

Фіногенова І.О.

аспірантка,
Одеський національний морський університет

Finogenova Iryna

Odessa National Maritime University

МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ ОСВІТНЬОЇ ТРАЄКТОРІЇ В СИСТЕМІ ФАХОВОЇ ОСВІТИ НА ОСНОВІ КОМПЕТЕНТНІСНОГО РОЗРИВУ

MODEL OF INDIVIDUAL EDUCATIONAL TRAJECTORY FORMATION IN THE VOCATIONAL EDUCATION SYSTEM BASED ON COMPETENCY GAP

У статті представлено математично обґрунтовану модель формування індивідуальної освітньої траєкторії для персоналізації освітнього процесу в системі фахової освіти. Розроблено формалізовану модель, що інтегрує діагностику початкових компетентностей здобувачів, визначення вимог до результатів навчання, оптимальний підбір освітніх компонентів та багатокритеріальну оцінку ефективності. Центральним поняттям є компетентнісний розрив як основа персоналізації, що визначає невідповідність між наявними та вимогами компетентностями. Виділено чотири типи компетентнісних розривів: кількісний, якісний, структурний та актуалізаційний. Запропоновано експоненційну функцію трансформації компетентностей, що відображає природну динаміку навчання, та цільову функцію оптимізації з урахуванням ефективності формування компетентностей, використання фінансових і часових ресурсів. Визначено систему обмежень для забезпечення відповідності освітнім стандартам. Практична апробація підтвердила застосовність моделі для оптимізації освітніх процесів та підвищення якості підготовки фахівців.

Ключові слова: індивідуальна освітня траєкторія, фахова освіта, компетентнісний розрив, математична модель, оптимізація освітнього процесу.

The contemporary vocational education system faces unprecedented challenges in ensuring effective professional training that meets rapidly evolving labor market demands and technological advancement requirements. Traditional uniform educational approaches prove insufficient for addressing diverse learner needs, varying professional backgrounds, and dynamic industry competency requirements. This necessitates development of personalized educational pathways capable of optimizing learning outcomes while efficiently utilizing available resources. The research addresses critical gaps in mathematical formalization of individual educational trajectory formation within vocational education contexts. Current theoretical frameworks lack comprehensive models integrating competency diagnostics, learning objectives specification, optimal educational component selection, and effectiveness evaluation mechanisms. Existing approaches inadequately address dynamic relationships between initial learner competencies, target professional requirements, and optimal resource allocation strategies. The study proposes novel mathematical framework for individual educational trajectory optimization, introducing competency gap concept as central mechanism for personalized learning path determination. Four distinct types of competency gaps are identified: quantitative gaps reflecting insufficient mastery levels, qualitative gaps indicating competency type mismatches, structural gaps representing imbalances between competency categories, and actualization gaps caused by outdated competency relevance. The model encompasses initial competency assessment methodologies, requirement specification frameworks based on industry standards, educational component characterization systems, temporal synchronization mechanisms ensuring logical learning progression, and effectiveness evaluation approaches. Exponential transformation function models competency development dynamics, reflecting natural learning curves with rapid initial progress and gradual deceleration toward mastery levels. Target optimization function incorporates competency formation effectiveness, financial resource utilization efficiency, and temporal resource optimization through weighted coefficient system. Research methodology combines theoretical modeling approaches with practical validation through educational institution case studies, demonstrating applicability and effectiveness of proposed mathematical frameworks.

Keywords: individual educational trajectory, vocational education, competency gap, mathematical model, educational process optimization.

Постановка проблеми. Сучасна система фахової освіти функціонує в умовах швидких технологічних змін, зростаючих вимог ринку праці до компетентностей випускників та необхідності забезпечення конкурентоспроможності на міжнародному рівні. Традиційна модель освіти, що передбачає уніфікований підхід до всіх здобувачів, не завжди забезпечує ефективне формування необхідних професійних компетентностей, особливо в умовах динамічних змін ринкових відносин.

Система фахової освіти, яка включає професійну (професійно-технічну), фахову передвищу, вищу та післядипломну освіту, має стратегічне значення для формування людського капіталу та забезпечення ринку праці кваліфікованими кадрами. В умовах ринкової конкуренції заклади фахової освіти повинні орієнтуватися на потреби цільових аудиторій та підвищувати конкурентоспроможність освітніх послуг, що вимагає нових підходів до організації освітнього процесу.

Особливу актуальність набуває проблема формування індивідуальних освітніх траєкторій у контексті компетентнісного підходу, який є основою сучасної освітньої парадигми. Динамічний зв'язок між ринком фахової освіти та ринком праці визначає підвищені вимоги до кваліфікації спеціалістів, що потребує персоналізованого підходу до навчання з урахуванням індивідуальних особливостей, попереднього досвіду та цілей здобувачів освіти.

