

*М.Г. Коляда, Луганський національний університет імені Тараса Шевченка*

## **ВИКОРИСТАННЯ ТЕОРІЇ КАТАСТРОФ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ КІЛЬКОСТІ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ МАЙБУТНЬОГО ФАХІВЦЯ СФЕРИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ**

Коляда М.Г.

Використання теорії катастроф для визначення оптимальної кількості компетентностей майбутнього фахівця сфери інформаційної безпеки

У статті розглядається використання теорії катастроф для визначення оптимальної кількості компетентностей майбутнього фахівця сфери інформаційної безпеки. Автор наводить розрахунки, використовуючи поверхню типу «зборки в просторі» і на площини для дидактичних систем, що самоорганізуються.

*Ключові слова:* компетентності, компетенції, дидактична система, теорія катастроф.

Коляда М.Г.

Использование теории катастроф для определения оптимального количества компетентностей будущего специалиста сферы информационной безопасности

В статье рассматривается использование теории катастроф для определения оптимального количества компетентностей будущего специалиста сферы информационной безопасности. Автор приводит расчеты, используя поверхность типа «сборка в пространстве» и на плоскости для самоорганизующихся дидактических систем.

*Ключевые слова:* компетентности, компетенции, дидактическая система, теория катастроф.

Входження України у світову спільноту вимагає від майбутніх фахівців із захисту інформації реалізації нових підходів у їх підготовці, наявності цілісного освітнього простору, де виразною ознакою його змісту є розбудова компетентнісно-орієнтованої основи. Міжнародні освітні парадигми вважають не просте накопичення студентами знань та предметних умінь і навичок, а формування уміння вчитися, оволодіння навичками пошуку інформації,

здатності до самонавчання упродовж життя. Вони дають рекомендації в реалізації цих завдань через компетентнісний підхід як важливий засіб модернізації змісту професійної вищої освіти.

Компетентнісний підхід в системі вищої освіти є предметом наукового дослідження як українських (С. Ніколаєнко, О. Овчарук, Л. Пильгун, О. Пометун, С. Сисоєва, Т. Смагіна, Г. Терещук, Н. Фоменко та ін.), так і російських науковців (В. Болотов, Е. Бондаревська, І. Зимня, В. Краєвський, В. Серіков, А. Хутірський та ін.). Характеристику компетентнісного підходу знаходимо у зарубіжних дослідженнях учених, серед яких найбільш відомі Дж. Равен, Дж. Боуден, С. Маслач, М. Лейтер, Е. Шорт, Е. Тоффлер, Р. Уайт, А. Бермус, Р. Хайгерті, А. Мейхью та ін.

Аналіз останніх досліджень і публікацій цих авторів, показує, що вони розглядають більш загальні проблеми компетентнісно-орієнтованого навчання, компетентнісний підхід у студентів різного профілю, технології формування їх ключових, загальних, предметних, професійних компетентностей, але ж ніхто із цих науковців не торкався питання оптимального відбору кількості професійних компетенцій того, кого навчають. Ця тема мало вивчена, і тому розробка її дуже *актуальна* і своєчасна, вона має великі перспективи практичної реалізації.

У більшості дослідників «компетенція» трактується як задана норма, вимога до підготовки фахівця, а «компетентність» розглядається як сформована якість, результат діяльності, «надбання» студента. А, відтак, професійна компетентність – це базова характеристика діяльності фахівця, яка включає як змістовий (знання), так і процесуальний (уміння, навички) компоненти, і має головні суттєві ознаки, а саме: мобільність знань, гнучкість методів професійної діяльності і критичність мислення. А скільки таких якостей у кількісному вимірі повинно бути сформовано у майбутнього фахівця конкретного кваліфікаційного рівня, 10, 20, 50, 100,... чи 300 або 500?

**Метою статті** є визначення кількості оптимальних компетентностей майбутнього фахівця сфери інформаційної безпеки з використанням основ теорії систем.

**Завдання статті** – застосувати теорію катастроф до складних освітніх процесів на прикладі оптимального визначення кількості компетентностей студентів-випускників вищих навчальних закладів напряму підготовки 1701 «Інформаційна безпека».

