РОЗДІЛ 11
АДАПТИВНИЙ ВИБІР МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ТА БАГАТОАГЕНТНА КООРДИНАЦІЯ EDGE/CLOUD-ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ МОБІЛЬНОЇ МЕРЕЖІ

Ревенко Петро Георгійович, аспірант кафедри комп'ютерних систем, Національний університет «Одеська політехніка», Одеса

Сучасні мобільні мережі формують безперервні потоки телеметричних, подієвих, сервісних і ресурсних даних, що використовуються для прогнозування навантаження, виявлення аномалій та оцінювання деградації. Методи машинного і глибокого навчання дозволяють виявляти складні часові залежності, проте практична цінність результату визначається не лише predictive quality, а й затримкою, доступністю ресурсів та можливістю виконання моделі у конкретному edge/cloud-середовищі [1].

Edge computing і MEC скорочують шлях передавання даних та наближають обчислення до компонентів мережі, але периферійні вузли мають обмежені й динамічні ресурси [2-4]. Тому одна ML-задача може виконуватися різними моделями або їх компактними deployment-конфігураціями. Квантування, pruning і knowledge distillation дають змогу зменшувати обсяг обчислень, а системи спільного edge/cloud-виконання демонструють доцільність урахування точності та latency під час розміщення DNN [5-10].

Окремою проблемою є розподілена координація. Contract Net Protocol та агентний підхід задають загальні принципи переговорного розподілу задач [11; 12], а сучасні дослідження edge task allocation підкреслюють необхідність спільного врахування обчислювальних ресурсів, QoS і динаміки інфраструктури [13]. У попередній роботі за участю автора використано ризик-орієнтовану багатоагентну координацію для іншої предметної області [14]. У цьому дослідженні агентні ролі переосмислено для ML-обробки інформації мобільної мережі та пов'язано з єдиним критерієм вибору конфігурації.

Метою дослідження є удосконалення адаптивного вибору моделей машинного навчання та розвиток багатоагентної координації розподіленої ML-обробки в edge/cloud-інфраструктурі мобільної мережі. Вхідним інформаційним об'єктом є інтегроване представлення стану мережі s(n), сформоване за поточним і попередніми часовими вікнами. Перша складова наукової новизни стосується контекстно залежного вибору моделі та вузла, друга – координації агентів і динамічного перерозподілу задач при зміні runtime-стану.

Метод адаптивного вибору моделі машинного навчання. Для однакової ML-задачі формується банк верифікованих deployment-конфігурацій. Базова модель M_k може мати початкову, квантизовану, pruned-, distilled- або комбіновану версію M_{kr}. Оптимізована конфігурація включається до банку лише після повторної перевірки predictive quality та профілювання її вимог до пам'яті, процесора або прискорювача.

$$M_{dep} = \{M_{kr} \mid k = 1, \dots, N_M;\ r = 0, \dots, N_k\}. \tag{1}$$

Обчислювальна інфраструктура задається множиною $O = O_E \cup O_C$. Для вузла o_j відомий ресурсний стан $b_j(n)$, а для M_{kr} – вимоги d_{kr}. Індикатор $\kappa_{krj}(n)$ відображає технічну допустимість запуску, а l_{max} задає жорстку межу затримки. До ранжування допускаються лише пари, що одночасно пройшли quality-gate, ресурсні обмеження та SLA:

$$\mathcal{M}_j(n) = \{M_{kr} \mid \kappa_{krj}(n) = 1,\ l_{krj}(n) \le l_{max}\}. \tag{2}$$

Таке двоступеневе правило відокремлює фізичну можливість виконання від подальшого вибору. Недостатня пам'ять, несумісний runtime або завідоме перевищення SLA не можуть бути компенсовані високою точністю моделі.

Контекстна адаптивність визначається індексом складності $\chi(n)$, який формується з ознак $s(n)$, що характеризують інтенсивність часових змін, подієву активність, структурні відхилення та якість доступної інформації. Параметри $\chi(\cdot)$ фіксуються на train/validation-частині без використання майбутньої цілі.

$$\chi(n) = \chi\big(s(n)\big), \qquad 0 \le \chi(n) \le 1. \tag{3}$$

Технічна допустимість не означає нульового ризику. Вузол може бути близьким до перевантаження, p95 latency – до межі SLA, а канал до cloud – нестабільним. Тому для кожної допустимої пари оцінюється ризик невдалого виконання; подія fail заздалегідь визначається як timeout, відмова вузла, нестача ресурсу або інше порушення режиму виконання. Значення $p_{krj}^{R}(n) \in [0,1]$ може бути каліброваною ймовірністю або нормованим risk-score, але його семантика однакова для всіх кандидатів.

$$p_{krj}^{R}(n) \in [0,1]. \tag{4}$$

Predictive quality конфігурації приводиться до шкали $[0,1]$. Позначимо через m_1, m_2 і m_3 значення macro-F1, balanced accuracy та recall критичного класу. Їх узгоджена зважена комбінація використовується як q_{kr}^{M}. Ваги w_h задаються до тестування, тому тестова вибірка не впливає на runtime-ранжування.

$$q_{kr}^{M} = \sum_{h=1}^{3} w_h \, m_{h,kr}, \qquad \sum_{h=1}^{3} w_h = 1. \tag{5}$$

Latency та ресурсне навантаження трактуються як cost-показники. Перший нормується відносно l_{max}, другий – відносно фактично доступних ресурсів вузла на тих самих координатах, що використовуються у профілі вимог конфігурації:

$$c_{krj}^{L}(n) = \min\left(\frac{l_{krj}(n)}{l_{max}}, 1\right). \tag{6}$$

$$c_{krj}^{B}(n) = \min\left(\frac{1}{N_d}\sum_{h=1}^{N_d}\frac{d_{kr,h}}{b_{jh}^{d}(n)}, 1\right). \tag{7}$$

Складність інформаційного стану впливає не окремим однаковим доданком, а змінює баланс критеріїв. За зростання $\chi(n)$ частина ваги переноситься від ресурсної економії до predictive quality, тоді як пріоритет latency та risk зберігається:

$$\alpha(n) = \alpha_0 + \lambda\chi(n), \qquad \gamma(n) = \gamma_0 - \lambda\chi(n). \tag{8}$$

За умов $\alpha_0 + \beta_0 + \gamma_0 + \delta_0 = 1$ та $0 \leq \lambda \leq min(\gamma_0, 1 - \alpha_0)$ cost-показники перетворюються на benefit-компоненти $v^L = 1 - c^L$, $v^B = 1 - c^B$ та $v^R = 1 - p^R$. Після цього формується інтегральний критерій Q. Усі його компоненти мають напрям «більше – краще», а значення обчислюється тільки для технічно допустимих кандидатів:

$$Q_{krj}(n) = \alpha(n) q_{kr}^M + \beta_0 v_{krj}^L + \gamma(n) v_{krj}^B + \delta_0 v_{krj}^R. \quad (9)$$

Результатом є пара «deployment-конфігурація-вузол», що максимізує Q у поточному часовому вікні:

$$(k_{sel}, r_{sel}, j_{sel}) = \underset{k,r,j}{\operatorname{argmax}}\, Q_{krj}(n). \quad (10)$$

Таким чином, метод не фіксує одну модель як найкращу на весь період експлуатації. У стабільному стані перевага може надаватися компактній edge-конфігурації, тоді як при складному або критичному $s(n)$ зростає пріоритет точнішої моделі, якщо вона залишається допустимою за latency, ресурсами та ризиком. Саме одночасне врахування predictive quality, поточного edge/cloud-стану, інформаційної складності та ризику визначає третю складову наукової новизни.