Необхідність математичної формалізації процесу побудови таких траєкторій зумовлена потребою в об'єктивному оцінюванні ефективності освітнього процесу та оптимізації використання ресурсів. Традиційні управлінські підходи (системний, процесний, компетентнісний, ціннісний) мають суттєві обмеження: вони недостатньо враховують динамічність освітнього середовища, слабо адаптуються до швидких змін ринку праці та технологічних інновацій, часто фокусуються на сталих елементах освітнього процесу, нехтуючи потребою в гнучкості та індивідуалізації навчання.

Особливо гостро ця проблема проявляється в сферах, що вимагають високого рівня практичних навичок та відповідності міжнародним стандартам, зокрема в морській фаховій освіті, де відсутність ефективної системи індивідуальної підготовки може мати критичні наслідки для безпеки мореплавства та конкурентоспроможності фахівців на міжнародному ринку праці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичні засади індивідуалізації освіти розглядаються в працях провідних вітчизняних та зарубіжних науковців. Системний підхід до освітніх послуг досліджують Кремень В.Г., Луговий В.І., Саух П. Ю. [1], які розглядають освітню послугу як цілісну структуру взаємопов'язаних елементів, що характеризується цілісністю та

ємерджентністю, структурованістю, ієрархічністю, динамічністю та зв'язком із зовнішнім середовищем. Процесний підхід представлений у роботах Сисоєвої С.О. [2], яка акцентує на послідовності етапів трансформації знань, підкреслюючи безперервність формування компетентностей. Компетентнісний підхід активно розробляється Радкевич В.О. [3], які наголошують на практичному застосуванні знань та формуванні професійних компетентностей. Ціннісний підхід до освітніх послуг висвітлюється в роботах Крижко В.В. [4], який характеризує освітню послугу через набуття професійних компетентностей, підвищення соціального статусу та розширення кар'єрних можливостей. Сухомлинська О.В. [5] розглядає освітню послугу як інструмент культурної трансмісії, що забезпечує передачу соціокультурного досвіду між поколіннями. Шолох О.А. [6] акцентує на професійній самореалізації, конкурентоспроможності та соціальній мобільності як основних проявах цінності освіти. Проектний підхід в освіті досліджується Бушуєвим С.Д., Криворучко О.В., Цюцюрою М.І. [7], Білощицьким А.О. [8], які обґрунтовують необхідність застосування методологій управління проектами в освітньому середовищі. Значна кількість наукових досліджень присвячена вивченню специфіки проектів закладів фахової освіти, зокрема закладів вищої освіти. Питання управління освітніми проектами розглядаються в роботах Кузьмінської Ю.М., Данченко О.Б., Бедрія Д.І. [9], Рача В.А., Борзенко-Мірошніченко А. Ю. [10], які досліджують особливості формування та реалізації освітніх проектів. Моделювання освітніх процесів представлено в роботах зарубіжних дослідників, зокрема Etzkowitz Н. [11], який демонструє взаємодію ключових систем в освіті, розширюючи системний погляд через демонстрацію взаємодії трьох ключових систем: університету, промисловості та уряду.

Водночас, аналіз проведеного огляду літератури показує наявність значної прогалини у дослідженнях. Більшість робіт з проектного управління в освіті зосереджені переважно на вивченні різноманітних аспектів діяльності проектно-орієнтованих закладів вищої освіти, тоді як питання управління проектами в інших секторах фахової освіти, зокрема професійно-технічній, досліджується недостатньо. На думку Білощицького А.О. [8], дослідження в галузі управління проектами освітньої сфери поки що не об'єднані єдиним підходом, який міг би бути основою проблемно-орієнтованої методології. Критичним недоліком існуючих підходів є відсутність комплексних математично обґрунтованих моделей формування індивідуальних освітніх траєкторій, які б інтегрували різні управлінські підходи та забезпечували оптимізацію освітнього процесу. Існуючі дослідження фокусуються на окремих аспектах освітньої діяльності

закладів, але потребують інтеграції в єдину методологічну систему, особливо в контексті специфічних галузей, таких як морська освіта, де вимоги до якості підготовки безпосередньо пов'язані з безпекою мореплавства.

Постановка завдання. Метою статті є розробка та презентація формалізованої математичної моделі індивідуальної освітньої траєкторії для оптимізації процесу надання фахової освіти з урахуванням індивідуальних потреб здобувачів та вимог ринку праці.

