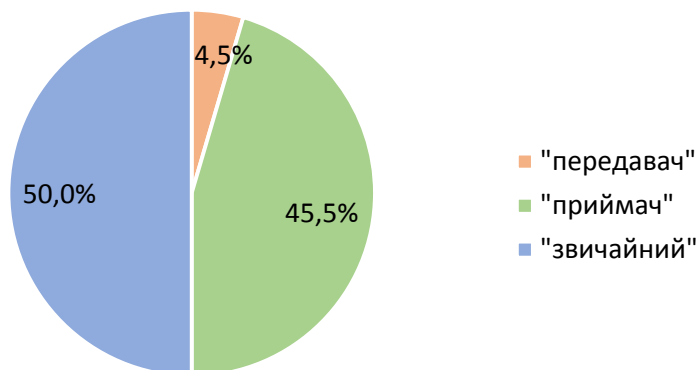


Рис. 1. Розподіл концептів за типом змінних

Джерело: побудовано авторами.

2.1. Вихідна центральність являє сукупну силу зв'язків (a_{ij}), що виходять зі змінної, що розглядається:

$$od_i = \sum_{k=1}^N a_{ik}, \quad (2)$$

де N – загальна кількість змінних.

У нашій когнітивній карті найбільшим впливом на інші концепти характеризуються інформатика ($od_i = 6,5$), математика ($od_i = 6,3$) та програмування ($od_i = 5,4$), вивчення яких формує необхідні компетентності.

2.2. Вхідна центральність являє собою сукупну силу зв'язків (a_{ij}), що входять у змінну, що розглядається:

$$id_i = \sum_{k=1}^N a_{ki}. \quad (3)$$

У нашій моделі найбільшого впливу з боку інших концептів когнітивної карти, як і очікувалося, зазнають навички: критичне мислення ($id_i = 4,4$), комп'ютерні технології ($id_i = 3,5$), когнітивна гнучкість ($id_i = 3,4$), комплекс вирішення проблем ($id_i = 3,2$), та робототехніка ($id_i = 3,2$), тобто ті концепти, які мають бути сформовані під впливом інших.

2.3. Загальна центральність змінної (td_i) – сума вхідної та вихідної центральностей, внесок концепту в когнітивну карту, що показує його зв'язок з іншими змінними та сукупну силу цих зв'язків:

$$td_i = \sum_{k=1}^N a_{ki} + \sum_{k=1}^N a_{ik}. \quad (3)$$

У когнітивних картах змінна може бути більш центральною з меншою кількістю зв'язків за умови їх більшої ваги.

Найбільший внесок у зв'язки когнітивної карти вносять ті ж самі концепти, що й мають найвищий показник вихідної центральності: інформатика ($td_i = 8,2$), програмування ($td_i = 7,6$) та математика ($td_i = 6,3$).

3. Співвідношення числа змінних-приймачів до змінних-передавачів (R/T), за допомогою якого порівнюються когнітивні карти з точки зору їх складності. Складні карти мають велике значення цього коефіцієнту, оскільки в них передбачається більше корисних результатів, що виробляються та використовуються у системі, та менше контрольованих впливів на навколишнє середовище, ніж у простих картах.

У нашій моделі співвідношення $R/T = 10/1 = 10$ свідчить про високу складність системи,

тобто й більшу точність результатів.