**Виклад основного матеріалу.** Компетенція та компетентність є взаємодоповнюючими та взаємообумовлюючими поняттями. Компетентність, як і компетенція, є інтегральною характеристикою особистості, здобутими нею якостями, де узагальнюючою категорією двох понять виступає діяльність. Тобто компетенція є сферою відношень, що існують між знанням та дією у практичній, професійній діяльності випускника ВНЗ. Отже, без знань немає компетенції, проте не кожне знання і не в будь-якій ситуації проявляє себе як компетенція.

На підставі аналізу загальних положень синергетики, представлених у працях ведучих теоретиків (Г. Хакен [1], І. Пригожин [2], С. Курдюмов [3]), ми виділили ряд найбільш істотних моментів, облік яких необхідний для систематичного опису самоорганізуємих дидактичних процесів. Це уявлення про неурівноваженість, відкритість і нелінійність як основних особливостей самоорганізуємих систем і процесів, а також поняття точок біфуркації, випадковості, аттракторів, хаосу і порядку, які використовуються для їх опису. Ми структурували перераховані дефініції, розробивши загальну модель процесів самоорганізації (рис. 1).



Рис. 1. Загальна модель самоорганізації

Модель включає три основні стадії процесу самоорганізації: початковий стійкий стан (*a*), проміжний нерівноважний (*b*) і новий рівноважний стан (*c*); а також два типи причин, що обумовлюють перехід системи з одного стану в інший: критична зміна умов обміну із інформаційно-освітнім та професійно-освітнім середовищем енергією чи інформацією (*1*), у результаті якої система виявляється в точці біфуркації, визначеному стані нестійкості, і хаотичний вплив на систему випадкових факторів (*2*), що схиляють систему до нового стану стійкості, відповідно до одного з *можливих таких станів, або аттракторів*. Дана схема дозволяє описувати процеси самоорганізації самої різної природи, в тому числі і дидактичної.

Для того щоб синергетичні уявлення про самоорганізацію дидактичної системи могли використовуватися в педагогіці, на наш погляд, необхідна дидактична інтерпретація основних категорій, використовуваних синергетикою для опису таких процесів. Такими є категорії самоорганізації, аттракторів, неурівноваженості (відкритості), хаосу, біфуркації.

Різка зміна властивостей системи при малій зміні величини параметра порядку називають *біфуркацією* (від лат. *bifurcus* – роздвоєний). Усяка біфуркація супроводжується стрибком системи з одного стаціонарного стану в інший. Слово «*біфуркація*» означає роздвоєння і вживається в широкому сенсі для позначення всіляких якісних перебудов чи метаморфоз різних об'єктів при зміні параметрів, від яких вони залежать. Ряд послідовних біфуркацій викликає в системі втрату порядку і появи хаосу.

Стрибкоподібний перехід системи з одного стаціонарного стану в інший при монотонній зміні одного чи декількох параметрів порядку називається *катастрофою*. Тобто, катастрофа – це раптова відповідь системи на плавну зміну зовнішніх умов.

У рамках нашого дослідження, використовуючи *теорію катастроф*, яка розроблена французьким математиком Рене Томом [4] і *теорію особливостей гладких відображень* (Хаслер Уітні), та спираючись на матеріали статистичних досліджень, було встановлено, що дидактична система існує і розвивається у

вигляді напівкубічної параболоїдної залежності між рівнем дисгармонії і величиною системи (див. графік на площині керуючих параметрів рис. 2). Точніше сказати, ця залежність є кінцевим відображення складного об'ємного рішення у двомірній площині. На відміну від єдиного рівноважного стану ізольованої системи, у відкритій системі, до якої належить дидактична система, може бути кілька стаціонарних станів. Тобто, рівноважний стан розгалужується на кілька стаціонарних станів (у найпростішому випадку роздвоюється). Для переходу системи з одного стану в інший, достатньо досить дуже малої зміни, деякого керуючого параметра – *параметра порядку*.