Виклад основного матеріалу дослідження. Індивідуальна освітня траєкторія (Individual Educational Trajectory, IET) – персоналізований шлях реалізації освітнього потенціалу здобувача, що формується з урахуванням його здібностей, потреб, мотивації та наявних компетентностей [12]. Оптимальна індивідуальна освітня траєкторія (IET) визначається як

$$IET = \arg \max (Q(IET)) | \text{Comp}(IET) \geq \text{Creq} \quad (1)$$

де $Q(IET)$ – цільова функція, що визначає ефективність освітньої траєкторії IET ;

$\text{Comp}(IET)$ – функція, що визначає рівень компетентностей, досягнутих за траєкторією IET ;

Creq – вимоги до компетентностей відповідно до стандартів.

Формалізована модель індивідуальної освітньої траєкторії (IET) має вигляд

$$IET = \langle \text{Cin}, \text{Creq}, \text{Ogap}, \text{OC}, \text{OS}, \text{T}, \text{EL}, \text{Q} \rangle, \quad (2)$$

де Cin – початкові компетентності здобувача;

Creq – вимоги до компетентностей;

Ogap – компетентнісний розрив;

OC – освітні компоненти;

OS – освітня синхронізація;

T – часові параметри;

EL – показники ефективності освіти;

Q – цільова функція індивідуальної освітньої траєкторії.

Початкові компетентності здобувача представлені як множина з рівнями їх сформованості

$$\text{Cin} = \{(\text{Cin}_h, I_h) | h = 1, 2, \dots, m\}, \quad (3)$$

де Cin_h – конкретна початкова компетентність абітурієнта;

I_h – рівень сформованості компетентності ($0 \leq I_h \leq 1$), де 0 – відсутність компетентності, 1 – повне володіння;

h – індекс компетентності;

m – загальна кількість початкових компетентностей абітурієнта.

Методи діагностики початкових компетентностей: вхідне тестування (для основних предметних областей), аналіз документів про попередню освіту, діагностичне інтерв'ю або співбесіда, портфоліо досягнень абітурієнта тощо [9].

Вимоги до компетентностей представлені як множина необхідних компетентностей з ваговими коефіцієнтами

$$\text{Creq} = \{(\text{Creq}_h, v_h) | h = 1, 2, \dots, n\}, \quad (4)$$

де Creq_h – конкретна компетентність, що вимагається;

v_h – ваговий коефіцієнт важливості компетентності ($0 \leq v_h \leq 1$);

h – індекс компетентності;

n – загальна кількість компетентностей, що вимагаються;

$$\sum_{h=1}^n v_h = 1.$$

Джерела для визначення вимог: професійні стандарти галузі, опитування ключових роботодавців, аналіз вакансій на ринку праці, консультації з галузевими експертами [13].

Компетентнісний розрив є центральним поняттям моделі індивідуальної освітньої траєкторії. Він визначає невідповідність між вимогами до компетентностей та наявними компетентностями здобувача

$$\text{Ogap} = \{(\text{C}_h, \text{gap}_h) | j = 1, 2, \dots, k\}, \quad (5)$$

де C_h – конкретна компетентність, для якої визначається розрив;

gap_h – величина розриву для компетентності C_h ;

k – кількість компетентностей, для яких визначається розрив.

Величина розриву розраховується за формулою

$$\text{gap}_h = \max(0, \gamma_h - I_h), \quad (6)$$

де gap_h – величина розриву для компетентності C_h ;

γ_h – необхідний рівень компетентності C_h згідно з вимогами;

I_h – наявний рівень компетентності C_h у здобувача;

$\max$ – функція максимуму, що забезпечує невід'ємність розриву.

Загальний компетентнісний розрив визначається як сума окремих розривів за певними компетенціями

$$\text{Ogap}_{\text{total}} = \sum_{j=1}^k \text{gap}_h. \quad (7)$$

В системі фахової освіти можна виділити чотири основні типи компетентнісних розривів, які виникають між вимогами професійного середовища та реальним рівнем підготовки фахівців.

Кількісний розрив проявляється як різниця в рівні володіння певною компетентністю – коли фахівець володіє необхідною компетентністю, але недостатньо глибоко чи впевнено для виконання професійних завдань відповідного рівня складності.

Якісний розрив характеризується невідповідністю характеру наявних компетентностей – коли фахівець володіє компетентностями, але вони не відповідають специфіці конкретної професійної діяльності чи галузі.

Структурний розрив виникає через дисбаланс між різними типами компетентностей – наприклад, надмірний розвиток теоретичних знань при недостатньому розвитку практичних навичок, або ж високий рівень вузькоспеціалізованих компетентностей при недостатньому рівні загальних компетентностей.

Актуалізаційний розрив пов'язаний із застарілістю наявних компетентностей – коли фахівець володіє компетентностями, які були актуальними раніше, але втратили свою цінність через технологічні, організаційні чи інші зміни в професійному середовищі [12, 13].