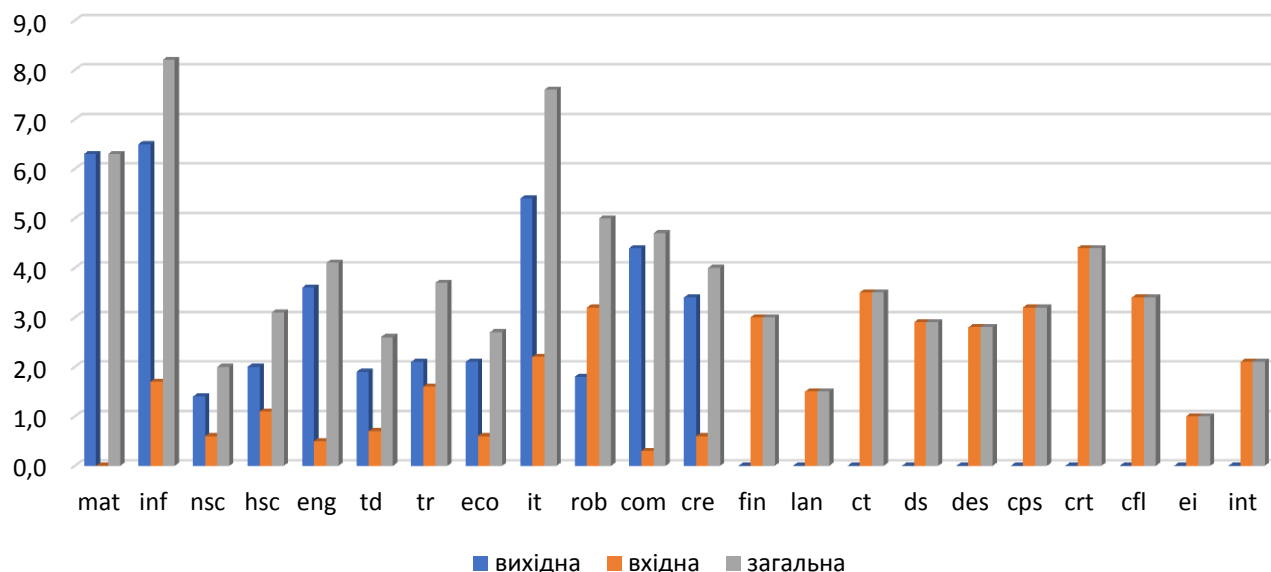


Рис. 2. Центральності концептів

Джерело: побудовано авторами.

4. Ще однією структурною мірою когнітивної карти є *індекс ієрархії* (h):

$$h = \frac{12}{(N-1)N(N+1)} \sum_i \left[od_i - \frac{\sum od_i}{N} \right]^2. \quad (4)$$

При $h = 1$ система повністю ієрархічна, $h = 0$ – демократична, отже й більш адаптивна до змін зовнішнього середовища через високий рівень інтеграції системи та її зв'язності.

У нашому випадку індекс ієрархії $h = 0,11$, що свідчить про високий рівень демократичності даної системи [4].

Верифікація моделі була проведена експертним методом без попередньо визначених критеріїв. Для її візуалізації було використано програмне забезпечення для аналізу мережових даних Ражек (рис. 3).

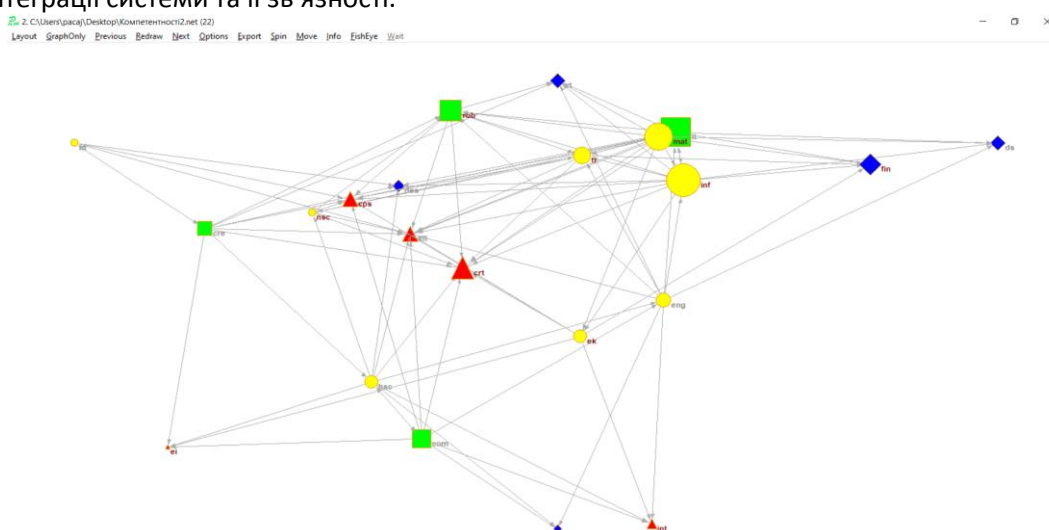


Рис. 3. Візуалізація когнітивної карти в середовищі Ражек

Джерело: побудовано авторами.

Для дослідження, а згодом і побудови матриць непрямого впливу (рисунок 4) на компетентності нами було використано максимінний критерій Вальда:

$$K = \max_i \min_j a_{ij}, \quad (5)$$

де K – максимінний критерій Вальда [10, с. 316].

Для кожного із концептів компетентностей було проаналізовано непрямі зв'язки між навчальною дисципліною та навичкою в межах орієнтованого графа та для кожного з альтернативних шляхів обрано мінімальне значення серед впливів. Кінцеве значення

формувалося на основі максимального серед мінімальних.