Проілюструємо застосування теорії катастроф до складних освітніх процесів на прикладі *оптимального визначення кількості компетентностей майбутнього фахівця сфери інформаційної безпеки*. У якості внутрішньої змінної (глобальної характеристики процесів) приймемо швидкість зміни індексу середнього значення компетентностей Дж. Равена [5], а управляючими параметрами зробимо перемінні  $a_1$  і  $a_2$ , що характеризують відповідно – додатковий попит на кількість компетентностей з боку роботодавців і частку коштів, які направляються на підготовку фахівців з державного бюджету. Зарубіжні й вітчизняні автори (І. Єрмаков [6], О. Савченко [7], А. Хуторський [8]) наголошують, що ключеві компетентності у навчанні змінні, вони мають рухливу структуру і залежать від пріоритетів суспільства, цілей освіти, особливостей і можливостей самовизначення особистості в соціумі. *Дж. Равен побудував таку модель із 143 елементів компетентностей у навчанні, виділивши їх у когнітивну, діяльнісну, мотиваційну та соціальну сферу.*

Для того щоб математична модель цієї ситуації відповідала канонічній катастрофі типу «зборки» (це і є – Суміжність), необхідно певним чином вибрати одиниці вимірів усіх змінних, які будуть задіяні. Також необхідно врахувати і забезпечити дотримання ряду досить жорстких умов. Це умови, при виконанні яких залишаються справедливими гіпотези теорії катастроф, а результати її застосування мають ненульову цінність. Необхідно суворо виконати такі умови:

1) динаміка всієї дидактичної системи чи динаміка внутрішніх об'єктів системи повинна описуватися гладкою функцією, тобто бути  $C^\infty$  – функцією перемінних і належати до так званого градієнтного типу;

2) вектор параметрів системи повинний мати не більше п'яти компонентів (це підходить до будь-якої дидактичної системи);

3) рівновага дидактичної системи на графіку повинна бути тільки в нерухомих точки: система не повинна мати граничних циклів, аттракторів та інших більш екзотичних типів рівноважних станів. Іншими словами, у такій системі можливі тільки «елементарні» катастрофи.

Відповідно до теорії М. Ейгена [9], самоорганізація не є очевидною властивістю матерії, що обов'язково виявляється при будь-яких обставинах. Перш ніж такий процес стане неминучим, повинні бути виконані не тільки компоненти ненульової цінності, а і визначені внутрішні і зовнішні умови. Самоорганізація починається з *флуктуації*. Для виникнення процесу самоорганізації необхідні інструктивні властивості системи на мікрорівні.

Якщо ці умови дотримані, то безліч усіх положень рівноваги для вибору оптимальної кількості компетентностей утворюють поверхню типу «зборки в просторі» і на площині, яка обумовлена управляючими змінними  $a_1$  і  $a_2$ , можна вивести рівняння зв'язку між ними. Сам вивід ми опустимо, укажемо тільки на вигляд вихідного рівняння і рівняння, з якого воно отримано. Зв'язок між перемінними  $a_1$  і  $a_2$  має вигляд:

$$a_2 = 5,67a_1^{2/3} \text{ або } 27a_1^2 - 4a_2^3 = 0$$

Ці рівняння знаходять з рівняння канонічного потенціалу для зборки:

$$f(x_1, \alpha_1, \alpha_2) = \frac{x_1^4}{4} + \frac{\alpha_1}{2} x_1^2 + \alpha_2 x_1$$

на підставі умови, відповідно до якої уздовж ліній зборки повинно виконуватися:

$$\frac{\partial f}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = 0$$

За допомогою зазначених співвідношень можна виключити  $x$  і одержати

представлений вище результат для  $a_1$  і  $a_2$  (рис. 2).