Трансформація компетентностей. Зміна рівня компетентностей в процесі навчання описується функцією

$$\Delta I_h = f(gar_h, P, t), \quad (8)$$

де ΔI_h – приріст рівня компетентності C_h ;
 gar_h – початковий компетентнісний розрив для компетентності C_h ;
 P – вектор застосованих процесів трансформації;
 t – час навчання (кумулятивний час, необхідний для подолання компетентнісного розриву gar_h в академічних годинах чи кредитах ЄКТС).

Вектор застосованих процесів трансформації (P) включає різні елементи освітнього процесу: методи навчання (лекції, семінари, практичні заняття), форми організації навчання (індивідуальна, групова робота), технології навчання (традиційні, інноваційні, цифрові), засоби зворотного зв'язку та контролю. Цей вектор впливає на коефіцієнти α_h та β_h в експоненційній моделі, визначаючи ефективність подолання компетентнісного розриву та швидкість навчання. Різні конфігурації вектора дозволяють налаштовувати процес формування компетентностей під конкретні потреби здобувача. Для практичного застосування використовується модифікована експоненційна функція

$$\Delta I_h = gar_h \times \alpha_h \times (1 - e^{(-\beta_h \times t)}), \quad (9)$$

де gar_h – початковий компетентнісний розрив для компетентності C_h ;
 α_h – коефіцієнт складності формування компетентності C_h ($0 < \alpha_h \leq 1$);
 β_h – коефіцієнт інтенсивності навчання для компетентності C_h ;
 t – час навчання.

Експоненційна функція використовується для моделювання приросту компетентностей завдяки її здатності точно відображати природну динаміку навчання, для якої характерний швидкий прогрес

на початкових етапах з поступовим сповільненням при наближенні до максимального рівня володіння компетентністю. Ця закономірність, відома як «крива навчання» [14], емпірично підтверджена дослідженнями в психології навчання та когнітивній психології. Функція має природну асимптоту $gar_h \times \alpha_h$, що відображає реальні обмеження людських можливостей засвоєння інформації та ефект насичення. Два коефіцієнти забезпечують гнучкість моделі: коефіцієнт складності α_h відображає теоретичний максимум засвоєння для конкретної компетентності, а коефіцієнт інтенсивності β_h характеризує швидкість досягнення цього максимуму, що дозволяє адаптувати модель до різних типів компетентностей та індивідуальних особливостей здобувачів.

Досягнутий рівень компетентностей. Рівень компетентностей здобувача після завершення навчання

$$I_h' = \min(1, I_h + \Delta I_h), \quad (10)$$

де I_h' – досягнутий рівень компетентності C_h після навчання ($0 \leq I_h' \leq 1$);

I_h – початковий рівень компетентності C_h у здобувача,

ΔI_h – приріст рівня компетентності C_h в результаті навчання,

$\min$ – функція мінімуму, що обмежує максимальний рівень компетентності значенням 1.

Освітні компоненти представляють собою набір навчальних елементів (дисциплін), спрямованих на формування необхідних компетентностей

$$OC = \{OC_1, OC_2, \dots, OC_p\}, \quad (11)$$

де OC_i – окремий освітній компонент,

p – загальна кількість освітніх компонентів.

Кожний освітній компонент характеризується набором параметрів

$$OC_i = \langle Oid, Oname, Ocont, Odur, Oform, Oeval, Ocomp \rangle, \quad (12)$$

де Oid – унікальний ідентифікатор компонента;

$Oname$ – назва компонента;

$Ocont$ – змістовне наповнення компонента (список тем, навичок);

$Odur$ – тривалість компонента (в годинах або кредитах);

$Oform$ – форма реалізації (лекції, практичні заняття, тренінги тощо);

$Oeval$ – методи оцінювання результатів;

$Ocomp$ – компетентності, що формуються.

Компетентнісна матриця освітніх компонентів. Для кожного компонента визначається його вплив на формування компетентностей

$$CM = \{\eta_{ij}\}, \quad (13)$$

де η_{ij} – коефіцієнт впливу компонента OC_i на формування компетентності C_h ($0 \leq \eta_{ij} \leq 1$).

Для кожної компетентності C_h вибираються освітні компоненти OC_i таким чином, щоб максимально покривати компетентісний розрив:

$$\sum_{j=1}^p \eta_{jh} \times OC_j \geq gap_h, \quad (14)$$

де gap_h – величина компетентісного розриву для компетентності C_h ;

p – загальна кількість освітніх компонентів.

Освітня синхронізація визначає часові та логічні взаємозв'язки між освітніми компонентами

$$OS = \langle Seq, Par, Dep, Sch \rangle, \quad (15)$$

де Seq – послідовності компонентів (що вивчається за чим);

Par – паралельні компоненти (що можна вивчати одночасно);

Dep – залежності між компонентами (пререквізити);

Sch – часовий розклад (коли вивчається кожен компонент).