Усі наші подальші сценарії будувалися за умови збільшення частки кожної з базових дисциплін, впровадження в початковий план додаткових предметів, непередбачених чинною типовою освітньою програмою для рівня стандарту, зосередження уваги на раціональному використанні годин окремих дисциплін, що передбачені програмою МОН України, але їхнє викладання досі непоширене в навчальних закладах, та введення в позашкільну освіту учнів відповідних гуртків.

Відповідні матриці впливу предметів на компетентності представлені у таблиці 4.

Таблиця 4. Матриці впливу навчальних предметів на компетентності

Прямий вплив предметів на компетентності										
	fin	lan	ct	ds	des	cps	crt	cfl	ei	int
mat	0,7	0,0	0,5	0,7	0,0	0,5	0,6	0,1	0,0	0,0
inf	0,5	0,0	1,0	1,0	0,7	0,5	0,4	0,2	0,0	0,0
nsc	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,2	0,3	0,1	0,0	0,0
hsc	0,0	0,1	0,0	0,0	0,2	0,0	0,4	0,2	0,3	0,3
eng	0,0	1,0	0,3	0,4	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,5
td	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0
tr	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,4	0,3	0,0	0,0
eco	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3
Непрямий вплив предметів на компетентності										
	fin	lan	ct	ds	des	cps	crt	cfl	ei	int
mat	0,5	0	0,8	0,8	0,7	0,5	0,6	0,5	0	0,3
inf	0,5	0	0,9	0,8	0,2	0,5	0,6	0,5	0,1	0,1
nsc	0,3	0	0,3	0	0	0,2	0,3	0,3	0	0
hsc	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
eng	0,4	0	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,1	0,1
td	0,2	0,3	0,2	0	0,6	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3
tr	0	0	0,4	0	0	0,2	0,4	0,3	0	0
eco	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Джерело: побудовано авторами.

Усі обчислення були проведені за допомогою програмного інструмента FCMapper, застосовуючи функцію активації Коско, причому $A_i^{(0)}$ – початковий стан кожного з концептів. Система розраховується на кожному кроці t або до досягнення певної кількості ітерацій, або до насичення функції зі значенням епсилон в 0,001.

$$A_i^{(t+1)} = f \left(\sum_{j=1}^M w_{ji} A_j^{(t)} + A_i^{(t)} \right), \quad (6)$$

$$\text{де } f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (7)$$

На рисунку 4 наочно зображено вплив збільшення годин на вивчення дисциплін, вибір певних модулів дисципліни «Технології», впровадження курсу «Економіка» та гурткової діяльності в освітній програмі здобувачів середньої освіти на формування «hard skills» та «soft skills».

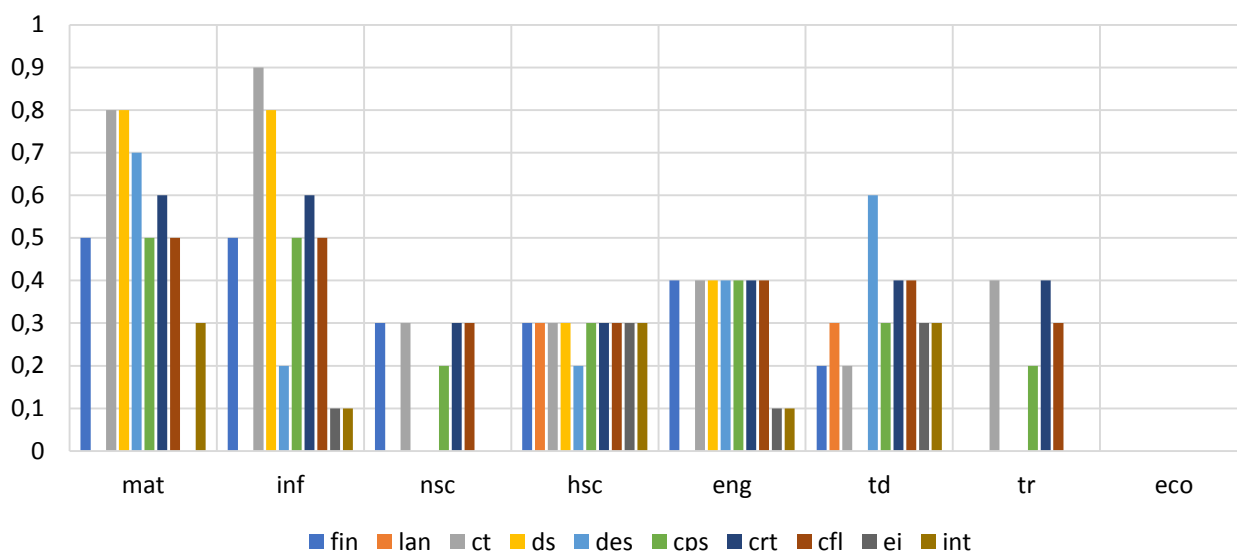


Рис. 4. Непрямий вплив навчальних дисциплін на формування навичок

Джерело: побудовано авторами.