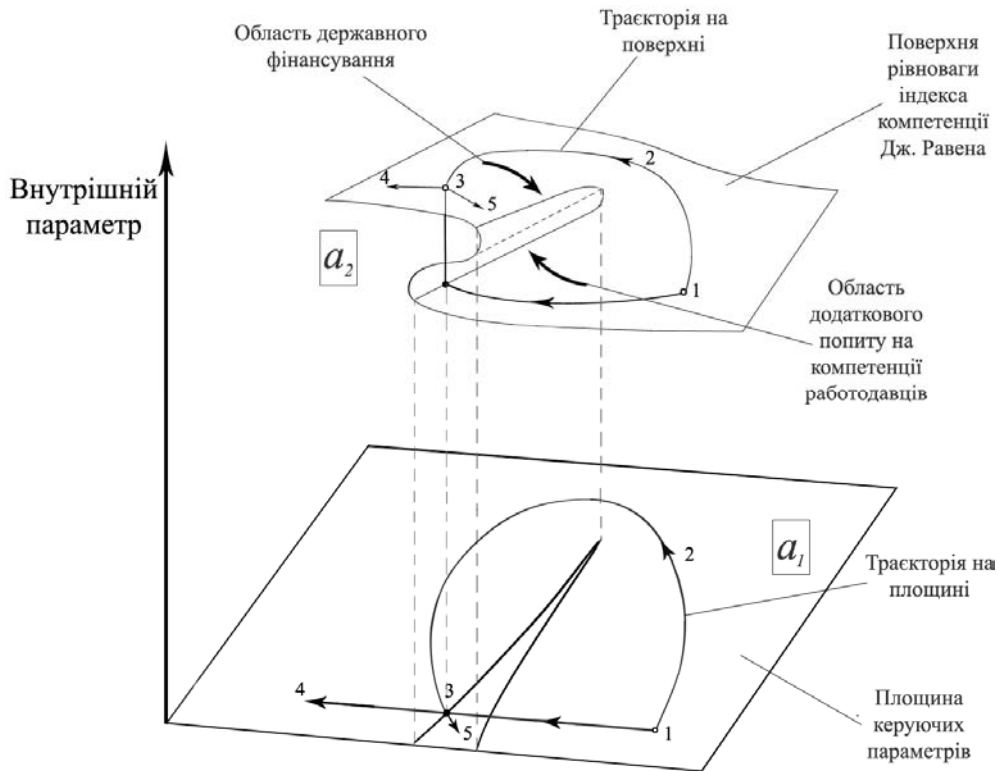


Рис. 2. Катастрофа типу «зборка» для моделі вибору кількості компетентностей майбутніх фахівців в галузі інформаційної безпеки

Важко оцінити поведінку системи по всій безлічі можливих траєкторій на поверхні рівноваги. Тому розглянемо такий варіант значень перемінних, при якому можна зробити висновок про близькість динаміки системи до «хлопку». Припустимо, що вектор початкових параметрів  $\mathbf{a}$  описується наступними значеннями: додатковий попит роботодавців  $a_1=0,1$  відносних одиниць і частка коштів, що направляються на підготовку фахівців з державного бюджету –  $a_2=0,58$  відносних одиниць; тобто вектор  $\mathbf{a}=(0,1; 0,58)$ . Ці значення отримані при емпіричних дослідженнях, тобто експериментально встановлено, що 10% залежить від додаткового фінансування майбутніх фахівців сфери інформаційної безпеки роботодавцями і, відповідно, 58% – від державного фінансування. У цьому випадку виявиться, що найближча до вектора  $\mathbf{a}$  точка на біфуркаційній кривій виявляється тотожною  $\mathbf{b}(\mathbf{a})=(0,3; 0,44)$ .

Таким чином, вектор  $\mathbf{v}(\mathbf{a})$  має вигляд (різниця між цими двома векторами):

$$\mathbf{v}(\mathbf{a})=(0,2; -0,133).$$

Вектор  $v(\mathbf{a})$  являє собою перемінну  $\mathbf{a}$ , яка необхідна для того, щоб перетнути біфуркаційну криву. Аналіз значень вектора  $v(\mathbf{a})$  показує, що модель вибору кількості компетентностей майбутніх фахівців, яка описується вектором  $\mathbf{a}$ , володіє майже вдвічі більш високої адаптованістю стосовно до перемінної  $a_1$  (тобто фінансування потреб, що вимагають роботодавці щодо кількості компетентностей зазначених фахівців), чим до перемінної  $a_2$  (тобто частки коштів, що направляються на формування компетентностей фахівців з державного бюджету).

Відзначимо факт, що для проективної кривої зборки на площину вона являє напівкубічну параболу (рис. 3) (див. також площину керуючих параметрів рис. 2). Якщо розглядати її у відповідно обраній системі координат, то кожна з ліній її гілок являє собою аналог кривих апроксимуючого так званого *закону Розвитку*. Примітно, що основна характеристика самодостатніх дидактичних систем, що розвиваються – це теж *гіперболічний закон Розвитку* типу  $A/F^{1,618}$ , що проявляється в різних соціально-суспільних явищах. Для нашого випадку ця закономірність приймає таку формулу:

$$D(x) = \frac{1}{(B-x)^{1,618033}}$$

Як бачимо в цій формулі фігурує число 1,618 – так звана константа «золотого перетину» (або відношення чисел Фібоначчі), це доказує, що методологія гармонії і концепція «золотої пропорції» відслідковується і в таких складних системах. А це є додатковим доказом, що наші припущення, щодо використання теорії катастроф для вивчення дидактичних систем, є доцільним, і що отримані результати є об'єктивним відображенням скритих можливостей в дидактичних процесах.