Послідовні зв'язки визначають обов'язковий порядок проходження компонентів

$$Seq = \{(OC_i, OC_j) | i, j \in \{1, 2, \dots, p\}, i \neq j\}, \quad (16)$$

Залежності (пререквізити) визначають, які компоненти повинні бути засвоєні до початку вивчення інших

$$Dep = \{(OC_i, OC_j, \theta_{ij}) | i, j \in \{1, 2, \dots, p\}, i \neq j, 0 \leq \theta_{ij} \leq 1\}, \quad (17)$$

де θ_{ij} – пороговий рівень засвоєння компонента OC_i , необхідний для початку вивчення OC_j .

Паралельні компоненти визначають, які компоненти можуть вивчатися одночасно

$$Par = \{(OC_i, OC_j) | i, j \in \{1, 2, \dots, p\}, i \neq j\}, \quad (18)$$

Часовий розклад визначає часові параметри вивчення кожного компонента

$$Sch = \{(OC_i, Tstart_i, Tend_i) | i \in \{1, 2, \dots, p\}\}, \quad (19)$$

де $Tstart_i$ – час початку вивчення компонента OC_i ;

$Tend_i$ – час завершення вивчення компонента OC_i .

Часові параметри визначають темпоральні характеристики індивідуальної траєкторії навчання

$$T = \langle Ttotal, Tstart, Tend, Tint \rangle, \quad (20)$$

де $Ttotal$ – загальна тривалість навчання;

$Tstart$ – час початку навчання;

$Tend$ – час завершення навчання;

$Tint$ – інтенсивність навчання (години на тиждень).

Показники ефективності освіти дозволяють оцінити результативність індивідуальної траєкторії

$$E = \langle Ecomp, Ecost, Etime \rangle, \quad (21)$$

де $Ecomp$ – ефективність формування компетентностей;

$Ecost$ – ефективність використання фінансових ресурсів;

$Etime$ – ефективність використання часу.

Ефективність формування компетентностей ($Ecomp$) – це показник, що відображає ступінь досягнення необхідного рівня компетентностей в процесі навчання та визначається як відношення досягнутого рівня компетентностей до необхідного рівня, усереднене за всіма компетентностями

$$Ecomp = \sum_{h=1}^k (I_h' / V_h) / k, \quad (22)$$

де I_h' – досягнутий рівень компетентності C_h після навчання;

V_h – необхідний рівень компетентності C_h ;

k – кількість компетентностей.

Чим ближче значення $Ecomp$ до 1, тим ефективніше відбувається формування компетентностей. Якщо $Ecomp = 1$, це означає, що всі необхідні компетентності сформовані на потрібному рівні.

Ефективність використання фінансових ресурсів ($Ecost$) – це показник, що відображає результативність використання фінансових ресурсів при реалізації індивідуальної освітньої траєкторії та показує співвідношення між мінімально можливими фінансовими витратами та фактичними витратами на формування необхідних компетентностей. Математично ефективність використання фінансових ресурсів визначається як

$$Ecost = Cmin / Ctotal, \quad (23)$$

де $Cmin$ – мінімально можлива вартість формування необхідних компетентностей (у грошових одиницях);

$Ctotal$ – фактична вартість навчання за обраною траєкторією (у грошових одиницях).

Чим ближче значення $Ecost$ до 1, тим ефективніше використовуються фінансові ресурси. Значення $Ecost = 1$ означає, що навчання відбувається за мінімально можливою вартістю. Якщо $Ecost < 1$, це свідчить про наявність потенціалу для оптимізації вартості навчання.

Ефективність використання часу ($Etime$) – це показник, що відображає результативність використання часових ресурсів для досягнення навчальних цілей та визначається як відношення мінімально можливого часу для формування необхідних компетентностей до фактичного часу навчання

$$Etime = Tmin / Ttotal, \quad (24)$$

де $Tmin$ – мінімально можливий час для формування необхідних компетентностей;

$Ttotal$ – фактичний час навчання.

Чим ближче значення $Etime$ до 1, тим ефективніше використовується час. Якщо $Etime = 1$,

це означає, що навчання відбувається за мінімально можливий час.

Цільова функція індивідуальної освітньої траєкторії (Q) з урахуванням ефективності формування компетентностей, ефективності використання фінансових ресурсів та ефективності використання часу має вигляд

$$Q = \alpha \times E_{comp} + \gamma \times E_{cost} + \beta \times E_{time} \rightarrow \max, \quad (25)$$

де Q – інтегральний показник ефективності індивідуальної освітньої траєкторії, який потрібно максимізувати;

E_{comp} – ефективність формування компетентностей;

E_{cost} – ефективність використання фінансових ресурсів;

E_{time} – ефективність використання часу;

α, γ, β – вагові коефіцієнти, що відображають відносну важливість відповідних складових ($0 \leq \alpha, \gamma, \beta \leq 1$), $\alpha + \gamma + \beta = 1$.