Алгоритмічно один цикл вибору включає отримання $s(n)$, оновлення $b_j(n)$, формування множин допустимих конфігурацій, обчислення $\chi(n)$ та risk-score, нормування системних показників і розрахунок Q. Після argmax рекомендована пара передається до контуру виконання, а фактичні latency, відмови та SLA-результати реєструються для наступних циклів. Важливо, що online-оновлення системного стану не змінює заднім числом уже прийняте рішення і не допускає підбору ваг Q за test-сценаріями. Такий порядок зберігає причинність і дозволяє відокремити ефект адаптивного policy від переваг конкретної ML-архітектури.

Багатоагентна модель і метод координації розподіленої ML-обробки. Для розподіленої реалізації функції моніторингу, вибору, оцінювання ризику та виконання розділяються між програмними агентами. Функціональну підмножину AG_F утворюють ag_{coord}, ag_{mon}, ag_{sel}, ag_{risk} і ag_{task}, а AG_R –

ресурсні агенти $ag_{res,j}$, що відповідають вузлам o_j . Багатоагентність не створює іншої utility-функції: числове ранжування кандидатів зберігає критерій Q, а агенти забезпечують отримання актуальних локальних станів і узгодження призначення.

$$AG(n) = AG_F(n) \cup AG_R(n), \tag{11}$$

ag_{task} представляє поточний запит на обробку, ag_{mon} збирає telemetry, ag_{sel} реалізує метод вибору, ag_{risk} оцінює p^R, ag_{coord} фіксує призначення, а кожен $ag_{res,j}$ є локальним представником вузла o_j. Запит містить інтегрований стан, горизонт задачі та межу SLA, але не містить майбутньої цілі:

$$req(n) = [s(n), H, l_{max}]. \tag{12}$$

Ресурсні агенти передають актуальні $b_j(n)$ і множини допустимих конфігурацій. Після об'єднання predictive profile, latency, resource cost і risk формується канонічний запис кандидата, достатній для трасування рішення:

$$rec_{krj}(n) = \left[q_{kr}^M, c_{krj}^L, c_{krj}^B, p_{krj}^R, Q_{krj}\right]. \tag{13}$$

Координаційний цикл використовує логіку CFP/PROP/ASSIGN: координатор відкриває раунд, збирає відповіді до дедлайну, відкидає застарілі або неповні PROP, після чого ag_{sel} обчислює Q тільки для повних допустимих кандидатів. Система не зобов'язана чекати всі вузли; bounded waiting запобігає блокуванню через один недоступний edge-агент. Якщо допустимих кандидатів немає, може виконуватися обмежена кількість retry-раундів, після чого активується визначений fallback.

$$assign(n) = [M_{sel}(n), o_{sel}(n), Q_{max}(n)]. \tag{14}$$

За однакового snapshot та повної множини відповідей результат агентної координації повинен збігатися з централізованим argmax. Відмінності в реальному середовищі допускаються лише через локальну зміну telemetry, timeout або втрату повідомлень, але не через інший спосіб оцінювання.

Логічна послідовність повідомлень має вигляд REQ/CFP → PROP/STATE → RISK → SCORE → ASSIGN → DONE/ALERT. Кожне повідомлення прив'язується до номера циклу n, що запобігає використанню stale-відповідей.

Координатор не переоцінює SCORE власним бонусом або штрафом, а лише перевіряє повноту відповіді та фіксує призначення. Завдяки цьому журнал координації дозволяє після експерименту відтворити не тільки обрану пару, а й причини відхилення альтернатив: недоступність, порушення SLA, високий risk або нижче Q.

Після первинного призначення runtime-стан може змінитися. Для цього вводяться жорсткі та м'які тригери повторної координації. Жорсткий тригер спрацьовує при недоступності поточного вузла, втраті технічної допустимості або перевищенні/прогнозованому перевищенні l_{max}:

$$I_{hard} = \max\{I_{unav}, I_{res}, I_{sla}\}. \quad (15)$$

М'який тригер використовується, якщо чинне призначення ще допустиме, але зростає risk-score або з'являється краща альтернатива. Щоб не перемикатися між майже рівноцінними парами, використовується hysteresis-маржа ε_{sw}:

$$\Delta Q_{sw}(n,u) = Q_{alt}(n,u) - Q_{cur}(n,u). \quad (16)$$

Soft-переключення додатково обмежується cooldown і бюджетом кількості перемикань. Hard-trigger має пріоритет і не блокується цими механізмами. Узагальнений індикатор повторного розподілу має вигляд:

$$I_{soft} = \max\{I_{risk}, I_{gain}\} I_{cd} I_{bud}. \quad (17)$$

Після спрацювання I_{re} повторно запускається той самий координаційний метод на актуальному snapshot. Можливі режими KEEP, RESTART, MIGRATE або FALLBACK; для коротких stateless inference-задач базовим є RESTART.

$$I_{re} = \max\{I_{hard}, I_{soft}\}. \quad 18)$$

Після спрацювання I_{re} повторно запускається той самий координаційний метод на актуальному snapshot. Для hard-trigger новий кандидат шукається обов'язково; для soft-trigger перемикання приймається лише за наявності достатньої переваги Q, дозволеного cooldown і невичерпаного switch-budget.

$$T_{rec}(n,u) = t_{resume}(n,u) - t_{alert}(n,u). \quad (19)$$

Recovery latency вимірює час від ALERT до відновлення обробки; окремо фіксується частка швидких повернень до попередньої пари R_{osc}. Висока R_{osc} означає нестабільність політики навіть тоді, коли середній T_{rec} є малим.

Четверта складова наукової новизни полягає у розвитку багатоагентного методу координації ML-обробки, в якому агенти моніторингу, вибору моделі, ризику та ресурсів працюють з єдиною семантикою Q, а повторний розподіл між edge і cloud виконується причинно за актуальним станом ресурсів із розмежуванням hard/soft-trigger, hysteresis та cooldown. Це дозволяє адаптувати не тільки модель, а й місце її виконання без перенавчання ML-моделі.

Експериментальне дослідження. Експеримент спрямовано окремо на перевірку контекстного вибору та стійкості агентної координації. Через відсутність доступу до операторського production-середовища використано контрольовану edge/cloud-інфраструктуру; тому абсолютні мілісекундні значення не трактуються як універсальні апаратні характеристики. Було сформовано 12000 послідовних циклів із чотирма типами інформаційного стану: normal – 67 %, overload – 16 %, degradation – 11 %, critical – 6 %. Інфраструктура містила два edge-вузли, MEC і cloud; доступний ресурс, latency і risk змінювалися відповідно до сценарію.

Для оцінювання третьої новизни використовували середнє q^M обраних конфігурацій, середню та p95 latency, частку порушень SLA і частку виконань на edge/MEC. Для четвертої новизни додатково визначали частку успішно сформованих призначень R_{coord}, час координації T_{coord}, recovery latency T_{rec} та R_{osc}. Метрики predictive quality не змішувалися з системними: високе q^M саме по собі не вважалося доказом ефективності, якщо воно досягалося ціною неприйнятної latency або частих fallback (табл. 1).