За нашими розрахунками, оптимальний інтервал, в якому знаходиться число компетентностей майбутнього фахівця із захисту інформації та управління інформаційною безпекою, залежить від мети професійної діяльності або передбачуваного результату, що визначається різноманіттям професійних завдань, і складає: мінімально – 52 (серед яких: загальних – 20, спеціальних – 26,



спеціальних за типами дивергентного мислення – б), максимально – 84 компетентності.

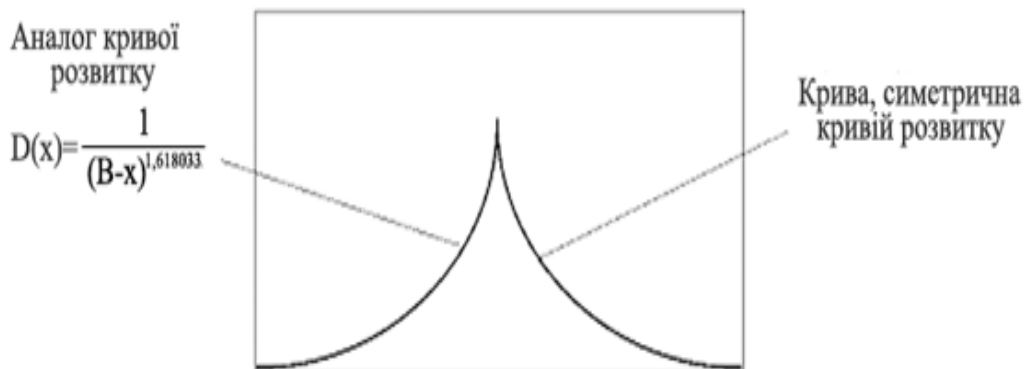


Рис. 3. Напівкубічна парабола – проєктивна крива «зборки» на площину

Розуміло, що це число можна було б довести до максимального, тобто до 143 елементів Дж. Равена, але ж тоді прийшлося б зняти обмеження на об'єм використання державних коштів і на час підготовки таких фахівців (використання державних коштів завжди має обмеження, і термін підготовки бакалаврів фіксований – 4 роки навчання). Примітно, що відношення отриманих нами оптимальних кількісних показників  $84 : 52 \approx 1,618$ , що ще раз підтверджує гармонію у виборі граничних значень оптимального інтервалу на шкалі компетентностей, і відповідно – правильність результатів роботи нашої моделі «катастроф».

Зазначимо, що компетентність на відміну від компетенції передбачає особистісну характеристику, ставлення до предмета професійної діяльності бакалавра (тобто, спеціаліста рівня майстра) сфери інформаційної безпеки. Дослідник Н. Бібік указує, що «компетенції можуть бути виведені як реальні вимоги до засвоєння студентами сукупності знань, способів діяльності, досвіду ставлення з певної галузі знань, якостей особистості, яка діє в соціумі» [10, с. 409]. Компетенції виступають вимірниками навчальних досягнень тих, кого навчають і встановлюють набір системних характеристик для проектування освітніх стандартів – тобто вони і є показниками якості професійної освіти. Саме компетенції пов'язують теоретичні знання з їх практичним використанням (уміннями та навичками). *Перелік професійних*

*компетенцій співвідноситься з відповідними компетентностями майбутнього фахівця, тому максимальне розраховане нами число компетенцій (224) співвідноситься з максимальним числом компетентностей за Дж. Равеном (143) і тому повинно бути доповнено до цієї кількості.*

Розглядаючи властивості розвитку дидактичної системи, серед яких самоорганізація займає центральне місце, ми скористалися обчисленнями, які провели В. Кузнєцова і М. Раков [11] стосовно того, що в системі, що самоорганізується, *структурна надмірність* дорівнює 61,06; *ступінь однорідності* – 3,575; *структурна компонентність* (від слова «компонента») – 1,03; *ступінь централізації* – 0,035. Спираючись на теорію системного аналізу [12] і відповідно до набору цих даних, ми прийшли до висновку, що при таких значеннях дидактична система буде характеризуватися *високим ступенем зв'язності, великою надмірністю і рівномірним розподілом зв'язків*, що в сукупності визначає її *високу надійність*. А якщо значення компактності (кількість елементів, що розглядаються) системи, що самоорганізується, *близько до мінімального*, то це обумовлює її *високу швидкість до зміни*.