Обмеження, що впливають на формування індивідуальної освітньої траєкторії поділяються на компетентнісні, часові та фінансові.

Компетентнісні обмеження:

– $\sum_{i=1}^n p_{ih} \times OC_i \geq gap_h$ – для кожної компетентності C_h ІЕТ повинна забезпечувати подолання компетентнісного розриву;

– $OC_{flex} \geq 0,25 \times OC_{total}$ – частка гнучких (вибіркових) освітніх компонентів повинна становити не менше 25%;

– $OC_{int} \geq 0,15 \times OC_{total}$ – частка інтегрованих міждисциплінарних компонентів повинна становити не менше 15%.

Часові та фінансові обмеження:

– $T_{total} \leq T_{total_{max}}$ – загальна тривалість навчання не повинна перевищувати максимально допустимий час;

– $T_{int} \leq T_{int_{max}}$ – інтенсивність навчання не повинна перевищувати максимально допустиму;

– $C_{total} \leq C_{total_{max}}$ – загальна вартість навчання не повинна перевищувати максимально допустимий фінансовий ліміт.

Запропонована модель формування індивідуальної освітньої траєкторії представляє собою

комплексний математично обґрунтований підхід до персоналізації освітнього процесу, в центрі якого лежить поняття компетентнісного розриву. Модель інтегрує діагностику початкових компетентностей здобувача, визначення вимог до результатів навчання, оптимальний підбір освітніх компонентів та їх синхронізацію, а також оцінку ефективності за трьома ключовими показниками (ефективність формування компетентностей, використання часу та фінансових ресурсів).

Практичну апробацію моделі було проведено на базі УТК «Адмірал» [15] для здобувача з базовою освітою (бакалавр з судноводіння) та досвідом роботи 2 роки, який прагнув підвищення кваліфікації для отримання посади другого помічника капітана на танкерах-газовозах. В результаті впровадження індивідуальної освітньої траєкторії здобувача, були отримані наступні результати (табл. 1).

Отримані результати розрахунків показників індивідуальної освітньої траєкторії:

– Загальний компетентнісний розрив $Ogap = 1,60$.

– Оптимальний набір освітніх компонентів включав 7 компонентів загальною тривалістю 460 годин.

– Загальна вартість навчання 99500 грн.

– Частка морської практики 34,8%.

– Цільова функція $Q=0,825$.

Аналіз показав високу ефективність формування компетентностей (0,981), що свідчить про якісний підбір освітніх компонентів. Найвищих результатів траєкторія дозволяє досягти у формуванні навігаційних компетентностей та компетентностей з безпеки судноплавства.

Висновки. Запропонована формалізована модель індивідуальної освітньої траєкторії забезпечує математично обґрунтований підхід до персоналізації освітнього процесу в системі фахової освіти.

Розроблено комплексну математичну модель з центральним поняттям компетентнісного розриву, що дозволяє об'єктивно оцінити потреби здобувача та сформувати персоналізовану освітню траєкторію. Виділено чотири типи компетентнісних розривів (кількісний, якісний, структурний, комплексний).

Таблиця 1

Розрахунок приросту компетентностей

Компетентність (Ch)	Час навчання (t)	λ_h	Розрив (gap_h)	α_h	β_h	Приріст (ΔI_h)
Загальна навігація	178	1,2	0,10	0,9	0,7	0,090
Керування судном	200	1,2	0,15	0,9	0,7	0,135
Обробка вантажів	230	1,0	0,15	0,9	0,7	0,135
Безпека судноплавства	225	1,0	0,15	0,9	0,7	0,135
Радіозв'язок	140	1,0	0,05	0,9	0,7	0,045
Англійська морська мова	242	1,0	0,20	0,9	0,7	0,180
Операції на газовозах	271	1,2	0,65	0,9	0,7	0,585
Реагування на надзвичайні ситуації	231	1,0	0,15	0,9	0,7	0,135

Джерело: сформовано автором на основі власних експериментальних досліджень

турний, актуалізаційний), що забезпечує всебічний аналіз освітніх потреб здобувачів.

Створено трискладову систему оцінки ефективності, що включає ефективність формування компетентностей, використання фінансових та часових ресурсів. Експоненційна модель трансформації компетентностей відображає природну динаміку навчання з урахуванням індивідуальних особливостей здобувачів. Багатокритеріальна цільова функція забезпечує збалансований підхід до формування компетентностей при ефективному використанні ресурсів.