Таблиця 1 – Параметри deployment-конфігурацій банку

Конфігурація	Тип	q^M	Відносний ресурс	Роль
M1	XGBoost	0,838	0,18	edge baseline
M2	TCN-INT8	0,879	0,34	edge/MEC
M3	TCN-FP16	0,901	0,46	MEC
M4	GRU-INT8	0,888	0,39	edge/MEC
M5	Transformer-INT8	0,925	0,62	MEC/cloud
M6	Transformer-FP32	0,940	0,86	cloud

Для balanced policy-profile задано $\alpha_0 = 0{,}52$; $\beta_0 = \gamma_0 = \delta_0 = 0{,}16$; $\lambda = 0{,}14$; $l_{max} = 120$ мсек. Порівнювалися quality-only, latency-only, статичний Q з $\lambda = 0$ та adaptive Q. У всіх режимах застосовувалися однакові quality-gate і жорсткі обмеження (табл. 2).

Таблиця 2 – Порівняння стратегій вибору конфігурації та вузла

Метод	Середнє q^M	Latency, мсек.	R_{SLA}, %	Edge/MEC, %
Quality-only	0,940	86,7	4,13	31,2
Latency-only	0,838	25,1	0,47	100,0
Static Q	0,839	25,6	0,37	99,3
Adaptive Q	0,858	28,8	0,47	97,5

Quality-only максимізував прогнозну якість, але частіше використовував cloud і ресурсомісткі конфігурації, що підвищило latency та SLA-порушення. Static Q майже завжди обирав легкі конфігурації. Adaptive Q підвищив середній q^M з 0,839 до 0,858 порівняно зі статичним критерієм, водночас 97,5 % рішень залишилися на edge/MEC, а R_{SLA} не перевищив 0,5 %. У normal-стані переважав M1, тоді як зі зростанням $\chi(n)$ частіше обиралися TCN/GRU та Transformer-INT8. Отже, $\chi(n)$ реально змінював структуру вибору, а не лише числове значення критерію.

Для перевірки багатоагентного протоколу виконано по 5000 циклів для різних рівнів втрати PROP, $Z_{max} = 3$. Втрата моделювала timeout або короткочасну недоступність ресурсних агентів (табл. 3).

Таблиця 3 – Стійкість координації до втрати PROP-повідомлень

Втрачено PROP, %	R_{coord}, %	T_{coord}, мсек	p95, мсек
0	99,76	5,88	9,18
10	99,42	6,01	9,85
20	98,70	6,00	9,97
30	97,80	6,22	10,68

За 30 % втрат PROP успішне призначення формувалося у 97,8 % циклів, а середній час координації зріс лише до 6,22 мсек. У циклах без втрат і за однакового snapshot результат агентної схеми збігався з централізованим вибором, що підтвердило збереження єдиного критерію Q.

Останній експеримент моделював відмову вузла, resource pressure, latency degradation, зростання risk-score та flapping близьких за Q альтернатив. Для кожного сценарію виконано по 1000 епізодів і порівняно відсутність reallocation, immediate greedy та запропонований алгоритм (табл. 4).

Таблиця 4 – Результати динамічного перерозподілу ML-задач

Метод	Відновлення, %	SLA-порушення, %	T_{rec}, мсек	R_{osc}, %
No reallocation	49,09	47,16	66,81	0,00
Immediate greedy	95,40	6,03	17,18	17,04
Proposed	97,27	3,70	20,21	2,23

No reallocation закономірно не мав oscillation, але майже половина disruption-епізодів не відновила кероване виконання. Immediate greedy забезпечував менший T_{rec} , проте часто повертався між близькими альтернативами. Запропонований алгоритм дав 97,27 % успішних відновлень і

зменшив SLA-порушення до 3,70 %, при цьому R_osc становив лише 2,23 %. Збільшення recovery latency приблизно на 3 мс відносно greedy є платою за повторне багатокритеріальне оцінювання і стабілізацію перемикань.

Отримані результати якісно підтверджують обидві новизни: перша проявляється в контекстній зміні компромісу між predictive quality та ресурсною вартістю; друга – у збереженні цього самого критерію в розподілених переговорах і в керованому повторному розподілі при зміні runtime-стану.

Висновки. У роботі удосконалено метод адаптивного вибору ML/DL-конфігурації для обробки інформації мобільної мережі. Метод відокремлює жорстку допустимість від м'якого ранжування та спільно враховує predictive quality, latency, ресурсне навантаження і ризик. Індекс $\chi(n)$ змінює пріоритет якості залежно від складності поточного інформаційного стану, що дозволяє переходити від легких edge-рішень до точніших конфігурацій лише тоді, коли це виправдано контекстом і ресурсами. Подальшого розвитку дістав багатоагентний метод координації розподіленої ML-обробки. Ролі моніторингу, вибору, ризику та ресурсів розділено між агентами, але числова семантика рішення залишається єдиною через Q. Hard/soft-trigger, hysteresis і cooldown забезпечують повторний розподіл між edge та cloud без надмірних перемикань. Результати показали зростання прогнозної якості adaptive Q порівняно зі статичним критерієм, високу стійкість координації до часткової втрати відповідей та суттєве зменшення SLA-порушень і oscillation під час runtime-reallocation.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

To chapter 1

1. Гладка Катерина. Сучасні інформаційні технології в системі підготовки фахівців у галузі фізичної культури і спорту. Інноваційні та інформаційні технології у фізичній культурі, спорті, фізичній терапії та ерготерапії: матеріали II Всеукр. електрон. наук.-практ. конф. з міжнар. участю (м. Київ, 18 квітня 2019 р.). Київ: НУФВСУ, 2019. С. 221–223.

2. Інноваційні технології фізичного виховання і спорту: навч. посіб. / укл. О. В. Юденко. Київ: Національний університет оборони України, 2024. 360 с.

3. Козіброда Л. В., Тихонова С. В., Галайдюк М. А., Романенко В. В., Редько С. Ю. Застосування інформаційно-комп'ютерних технологій під час викладання фізичної культури. Перспективи та інновації науки. Серія Педагогіка. 2024. № 12(46). С. 408–417. https://doi.org/10.52058/2786-4952-2024-11(45)-408-417

4. Сватьєв А. В. Формування професійної компетентності майбутніх фахівців з фізичної культури і спорту на основі використання інформаційно-комунікаційних технологій. Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах. 2020. № 73, Т. 2. С. 178–184.

5. Христова Т. Є. Інформаційно-структурна модель фізичного статусу здоров'я. Науково-методичні основи використання інформаційних технологій в галузі фізичної культури і спорту: зб. наук. праць. Харків: ХДАФК, 2019. Вип. 3. С. 112–115.

6. Христова Т. Є., Пюрко В. Є., Пюрко О. Є. Специфіка біоекомедицини в контексті громадського здоров'я. Суспільство та національні інтереси. 2024. № 4(4). С. 86–99. https://doi.org/10.52058/3041-1572-2024-4(4)-86-99

7. Шкірта М. І., Степчук Н. В., Шанта І. Ф. Професійна підготовка фахівців у галузі фізичної культури і спорту з використанням інформаційно-комунікаційних технологій. Науковий вісник Мелітопольського державного педагогічного університету. Серія: Педагогіка. 2022. Вип. 2(29). С. 138–143.