Варто звернути увагу на відмінності між профільним навчальним планом та переліком пріоритетних компетентностей, формування яких пов'язане із набуттям навичок і вмінь загального використання та прямо не стосується подальшого обраного профілю навчання.

Висновки та перспективи подальших розвідок

Основний підхід до верифікації когнітивної карти полягає в аналізі та виявленні систематичних помилок, яких припускаються при створенні когнітивної карти. При цьому виділяють два основних типи ризиків:

1. Ризики хибного визначення причинно-наслідкових зв'язків між факторами (ризики хибної транзитивності), викликані зокрема некоректним визначенням рівня загальності поняття (фактора).

2. Ризик неправильної математичної інтерпретації сенсу зв'язку між факторами, що призводить до того, що вага зв'язку або впевненість у ньому задана некоректно, що може вплинути на всі розрахунки в майбутньому.

Ще один підхід до верифікації когнітивної карти полягає у формуванні детального пояснення щодо того, як був отриманий результат, наприклад, генерація звіту щодо того, як система дійшла отриманого результату з покроковим поясненням.

Відповідно до проведеного дослідження пропонується збільшити на 2 години тижневе навантаження з математики: незважаючи на те, що ця дисципліна прямо не впливає на жодну із компетентностей, вона є основоутворюючою для багатьох як «hard skills», так і «soft skills» завдяки непрямым зв'язкам (див. рисунок 1). Важливим також є збільшення кількості годин для викладання іноземної мови, яка прямо впливає на відповідну навичку.

Згідно з нашою моделлю найбільш компетентісно утворюючою є інформатика, вплив якої є найбільшим для «hard skills» та достатнім «soft skills», тому рекомендується збільшити її вивчення до 4 годин на тиждень. Внесення «Економіки» у навчальну програму здатне суттєво підвищити навичку «Фінансової грамотності».

Окремої уваги заслуговує дисципліна «Технології», яка за своїм змістом здатна суттєво вплинути на загальну компетентність здобувачів середньої освіти за умови використання потенціалу, що покладено в навчальну програму. Загальні висновки дослідження допоможуть посилити сукупні компетентності усіх здобувачів вищої освіти, які у майбутньому призведуть до посилення компетентностей вступників у заклади вищої освіти та, як наслідок, забезпечити ринок праці висококваліфікованими працівниками. Наразі, при не можливості вносити зміни до

навчальних планів для здобувачів середньої освіти, оскільки процес чітко регламентується МОН, необхідно забезпечити посилене вивчення математики, інформатики та

іноземної мови на перших курсах здобувачів вищої освіти, оскільки заклади вищої освіти мають більшу автономію щодо прийняття рішень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Dutt V. and Gonzalez C. Making instance-based learning theory usable and understandable: the instance-based learning tool. *Comput. Hum. Behav.* 28, 2012. P. 1227–1240. doi: 10.1016/j.chb.2012.02.006.
2. Толмен Едвард. Psychology OnLine.Net. URL: <https://www.psychology-online.net/articles/doc-53.html>.
3. Tolman E. Cognitive maps in rats and men. *Psychological Review*. 1948 Jul; 55(4): P. 189-208. doi: 10.1037/h0061626.
4. Robert Axelrod's Home Page. URL: <http://www-personal.umich.edu/~axe>.
5. Robert Axelrod, Michael D. Cohen. *Harnessing Complexity: Organizational Implications of a Scientific Frontier Hardcover*. 2000. Free Press; 1st edition. 208 p.
6. Eden, C. Behavioural considerations in group support. In D. M. Kilgour, & C. Eden (Eds.), *Handbook of Group Decision and Negotiation*. 2021. Vol. 2, pp. 777-792. Springer Nature Switzerland AG. doi:10.1007/978-3-030-49629-6.
7. Bart Kosko Fuzzy Cognitive Maps. *International Journal of Man-Machine Studies*. 1986. № 24: P. 65–75. doi:10.1016/S0020-7373(86)80040-2.
8. Національна економічна стратегія на період до 2030 року. Затверджена Кабінетом Міністрів України від 3 березня 2021 р. № 179. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennya-nacionalnoyi-eko-a179>.
9. Future of Jobs Report 2020. World Economic Forum. October 2020. 162 p. URL: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020>.
10. Johnston J., DiNardo J. *Econometric methods*. New York: McGraw-Hill, Inc., 1997. 525 p.