**Висновок.** Значущість розрахунку цих показників для теорії дидактичних систем полягає в тому, що ці результати є вивіреними і обчисленими для різних типів систем, і кожного разу вони повторюють ці значення. Це підкреслює їх закономірність і тому їх можна використовувати для прогнозу інших соціальних систем (наприклад, електоральних систем на виборах). Знаходження кількісної специфіки самоорганізації в дидактичній системі вперше дає змогу науково прогнозувати освітні процеси, спираючись не тільки на аксіоматичні результати педагогіки, а й на об'єктивні закони існування й розвитку дидактики як науки.

Перспективи подальших розвідок у даному напрямку потребують використання синергетичний підходів, зокрема, теорії катастроф і теорії гладких відображень не тільки у кількісних розрахунках параметрів дидактичних систем, але й у виявленні їх якісних закономірностей.

## Література

1. **Хакен Г.** Синергетика. Пер с англ. – М.: Мир, 1980. – 406 с.
2. **Пригожин И.,** Стенгерс С. Порядок из хаоса: новый диалог человека с природой. – М.: Эдиториал УРСС, 2003. – 312 с.
3. **Князева Е.Н.,** Курдюмов С.П. Основания синергетики. Режимы с обострением, самоорганизация. Темпомиры. – СПб.: Алетейя, 2002. – 414 с.
4. **Том Р.** Структурная устойчивость и морфогенез – М.: Логос, 2002. – 280 с.
5. **Равен Д.** Педагогическое тестирование: Проблемы, заблуждения, перспективы [пер. с англ.]. – М.: Когито-Центр, 1999. – 144 с.
6. **Життєва компетентність особистості.** Науково-методичний посібник / За ред. Л. В. Сохань, І. Г. Єрмакова, Г. М. Несен – К.: Богдана, 2003. – 520 с.
7. **Савченко О.Я.** Зміст шкільної освіти на рубежі століть // Шлях освіти. – 2000. – № 3. – С. 2 – 6.
8. **Хуторской А.В.** Ключевые компетенции как компонент личности ориентированной парадигмы образования // Народное образование. – № 2 – 2003, с. 58 – 64.
9. **Эйген М.** Самоорганизация материи и эволюция биологических макромолекул: Пер. с англ. – М.: Мир, 1973. – 216 с.
10. **Енциклопедія освіти /** Акад. пед. наук України; головний ред. В.Г. Кремень. – К.: Юрінком Інтер, 2008. – 1040 с.
11. **Кузнецова В.Л.,** Раков М.А. Самоорганизация в технических системах. – Киев: Наукова думка, 1987. – 200 с.
12. **Александров В.В.** Развивающиеся системы. В науке, технике, обществе и культуре: Ч. 1. Теория систем и системное моделирование. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2000. – 243 с.

Kolyada M.G.

Use of theory of catastrophes for determining the optimum amount of kompetentnostey of future specialist of sphere of informative safety

In the articles the use of theory of catastrophes is examined for determining the optimum amount of kompetentnostey of future specialist of sphere of informative safety. An author brings calculations over, utilizing the surface of type «assembling in space» and on a plane for the self organized didactic systems.

*Keywords:* to the competence, jurisdictions, didactic system, theory of catastrophes.

#### Відомості про автора

*Коляда Михайло Георгійович* – кандидат педагогічних наук, доцент; докторант кафедри педагогіки Луганського національного університету імені Тараса Шевченка, доцент кафедри теоретичної і практичної інформатики ЛНУ імені Тараса Шевченка. Основні наукові інтереси зосереджені навколо проблематики підготовки фахівців із захисту інформації та управління інформаційною безпекою; прогнозування і моделювання педагогічних процесів; штучний інтелект в освіті.