8. Шукатка О. В. Цифровізація професійної підготовки майбутніх фахівців фізичної культури і спорту як закономірність інформатизації суспільства. Фізико-математична освіта. 2020. Вип. 4 (26). С. 141–147.

9. Khrystova Tetiana, Pyurko Vladyslav, Khrystovoi Dmytro. Information focus on student youth health. Education and Economy in the Digital Age: monograph / edited by Nazar Dobosh and Aleksander Ostenda. Katowice: The University of Technology in Katowice Press, 2024. P. 116–121.

10. Saiz-González P., Sierra-Díaz J., Iglesias D., Fernandez-Rio J. Exploring physical education teachers' willingness and barriers to integrating digital technology in their lessons. Education and Information Technologies. 2025. Vol. 30. P. 5965–5987. https://doi.org/10.1007/s10639-024-13060-9

11. Wang X., Sun X., Zhou B., Liu D. An empirical study of digital competence, technostress, and job satisfaction among college physical education teachers in China. Scientific Reports. 2026. Vol. 16. Art. 26333. https://doi.org/10.1038/s41598-026-63091-0

To chapter 2

1. Абдураман А.Ш., Купрєєнко М.В., Непша О.В. Сутність професійної підготовки майбутніх вчителів фізичної культури. Актуальні наукові дослідження у сучасному світі. 2019. № 1(45). С. 39–43.

2. Єремія Я., Єремія І. Формування предметно-методичної компетентності майбутніх учителів фізичної культури в умовах сучасної освіти: теоретичні аспекти. Physical Culture and Sport: Scientific Perspective. 2024. № 1. https://doi.org/10.31891/pcs.2024.1.33

3. Єремія Я., Мосейчук Ю., Мороз О. Предметно-методична компетентність майбутнього вчителя фізкультури: аспекти формування. Вісник Прикарпатського університету. Серія: Фізична культура. 2024. Вип. 41. С. 24–28. https://doi.org/10.15330/fcult.41.24-28

4. Іваненко В.В., Купрєєнко М.В., Непша О.В. Педагогічні умови формування професійної спрямованості майбутніх фахівців з фізичної

культури. Сучасні тенденції розвитку освіти і науки в інтердисциплінарному контексті: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції, 29–30 березня 2018 року. Ченстохова–Ужгород–Дрогобич: Посвіт, 2018. С. 19–21.

5. Котова О. В., Непша О. В. Структурні компоненти підготовки майбутніх вчителів фізичної культури у вищих навчальних закладах. Педагогічні науки: зб. наук. праць. 2018. Вип. 81. Т. 1. С. 164–168.

6. Котова О. В., Проценко А. А. Педагогічна практика як основа формування професійної компетентності майбутніх учителів фізичної культури. Науковий вісник Мелітопольського державного педагогічного університету. Серія: Педагогіка. 2018. № 2 (21). С. 135–139. https://doi.org/10.33842/2219-5203-2018-2-21-135-139

7. Назаревич В. С. Сутність та структура інформатичної компетентності майбутніх учителів фізичної культури в аспекті особистісно-орієнтованого підходу. Наукові записки. Серія: Педагогічні науки. 2024. № 215. С. 225–230. https://doi.org/10.36550/2415-7988-2024-1-215-225-230

8. Проценко А. А. Структура підготовки майбутніх учителів фізичної культури до формування професійних компетентностей. Збірник наукових праць. Педагогічні науки. 2017. № 76. Т. 2. С. 121–125.

9. Проценко А. А., Гарбар Д. О. Професійна компетентність майбутніх вчителів фізичної культури: здоров’язберігаючий аспект. Науковий часопис Українського державного університету імені Михайла Драгоманова. Серія 15. 2024. № 7 (180). https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2024.7(180).29

10. Ткачівська І. М. Структура предметно-методичної компетентності майбутнього вчителя фізичної культури. Педагогічна інноватика: сучасність та перспективи. 2024. № 5. https://doi.org/10.32782/ped-uzhnu/2024-5-11

11. Христова Т.Є., Проценко А.А., Сопотницька О.В., Непша О.В., Суханова Г.П., Кирієнко М.Г. Формування комунікативної компетентності майбутніх учителів фізичної культури в процесі професійної підготовки. Вісник науки та освіти. 2026. № 4 (46). С. 4754–4769. https://doi.org/10.52058/2786-6165-2026-4(46)-4754-4769

12. Цибульська В. В., Безверхня Г. В., Файдевич В. В. Формування цінностей фізичної культури до професійно-прикладного самовдосконалення. Реабілітаційні та фізкультурно-рекреаційні аспекти розвитку людини. 2022. № 11. https://doi.org/10.32782/2522-1795.2022.11.25

13. Чепелюк А. В., Безверхня Г. В., Цибульська В. В. Психолого-педагогічні умови підготовки фахівців фізичного виховання. Академічні візії. 2023. № 16. http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.7621070

14. Baumgartner M. Professional competence(s) of physical education teachers: terms, traditions, modelling and perspectives. German Journal of Exercise and Sport Research. 2022. Vol. 52. P. 550–557. https://doi.org/10.1007/s12662-022-00840-z

15. Cho K., Tsuda E., Ward P. Developing adaptive teaching competence in preservice physical education teachers. European Physical Education Review. 2024. Vol. 30. No. 4. https://doi.org/10.1177/1356336X241240621

16. Garbar D. Justification of the Program for Developing Health-Preserving Competence of Future Physical Education Teachers in the Process of Professional Training. Physical Culture and Sport: Scientific Perspective. 2025. No. 1 (1). P. 107–113. https://doi.org/10.31891/pcs.2025.1(1).14

17. Lohmann J., Hapke J., Töpfer C. Health-related professional competence of physical education teachers: Narrative review and heuristic model. Swiss Journal of Educational Research. 2023. Vol. 45. No. 2. P. 164–177. https://doi.org/10.24452/sjer.45.2.7

18. Protsenko A. A., Kotova O. V., Tsybulska V. V., Sukhanova H. P., Nepsha O. V., Kyriienko O. O. Industrial (pedagogical) practice as a component of practical training of future physical education teachers. Polish Science Journal. 2024. Issue 3 (69). P. 16–18.

19. Protsenko A. A., Tsybulska V. V., Nepsha O. V., Sukhanova H. P., Sopotnytska O. V. Development of creative thinking in the classes of professional future physical education teachers. Polish Science Journal. 2025. Issue 1 (75). P. 47–49.