REFERENCES

1. Dutt, V. and Gonzalez, C. (2012). Making instance-based learning theory usable and understandable: the instance-based learning tool. *Comput. Hum. Behav.* 28, 1227–1240. doi: 10.1016/j.chb.2012.02.006.
2. Tolmen, Edvard. (n.d.). Psychology OnLine.Net. Retrieved from: <https://www.psychology-online.net/articles/doc-53.html>.
3. Tolman, E. (1948). Cognitive maps in rats and men. *Psychological Review*, 55(4), 189-208. doi: 10.1037/h0061626.
4. Robert Axelrod's Home Page. Retrieved from: <http://www-personal.umich.edu/~axe>.
5. Axelrod, Robert, & Cohen, Michael D. (2000). *Harnessing Complexity: Organizational Implications of a Scientific Frontier Hardcover*.
6. Eden, C. (2021). Behavioural considerations in group support. *Handbook of Group Decision and Negotiation*, 2, 777-792. doi:10.1007/978-3-030-49629-6.
7. Bart Kosko Fuzzy Cognitive Maps. (1986). *International Journal of Man-Machine Studies*, 24, 65-75. doi:10.1016/S0020-7373(86)80040-2.
8. Natsionalna ekonomichna stratehiia na period do 2030 roku. Zatverdzhena Kabinetom Ministriv Ukrainy vid 3 bereznia 2021 r. # 179. Retrieved from: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennya-nacionalnoyi-eko-a179>. [in Ukrainian].
9. Future of Jobs Report 2020. World Economic Forum. October 2020. 162 p. Retrieved from: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020>.
10. Johnston, J., & DiNardo, J. (1997). *Econometric methods*. New York: McGraw-Hill, Inc.

Oksana Hordei, Doctor of Economics, Professor, Professor of Public Finance Department, State Tax University, Ukraine

Bohdan Patsai, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Statistics, Information and Analytical Systems and Demography Department, Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine

THE USE OF MODELING IN THE LEARNING PROCESS IN THE FORMATION OF THE NECESSARY COMPETENCIES

Abstract

Introduction. With the integration of higher education in Ukraine into the world educational process and the strengthening of the role of global economic processes, there is an urgent need to train highly qualified professionals who are competitive in the labour market regardless of the European Union. The initial stage of this process is the formation of the world of competencies needed by applicants in further education and

professional activities. To effectively analyse the impact of academic disciplines on the formation of competencies, it is necessary to use mathematical modelling, in particular, it will be appropriate to use cognitive models that can solve predictive problems in conditions of uncertainty. Goal. The purpose of the article is to create a cognitive model of the educational process of higher education to provide conditions for the implementation of an effective curriculum for the formation of the necessary competencies.

Method (methodology). The main methods used in the research process: cognitive modelling (construction of cognitive maps to determine the indirect impact of disciplines on the set of competencies), expert method (for the formation of subject connections) and mathematical apparatus (activation functions Cosco and sigmoids for reflection of uncertainty, dynamics states of concepts and connections between them).

Results. The article forms a list of concepts and relevant relationships based on qualitative methods of analysis and builds a mathematical model of cognitive maps of the educational process. An analysis of the impact of different subjects on the formation of "hard skills" and "soft skills". Different scenarios of changes in the curriculum and their impact on the formation of relevant competencies are analysed.

Conclusions. Based on the main provisions on the prospects for the development of the range of skills that a graduate of 2030 should have, which are highlighted in the National Economic Strategy until 2030 and the World Economic Forum report proposes to increase attention and increase teaching hours in three main disciplines: mathematics, computer science and foreign language. These disciplines are fundamental to many, both "hard skills" and "soft skills" due to indirect links with other disciplines. Only due to this, Ukrainian graduates will have a high competitive position in the labour market.

Keywords: modeling; cognitive map; competence; education and science system; cognitive flexibility; critical thinking.

Cite as: Hordei, O., and Patsai, B. (2022) The use of modeling in the learning process in the formation of the necessary competencies. *Economic analysis*, 32 (2), 62-72. DOI: 10.35774/econa2022.02.062