Визначено систему обмежень, що гарантує відповідність траєкторії освітнім стандартам

та ресурсним можливостям закладів освіти. Практична апробація моделі продемонструвала її застосовність з досягненням високих показників ефективності формування компетентностей.

Практичне значення дослідження полягає в можливості підвищення якості надання освітніх послуг, забезпечення відповідності підготовки фахівців вимогам роботодавців та оптимізації використання ресурсів закладів фахової освіти. Модель створює теоретичне підґрунтя для трансформації закладів фахової освіти у проектно-орієнтовані організації, здатні адаптуватися до динамічних змін ринкового середовища.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Кремень В. Г., Луговий В. І., Саух П. Ю. Освіта і наука — основа інноваційного людського розвитку: Пропозиції НАПН України до Стратегії людського розвитку. *Вісник Національної академії педагогічних наук України*. 2020. Т. 2, № 2. С. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.37472/2707-305X-2020-2-2-14-3>
2. Сисова С. О. Педагогічні технології професійної підготовки фахівців: навч. тренінг: навч.-метод. посіб. Київ: Університет «Україна», 2007. 185 с.
3. Радкевич В. О. Теоретичні та методичні засади розвитку професійної освіти і навчання: результати, проблеми, перспективи. *Науковий вісник Інституту професійно-технічної освіти НАПН України. Професійна педагогіка*. 2016. № 11. С. 5–22. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvpto_2016_11_3
4. Крижко В. В., Мамаєва І. О. Аксиологічний потенціал державного управління освітою: навч. посіб. Київ: Освіта України, 2005. 217 с.
5. Сухомлинська О. В. Від гуманізму до неогуманізму, постгуманізму та трансгуманізму: педагогічне прочитання. *Філософія освіти*. 2024. № 30(1). С. 75–89. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/PhilEdu_2024_30\(1\)_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/PhilEdu_2024_30(1)_7)
6. Шолох О. А. Ціннісне ставлення особистості до майбутньої професії як психолого-педагогічна проблема. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Серія: Педагогічні науки*. 2017. Вип. 142. С. 225–230. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VchdpuP_2017_142_51
7. Бушуев С. Д., Криворучко О. В., Цюцюра М. І. Застосування моделі «Нова Башта Р2М» в управлінні проектами розвитку освіти. *Управління розвитком складних систем*. 2014. Вип. 17. С. 5–11. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Urss_2014_17_3
8. Білощицький А. А. Структура методології проектно-векторного управління освітніми середовищами. *Управління розвитком складних систем*. 2011. № 7. С. 121–125. URL: <https://repository.knuba.edu.ua/handle/987654321/8730>
9. Кузьмінська Ю. М., Данченко О. Б., Бедрий Д. І. Метод формування ефективних команд освітніх проєктів підвищення кваліфікації. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проєктами. 2021. № 2 (4). С. 46–53. DOI: <https://doi.org/10.20998/2413-3000.2021.4.6>
10. Рач В. А., Борзенко-Мірошніченко А. Ю. Проектно-орієнтовані моделі управління та оцінки діяльності вищих навчальних закладів. *Управління проектами та розвиток виробництва*. 2009. № 1(29). С. 81–89.
11. Etzkowitz H., Leydesdorff L. The Triple Helix as a model for innovation studies. *Science and Public Policy*. 1998. Vol. 25, Issue 3. P. 195–203.
12. Ковтун Т. А., Меркт О. В., Фіногенова І. О. Маркетинговий підхід до управління наданням фахових освітніх послуг. *Розвиток транспорту*. ОНМУ, №2 (25), 2025. С. 7–23. DOI: <https://doi.org/10.33082/td.2025.2-25.01>
13. Ковтун Т. А., Меркт О. В., Фіногенова І. О. Маркетинг-орієнтоване управління наданням фахових освітніх послуг. *Розвиток транспорту*. 2024. № 1 (20), С. 27–34. DOI: <https://doi.org/10.33082/td.2024.1-20.03>
14. Heathcote A., Brown S., Mewhort D. J. The power law repealed: The case for an exponential law of practice. *Psychonomic Bulletin & Review*. 2000. Vol. 7, № 2. P. 185–207. DOI: <https://doi.org/10.3758/BF03212979>
15. Учебно-тренажерный комплекс «Адмирал». URL: <https://admiral.ua>

REFERENCES:

1. Kremen V. H., Luhovyi V. I., Saukh P. Yu. (2020). Osvita i nauka — osnova innovatsiinoho liudskoho rozvytku: Propozytsii NAPN Ukrainy do Stratehii liudskoho rozvytku [Education and science – the basis of innovative human development: Proposals of NAPS of Ukraine to the Human Development Strategy]. *Visnyk Natsionalnoi akademii pedahohichnykh nauk Ukrainy*, vol. 2, no. 2, pp. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.37472/2707-305X-2020-2-2-14-3>
2. Sysoieva S. O. (2007). *Pedahohichni tekhnolohii profesiinoi pidhotovky fakhivtsiv: navch. treninH: navch.-metod. posib* [Pedagogical technologies of professional training of specialists: educational training: educational-methodical manual]. Kyiv: Universytet "Ukraina", 185 p.