20. Royet T., Cece V., Lentillon-Kaestner V., Castéra J., Vors O. Preservice physical education teachers' professional action competence in education for sustainability: a mixed method research. Frontiers in Psychology. 2025. Vol. 16. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1601026

21. Yin H., Dev R. O. D., Soh K. G., Li F., Lian M. Assessment and development of physical education teachers' physical literacy: A systematic review. PLOS ONE. 2024. Vol. 19. No. 7. e0307505. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0307505

22. Zhou T. The role of pre-service physical education teachers in physical education – A bibliometric and systematic review. Heliyon. 2024. Vol. 10. No. 7. e28702. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28702

To chapter 3

1. Арсененко І.А. Туристичне районування як геопросторова організація туристичного простору / І.А. Арсененко, О.С. Арабаджи, І.А. Донець, Л.М. Донченко, О.М. Левада // Сучасне суспільство: глобальні трансформації: кол. моногр. Харків: СГ НТМ «Новий курс», 2024. С. 230-234. https://mega.nz/file/GqxmWSpJ#s6cc_CFNyTnQIrSN1xyRASMBO0YZ-o6_2uWLf5ZtsKI

2. Арсененко І.А., Донець І.А., Арабаджи О.С. Інституціоналізація ризик-менеджменту та формування системи безпеки туристичних послуг в умовах воєнної економіки України. Crosspoint: науковий альманах. № 1. Харків: СГ НТМ «Новий курс», 2026. С. 64-67. https://mega.nz/file/D3oy3aQI#mCE6dKY642Rted4DVOtfqvzJqG-GZHocLSC-9fMWCI0

3. Арсененко І.А., Донець І.А., Байтеряков О.З., Донченко Л.М., Левада О.М. Сталий розвиток туризму і рекреації в Україні: концептуальні основи, виклики воєнного часу та шляхи відновлення. Соціально-гуманітарні відносини в сучасній Україні: виклики та перспективи: кол. моногр. Харків: СГ НТМ «Новий курс», 2025. С. 99-102.

https://mega.nz/file/qvgRGZyD#XAV_Hn9A9nNCDpcntc2pwe7Pde3nCkWKsvSKQvEtL_g

4. Арсененко І.А., Донець І.А., Тищенко І.І., Лисенко І.В. Міжрегіональна інтеграція у сфері туризму: перспективи співпраці України та Азіатсько-Тихоокеанського макрорегіону. Наукове сьогодення: теоретико-прикладні дослідження та перспективи: матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю (м. Запоріжжя, 14-15 листопада 2025 р.) / уклад.: С. В. Гришко, А. М. Крилова, О. В. Непша, С. І. Пачев, І. А. Арсененко. Запоріжжя-Мелітополь: МДПУ імені Богдана Хмельницького, 2025. С. 206-211. https://www.researchgate.net/publication/408573449_Naukove_sogodenna_teoretiko-prikladni_doslidzenna_ta_perspektivi_materiali_VI_Vseukrainskoi_naukovo-prakticnoi_konferencii_z_miznarodnou_ucastu_m_Zaporizza_14-15_listopada_2025_r_uklad_S_V_Grisko_A_M_

5. Салун М., Тимошенко К. Tourism 4.0 І SMART-дестинації як вектори цифровізації туристичної галузі України у європейському інтеграційному просторі. 2025. DOI: 10.32782/2708-4949.3(17).2025.25.

6. Achieving the SDGs through tourism: toolkit of indicators for projects (TIPS). URL: https://tourism4sdgs.org/who-should-use-tips/

7. Asia and the Pacific Tourism Dashboard. URL: https://aric.adb.org/database/tourism

8. Verkhovod I., Donetc I., Arsenenko I., Donchenko L., Havrylova O. Reflexiones filosóficas sobre la relación turismo, crecimiento económico y desarrollo sostenible en el siglo XXI. Cuestiones Politicas. 2022. Vol. 40, no. 75. P. 16-25. DOI: 10.46398/cuestpo. URL: https://ir.kneu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/20f01d86-dd5c-4691-bd20-c42d86159086/content

9. Global and regional tourism performance. URL: http://surl.li/sxsczt

10. Arsenenko I., Arabadji O., Donets I. Modern challenges and innovative aspects of international tourism development in tourist macro-regions of the world. Education and economy in the digital age. Monograph. Academy of Silesia,

Katowice, 2024. P. 101-108. URL: https://wydawnictwo.wst.pl/uploads/files/8d1d976059a2b4c707fe47486b20d89f.pdf

11. The World Tourism Organization. URL: https://www.unwto.org

12. UN Tourism. URL: https://www.untourism.int

13. UNWTO Tourism Regions. URL: http://surl.li/eouwmf

14. World Tourism Barometer (PPT version). URL: http://surl.li/wmekjs

До розділу 4

1. Коваленко О., Сміт Дж. Екологічна модернізація міських промислових зон: виклики та перспективи. Урбаністика та просторове планування. 2022. № 14. С. 45-58.

2. European Environment Agency (EEA). Industrial symbiosis in Europe: pathways to a circular economy. Copenhagen: EEA Report, 2023. 112 p.

3. Johnson M., Lee S., Muller K. Overcoming infrastructural barriers in modern eco-industrial parks. Journal of Cleaner Production. 2024. Vol. 410. P. 137-152.

4. Мельник В. Містобудівні аспекти розміщення індустріальних парків в умовах повоєнного відновлення України. Екологічна безпека міст. 2025. № 2. С. 89-102.

5. Boyko I. Ekonomiko-pravovi perepony implementatsiyi zelenykh investytsiy u promyslovomu budivnytstvi. Ekonomika ta derzhava. 2026. № 1. P. 23-31.

6. Petrenko O., Zakharchuk A. Protsedura OVD dlya ob’yektiv promyslovoho symbiozu: koliziyi zakonodavstva. Ekolohichne pravo Ukrayiny. 2026. № 3. P. 112-120.

7. UNIDO. Posibnyk z vykorystannya instrumentaliyu eko-industrialnykh parkiv YUNIDO. 2020. URL: https://hub.unido.org/sites/default/files/publications/UNIDO%20EIP%20Toolbox%20Manual%20Ukrainian%20language.pdf

8. Zheng Y. Spatial integration of eco-industrial parks in smart cities: A 2024 perspective. Sustainable Cities and Society. 2024. Vol. 98. Art. 104812. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104812.

9. Smith A. Digital twins and real-time environmental risk management in circular economies. Environmental Science & Policy. 2025. Vol. 145. P. 56-68. DOI: https://doi.org/10.1016/j.envsci.2024.103568.

10. World Bank Group. Green economy transition and industrial infrastructure funding report 2025. Washington: World Bank, 2025.

11. UNIDO. 2030 Agenda and the Sustainable Development Goals. URL: https://www.unido.org/2030-agenda-and-sustainabledevelopment-goals

12. UNIDO. Global Eco-Industrial Parks Programme in developing countries (Project No. 170222). URL: https://open.unido.org/projects/C6/projects/170222

13. UNIDO. Global Eco-Industrial Parks Programme – Ukraine: Country Level Intervention (Project No. 180320). URL: https://open.unido.org/projects/UA/projects/180320

14. UNIDO. Implementation handbook for eco-industrial parks: Inclusive and sustainable industrial development. Vienna: United Nations Industrial Development Organization, 2017.

15. Pron L. M. Eko-industrialni parky yak instrument investytsiynoho rozvytku rehionu. Naukovi innovatsiyi ta peredovi tekhnolohiyi (Seriya: Ekonomika). 2023. № 6(20). P. 208-217.

16. Kovalchuk O. Eko-industrialni parky yak instrument staloho rozvytku promyslovosti. Ekonomichnyy visnyk. 2019. № 3. P. 45-56.

17. Ropytskyi A. Perevahy relokatsiyi vyrobnytstv v industrialni parky. GMK.CENTER. 2022. URL: https://gmk.center/ua/opinion/perevagi-relokacii-virobnictv-v-industria

18. World Bank. Potentsial eko-industrialnykh parkiv dlya staloho rozvytku v Ukrayini: Doslidzhennya Svitovoho banku. 2019. URL: https://www.worldbank.org/uk/country/ukraine2019

19. Ministry of Economy of Ukraine. Industrialni parky Ukrayiny. URL: http://industrialparks.com.ua

20. UNIDO. Materialy UNIDO. URL: https://www.unido.org

До розділу 5

1. Антропологія права: філософський та юридичний виміри (стан, проблеми, перспективи). Матеріали Першого всеукраїнського круглого столу (м. Львів, 16-17 вересня 2005 року). Львів: Юридичний факультет Львівського національного університету імені Івана Франка, 2006. 320 с.

2. Антропологія права: філософський та юридичний виміри (стан, проблеми, перспективи). Статті учасників Другого всеукраїнського «круглого столу» (м. Львів, 1-2 грудня 2006 року). Львів: Край, 2007. 340 с.

3. Антропологія права: філософський та юридичний виміри (стан, проблеми, перспективи). Статті учасників Третього всеукраїнського «круглого столу» (м. Львів, 23-24 листопада 2007 року). Львів: СПОЛОМ, 2008. 344 с.

4. Антропологія права: філософський та юридичний виміри (стан, проблеми, перспективи). Статті учасників 4-го всеукраїнського «круглого столу» (м. Львів, 28-29 листопада 2008 року). Львів: Край, 2009. 336 с.

5. Антропологія права: філософський та юридичний виміри (стан, проблеми, перспективи). Матеріали Міжнародного «круглого столу» (м. Львів, 4-5 грудня 2009 року). Львів: Край, 2009. 440 с.

6. Антропологія права: філософський та юридичний виміри (стан, проблеми, перспективи). Статті учасників Міжнародного «круглого столу» (м. Львів, 3-5 грудня 2010 року). Львів: Галицький друкар, 2010. 696 с.

7. Антропологія права: філософський та юридичний виміри (стан, проблеми, перспективи). Статті учасників VII Міжнародного «круглого столу» (м. Львів, 9-10 грудня 2011 року). Львів: Галицький друкар, 2012. 2-е вид., виправ. і доп. 612 с.

8. Антропологія права: філософський та юридичний виміри (стан, проблеми, перспективи). Статті учасників восьмого Міжнародного «круглого столу» (м. Львів, 7-8 грудня 2012 року). Львів: Галицький друкар, 2013. 596 с.

9. Гудима Д. До питання про поняття та структуру вітчизняної антропології права (стаття I). Вісник Львівського університету. Серія юридична. 2006. Вип. 42. С. 19-26.

10. Гудима Д. До питання про поняття та структуру вітчизняної антропології права (стаття II). Вісник Львівського університету. Серія юридична. 2006. Вип. 43. С. 16-28.

11. Гурджі Ю.О. Правовий захист особи в кримінальному процесі України: теорія та методологія. Автореф. дис... д-ра юрид. наук: спец. 12.00.09 «Кримінальний процес та криміналістика; судова експертиза». Одеса, 2007. 40 с.

12. Дудченко В.В. Традиція правового плюралізму: західна та східна інтерпретація. Автореф. дис... д-ра юрид. наук. Спец. 12.00.01 «Теорія та історія держави і права; історія політичних і правових учень». Одеса, 2007. 35 с.

13. Семенов Ю.И. Введение во всемирную историю. Выпуск I. Проблема и понятийный аппарат. Возникновение человеческого общества: Учебное пособие. МФТИ, 1997. 202 с.

14. Бєлкін Л.М. Забезпечення законності в діяльності органів виконавчої влади: адміністративно-правовий вимір. Монографія. Київ, 2014. 545 с.

15. Бєлкін Л.М. Концепти «влада» та «громадянське суспільство»: ґенеза виникнення та взаємодії. Державне управління: удосконалення та розвиток. 2013. № 3. URL: http://www.dy.nayka.com.ua/index.php?operation=1&iid=558

16. Сергієнко В.В. Філософські проблеми наукового пізнання. Навчальний посібник. Кременчук: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2011. 103 с.

17. Андреєв О.О. Логіка і методологія науки в творчості В.І. Вернадського. Автореф. дис... канд. філософ. наук. Спец. 09.00.09 «Філософія науки». К., 2007. 17 с.

18. Lorenz K. Versuch einer Naturgeschichte des menschlichen Erkennens. 1973. 353 s.

19. Edward O. Wilson. The Ants. Harvard University Press, 1990. 732 p.

20. Грищук О. Природне право як форма об'єктивації цінності людини. Вісник Львівського університету. Серія юридична. 2006. С. 3-8.

21. Гусарєв С.Д., Олійник А.Ю., Слюсаренко О.Л. Теорія права і держави. Навчальний посібник. К.: «Правова єдність», 2008. 270 с.

22. Козенко Ю. Правова поведінка особи: спроба інтегративного осмислення. Монографія. Львів: Львівський державний університет внутрішніх справ, 2013. 88 с.

23. Рабінович С. Розумність у праві: філософсько-правовий та емпірико-юридичний виміри. У зб. [3]. С. 214-233.

24. Сливка С.С. Природне та надприродне право: У 3-х частинах. Ч. 1: Природне право: історико-філософський погляд. К.: Атіка, 2005. 224 с.

25. Сливка С.С. Філософія права. Навчальний посібник. Львів: Львівський державний університет внутрішніх справ, 2006. 136 с.

26. Історія держави і права зарубіжних країн. Підруч. для студ. вищ. навч. закл. / Л.М. Маймескулов та ін.; за ред. проф. Л.М. Маймескулова; Нац. ун-т «Юрид. акад. України ім. Ярослава Мудрого». Х.: Право, 2011. 518 с.

27. Mestre J.L. Introduction historique au droit administratif frangais. Paris: Presses Universitaires de France, 1985. 492 p.

28. Бутовская М.Л. Универсальные принципы организации социальных систем у приматов, включая человека. Дис… д-ра исторических наук. Спец.: 03.00.14 «Антропология». 1994. 468 с.

29. Дольник В.Р. Непослушное дитя биосферы. Беседы о поведении человека в компании птиц, зверей и детей. Издание 4-е, дополненное. СПб.: ЧеРо-на-Неве, Петроглиф, 2004. 352 с.

30. Протопопов А.И., Вязовский А.В. Инстинкты человека (попытка описания и классификации). [вторая редакция]. 2011.

31. McFarland D. Animal Behaviour: Psychobiology, Ethology and Evolution. London: Pitman, 1985. 576 p.

32. Lampe E.-J. The position of Anthropology of Law Within the Basic Legal Sciences. Law, Life and the Images of Man. Berlin: Duncker und Humblot, 1996. P. 55-63.

33. Портянко Є.В., Кононенко Т.М. Концепція походження моралі: особливості та слабкі сторони. Полтава, 2010. С. 184-185.

34. Кёстлер А. Общие свойства открытых иерархических систем. Нью-Йорк: Macmillan, 1967. URL: https://psylib.org.ua/books/_koest01.htm

35. Арістова І.В. Державна інформаційна політика: організаційно-правові аспекти. Автореф. дис... д-ра юрид. наук. Х., 2002. 39 с.

До розділу 6

1. Дрок І. С. Система «Безпечне місто» як інструмент превентивної діяльності Національної поліції України. 2025. DOI: 10.24144/2307-3322.2025.88.2.50.

2. Когут В. М. Судова оцінка юридично значущих обставин у провадженнях за статтею 124 КУпАП. 2024. DOI: 10.24144/2307-3322.2024.86.3.52.

3. Строков І. В., Ярема В. В., Пермяков Д. С. Презумпція невинуватості та проблеми її реалізації в адміністративному судочинстві. 2025. № 5(10).