3. Radkevych V. O. (2016). Teoretychni ta metodychni zasady rozvytku profesiinoi osvity i navchannia: rezultaty, problemy, perspektyvy [Theoretical and methodical principles of professional education and training development: results, problems, perspectives]. *Naukovyi visnyk Instytutu profesiino-tekhnichnoi osvity NAPN Ukrainy. Profesiina pedahohika*, no. 11, pp. 5–22. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvpto_2016_11_3
4. Kryzhko V. V. Mamaieva I. O. (2005). *Aksiologichnyi potentsial derzhavnoho upravlinnia osvitoiu: navch. posib* [Axiological potential of state education management: educational manual]. Kyiv: Osvita Ukrainy, 217 p.
5. Sukhomlynska O. V. (2024). Vid humanizmu do neohumanizmu, posthumanizmu ta transhumanizmu: pedahohichne prochyttannia [From humanism to neohumanism, posthumanism and transhumanism: pedagogical reading]. *Filosofiiia osvity*, no. 30(1), pp. 75–89. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/PhilEdu_2024_30\(1\)_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/PhilEdu_2024_30(1)_7)
6. Sholokh O. A. (2017). Tsinnisne stavlennia osobystosti do maibutnoi profesii yak psykholoho-pedahohichna problema [Value attitude of personality to future profession as psychological-pedagogical problem]. *Visnyk Chernihivskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu. Serii: Pedahohichni nauky*, is. 142, pp. 225–230. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VchdpuP_2017_142_51
7. Bushuiev S. D., Kryvoruchko O. V., Tsiutsiura M. I. (2014). Zastosuvannia modeli “Nova Bashta R2M” v upravlinni proektamy rozvytku osvity [Application of “New P2M Tower” model in education development project management]. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system*, is. 17, pp. 5–11. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Urss_2014_17_3
8. Biloshchytskyi A. A. (2011). Struktura metodolohii proektno-vektornoho upravlinnia osvitnimy seredovyschamy [Structure of methodology of project-vector management of educational environments]. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system*, no. 7, pp. 121–125. Available at: <https://repository.knuba.edu.ua/handle/987654321/8730>
9. Kuzminska Yu. M., Danchenko O. B., Bedrii D. I. (2021). Metod formuvannia efektyvnykh komand osvitnikh proektiv pidvyshchennia kvalifikatsii [Method of forming effective teams of educational professional development projects]. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu “KhPI”. Serii: Stratehichne upravlinnia, upravlinnia portfeliamy, prohramamy ta proektamy*, no. 2 (4), pp. 46–53. DOI: <https://doi.org/10.20998/2413-3000.2021.4.6>
10. Rach V. A. Borzenko-Miroshnichenko A. Yu. (2009). Proektno-oriietovani modeli upravlinnia ta otsinky diialnosti vyshchykh navchalnykh zakladiv [Project-oriented models of management and evaluation of higher education institutions activities]. *Upravlinnia proektamy ta rozvytok vyrobnytstva*, no. 1(29), pp. 81–89.
11. Etzkowitz H., Leydesdorff L. (1998). The Triple Helix as a model for innovation studies. *Science and Public Policy*, vol. 25, is. 3, pp. 195–203.
12. Kovtun T. A., Merkt O. V., Finogenova I. O. (2025). Marketynhovy pidkhid do upravlinnia nadanniam fakhovykh osvitnikh posluh [Marketing approach to management of professional educational services provision]. *Rozvytok transportu*, no. 2 (25), pp. 7–23. DOI: <https://doi.org/10.33082/td.2025.2-25.01>
13. Kovtun T. A., Merkt O. V., Finogenova I. O. (2024). Marketynh-oriietovane upravlinnia nadanniam fakhovykh osvitnikh posluh [Marketing-oriented management of professional educational services provision]. *Rozvytok transportu*, no. 1 (20), pp. 27–34. DOI: <https://doi.org/10.33082/td.2024.1-20.03>
14. Heathcote A., Brown S., Mewhort D. J. (2000). The power law repealed: The case for an exponential law of practice. *Psychonomic Bulletin & Review*, vol. 7, no. 2, pp. 185–207. DOI: <https://doi.org/10.3758/BF03212979>
15. Training Komplex “Admiral”. Available at: <https://admiral.ua>

Стаття надійшла: 20.09.2025
Стаття прийнята: 15.10.2025
Стаття опублікована: 06.11.2025