4. Кодекс України про адміністративні правопорушення. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/80731-10

5. Про затвердження Інструкції з оформлення поліцейськими матеріалів про адміністративні правопорушення у сфері забезпечення безпеки дорожнього руху, зафіксовані не в автоматичному режимі: наказ МВС України від 07.11.2015 № 1395. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1408-15

6. Directive (EU) 2015/413 facilitating cross-border exchange of information on road-safety-related traffic offences. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2015/413/oj

7. Directive (EU) 2024/3237. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2024/3237/oj

8. Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO), § 31a.

9. Straßenverkehrsgesetz (StVG), § 25a.

10. Road Traffic Offenders Act 1988, section 1.

11. Road Traffic Act 1988, section 172.

12. Про Національну поліцію: Закон України від 02.07.2015 № 580-VIII.

13. Постанова Верховного Суду від 26.04.2018 у справі № 338/1/17.

14. Постанова Верховного Суду від 18.07.2019 у справі № 216/5226/16-а.

15. Постанова Кабінету Міністрів України від 27.12.2019 № 1174.

16. Постанова Кабінету Міністрів України від 03.09.2025 № 1088.

17. Наказ МВС України від 18.12.2018 № 1026.

18. Постанова Верховного Суду від 15.03.2019 у справі № 686/11314/17.

19. Постанова Верховного Суду від 12.06.2020 у справі № 686/28291/19.

20. Конституція України від 28.06.1996 № 254к/96-ВР.

21. Рішення Конституційного Суду України від 11.12.2025 № 7-р(I)/2025.

До розділу 7

1. Mnih V., Kavukcuoglu K., Silver D. et al. Human-level control through deep reinforcement learning. Nature. 2015. Vol. 518, no. 7540. P. 529-533. DOI: https://doi.org/10.1038/nature14236.

2. Drahan M., Pysarenko A. Deep Q-learning policy optimization method for enhancing generalization in autonomous vehicle control. Information, Computing and Intelligent Systems. 2025. No. 7. P. 96-109. DOI: https://doi.org/10.20535/2786-8729.7.2025.341723.

3. Bengio Y., Louradour J., Collobert R., Weston J. Curriculum learning. Proceedings of the 26th Annual International Conference on Machine Learning. New York: ACM, 2009. P. 41-48. DOI: https://doi.org/10.1145/1553374.1553380.

4. Florensa C., Held D., Wulfmeier M., Zhang M., Abbeel P. Reverse curriculum generation for reinforcement learning. Proceedings of the 1st Annual

Conference on Robot Learning. 2017. Vol. 78. P. 482-495. URL: https://proceedings.mlr.press/v78/florensa17a.html.

5. Florensa C., Held D., Geng X., Abbeel P. Automatic goal generation for reinforcement learning agents. Proceedings of the 35th International Conference on Machine Learning. 2018. Vol. 80. P. 1515-1528. URL: https://proceedings.mlr.press/v80/florensa18a.html.

6. Klink P., D'Eramo C., Peters J., Pajarinen J. Self-paced deep reinforcement learning. Advances in Neural Information Processing Systems. 2020. Vol. 33. P. 9216-9227. URL: https://proceedings.neurips.cc/paper/2020/hash/68a9750337a418a86fe06c1991a1d64c-Abstract.html.

7. Jiang M., Grefenstette E., Rocktäschel T. Prioritized level replay. Proceedings of the 38th International Conference on Machine Learning. 2021. Vol. 139. P. 4940-4950. URL: https://proceedings.mlr.press/v139/jiang21b.html.

8. Henderson P., Islam R., Bachman P. et al. Deep reinforcement learning that matters. Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence. 2018. Vol. 32, no. 1. P. 3207-3214. DOI: https://doi.org/10.1609/aaai.v32i1.11694.

До розділу 8

1. Project Management Institute. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide). 7th ed. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2021. 250 p.

2. Herroelen W., Leus R. Project scheduling under uncertainty: Survey and research potentials. European Journal of Operational Research. 2005. Vol. 165, no. 2. P. 289-306. DOI: 10.1016/j.ejor.2004.04.002.

3. Wooldridge M. An Introduction to MultiAgent Systems. 2nd ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2009. 484 p.

4. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. 4th ed. Pearson, 2021.

5. Sutton R. S., Barto A. G. Reinforcement Learning: An Introduction. 2nd ed. Cambridge, MA: MIT Press, 2018. 552 p.

6. Gneiting T., Raftery A. E. Strictly Proper Scoring Rules, Prediction, and Estimation. Journal of the American Statistical Association. 2007. Vol. 102, no. 477. P. 359-378. DOI: 10.1198/016214506000001437.

7. Guo C., Pleiss G., Sun Y., Weinberger K. Q. On Calibration of Modern Neural Networks. Proceedings of the 34th International Conference on Machine Learning. 2017. PMLR 70. P. 1321-1330.

8. Wilcoxon F. Individual Comparisons by Ranking Methods. Biometrics Bulletin. 1945. Vol. 1, no. 6. P. 80-83. DOI: 10.2307/3001968.

9. Holm S. A Simple Sequentially Rejective Multiple Test Procedure. Scandinavian Journal of Statistics. 1979. Vol. 6, no. 2. P. 65-70.

10. Alhamed M., Storer T. JOSSE. Zenodo, 2022. DOI: 10.5281/zenodo.7022735.

11. Fitzgerald B., Conboy K., Dey T. Process Data from Red Hat Public Jira Dataset 2001-2024. Zenodo, 2024. DOI: 10.5281/zenodo.14558684.

12. GitHub. REST API endpoints for timeline events. URL: https://docs.github.com/en/rest/issues/timeline.

До розділу 9

1. Wooldridge M., Jennings N. R. Intelligent agents: theory and practice. The Knowledge Engineering Review. 1995. Vol. 10, no. 2. P. 115-152. DOI: 10.1017/S0269888900008122.

2. Dorri A., Kanhere S. S., Jurdak R. Multi-agent systems: a survey. IEEE Access. 2018. Vol. 6. P. 28573-28593. DOI: 10.1109/ACCESS.2018.2831228.

3. Lesser V. R. Reflections on the nature of multi-agent coordination and its implications for an agent architecture. Autonomous Agents and Multi-Agent Systems. 1998. Vol. 1, no. 1. P. 89-111. DOI: 10.1023/A:1010046623013.

4. Smith R. G. The Contract Net Protocol: High-Level Communication and Control in a Distributed Problem Solver. IEEE Transactions on Computers. 1980. Vol. C-29, no. 12. P. 1104-1113. DOI: 10.1109/TC.1980.1675516.

5. Stone P., Veloso M. Multiagent systems: a survey from a machine learning perspective. Autonomous Robots. 2000. Vol. 8, no. 3. P. 345-383. DOI: 10.1023/A:1008942012299.

6. Taboada I., Daneshpajouh A., Toledo N., de Vass T. Artificial intelligence enabled project management: a systematic literature review. Applied Sciences. 2023. Vol. 13, no. 8. Art. 5014. DOI: 10.3390/app13085014.

7. Dam H. K., Tran T., Grundy J., Ghose A., Kamei Y. Towards effective AI-powered agile project management. 2019 IEEE/ACM 41st International Conference on Software Engineering: New Ideas and Emerging Results. 2019. DOI: 10.1109/ICSE-NIER.2019.00019.

8. He Z., Zhang N., Yuce B. Integrated multi-project planning and scheduling under uncertainty. European Journal of Operational Research. 2022. DOI: 10.1016/j.ejor.2022.01.018.

9. Snauwaert J., Vanhoucke M. Project scheduling with multi-skilled resources. European Journal of Operational Research. 2023. DOI: 10.1016/j.ejor.2022.05.049.

10. Gómez Sánchez M. A. et al. A survey of multi-skilled resource-constrained project scheduling. European Journal of Operational Research. 2023. DOI: 10.1016/j.ejor.2022.09.033.

11. Cai J., Bian Y., Liu C. Multi-agent resource allocation and coordination. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. 2024. Art. 102628. DOI: 10.1016/j.rcim.2023.102628.

12. Hodovychenko M. et al. Adaptive and coordinated IT project management. Applied Aspects of Information Technology. 2026. Vol. 9, no. 2. P. 208-219. DOI: 10.15276/aait.09.2026.15.

13. Hodovychenko M. et al. Coordinated decision support in IT project management. Herald of Advanced Information Technology. 2026. Vol. 9, no. 3. P. 429-442. DOI: 10.15276/hait.09.2026.28.

До розділу 10

1. Fernandez D. J., Fernandez J. D. Agile project management – agilism versus traditional approaches. Journal of Computer Information Systems. 2008. Vol. 49, no. 2. P. 10-17. DOI: 10.1080/08874417.2009.11646044.

2. Serrador P., Pinto J. K. Does Agile work? A quantitative analysis of agile project success. International Journal of Project Management. 2015. Vol. 33, no. 5. P. 1040-1051. DOI: 10.1016/j.ijproman.2015.01.006.

3. Wooldridge M., Jennings N. R. Intelligent agents: theory and practice. The Knowledge Engineering Review. 1995. Vol. 10, no. 2. P. 115-152. DOI: 10.1017/S0269888900008122.

4. Dorri A., Kanhere S. S., Jurdak R. Multi-agent systems: a survey. IEEE Access. 2018. Vol. 6. P. 28573-28593. DOI: 10.1109/ACCESS.2018.2831228.

5. Stone P., Veloso M. Multiagent systems: a survey from a machine learning perspective. Autonomous Robots. 2000. Vol. 8, no. 3. P. 345-383. DOI: 10.1023/A:1008942012299.

6. Lesser V. R. Reflections on the nature of multi-agent coordination and its implications for an agent architecture. Autonomous Agents and Multi-Agent Systems. 1998. Vol. 1, no. 1. P. 89-111. DOI: 10.1023/A:1010046623013.

7. Taboada I., Daneshpajouh A., Toledo N., de Vass T. Artificial intelligence enabled project management: a systematic literature review. Applied Sciences. 2023. Vol. 13, no. 8. Art. 5014. DOI: 10.3390/app13085014.

8. Dam H. K., Tran T., Grundy J., Ghose A., Kamei Y. Towards effective AI-powered agile project management. 2019 IEEE/ACM 41st International Conference on Software Engineering: New Ideas and Emerging Results. 2019. DOI: 10.1109/ICSE-NIER.2019.00019.

9. He Z., Zhang N., Yuce B. Integrated multi-project planning and scheduling under uncertainty. European Journal of Operational Research. 2022. DOI: 10.1016/j.ejor.2022.01.018.

10. Yager R. R. On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decisionmaking. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. 1988. Vol. 18, no. 1. P. 183-190.

11. Jøsang A., Ismail R., Boyd C. A survey of trust and reputation systems for online service provision. Decision Support Systems. 2007. Vol. 43, no. 2. P. 618-644.

12. Pinyol I., Sabater-Mir J. Computational trust and reputation models for open multi-agent systems: a review. Artificial Intelligence Review. 2013. Vol. 40. P. 1-25.

13. Hodovychenko M. et al. Adaptive and coordinated IT project management. Applied Aspects of Information Technology. 2026. Vol. 9, no. 2. P. 208-219. DOI: 10.15276/aait.09.2026.15.

14. Hodovychenko M. et al. Coordinated decision support in IT project management. Herald of Advanced Information Technology. 2026. Vol. 9, no. 3. P. 429-442. DOI: 10.15276/hait.09.2026.28.

До розділу 11

1. Zhang C., Patras P., Haddadi H. Deep Learning in Mobile and Wireless Networking: A Survey. IEEE Communications Surveys & Tutorials. 2019. DOI: 10.1109/COMST.2019.2904897.

2. Shi W., Cao J., Zhang Q., Li Y., Xu L. Edge Computing: Vision and Challenges. IEEE Internet of Things Journal. 2016. DOI: 10.1109/JIOT.2016.2579198.

3. Mach P., Becvar Z. Mobile Edge Computing: A Survey on Architecture and Computation Offloading. IEEE Communications Surveys & Tutorials. 2017. DOI: 10.1109/COMST.2017.2682318.

4. Mao Y., You C., Zhang J., Huang K., Letaief K. B. A Survey on Mobile Edge Computing: The Communication Perspective. IEEE Communications Surveys & Tutorials. 2017. DOI: 10.1109/COMST.2017.2745201.

5. Zhou Z. et al. Edge Intelligence: Paving the Last Mile of Artificial Intelligence With Edge Computing. Proceedings of the IEEE. 2019. DOI: 10.1109/JPROC.2019.2918951.

6. Jacob B. et al. Quantization and Training of Neural Networks for Efficient Integer-Arithmetic-Only Inference. CVPR. 2018. P. 2704-2713. DOI: 10.1109/CVPR.2018.00286.

7. Kang Y. et al. Neurosurgeon: Collaborative Intelligence Between the Cloud and Mobile Edge. ASPLOS. 2017. P. 615-629. DOI: 10.1145/3037697.3037698.

8. Han S. et al. MCDNN: An Approximation-Based Execution Framework for Deep Stream Processing Under Resource Constraints. MobiSys. 2016. P. 123-136. DOI: 10.1145/2906388.2906396.

9. Fang B. et al. NestDNN: Resource-Aware Multi-Tenant On-Device Deep Learning for Continuous Mobile Vision. MobiCom. 2018. P. 115-127. DOI: 10.1145/3241539.3241559.

10. Li E. et al. JALAD: Joint Accuracy- and Latency-Aware Deep Structure Decoupling for Edge-Cloud Execution. IEEE ICPADS. 2018. P. 671-678. DOI: 10.1109/PADSW.2018.8645013.

11. Smith R. G. The Contract Net Protocol: High-Level Communication and Control in a Distributed Problem Solver. IEEE Transactions on Computers. 1980. DOI: 10.1109/TC.1980.1675516.

12. Wooldridge M., Jennings N. R. Intelligent agents: theory and practice. The Knowledge Engineering Review. 1995. DOI: 10.1017/S0269888900008122.

13. Patsias C. et al. Task Allocation Methods and Optimization Techniques in Edge Computing: A Survey. Future Internet. 2023. Vol. 15, no. 8. Art. 254. DOI: 10.3390/fi15080254.

14. Hodovychenko M. et al. Coordinated Decision Support in IT Project Management. Herald of Advanced Information Technology. 2026. Vol. 9, no. 3. P. 429-442. DOI: 10.15276/hait.09.2026.28.

До розділу 12

1. De Reuver M., Sørensen C., Basole R. C. The digital platform: a research agenda. Journal of Information Technology. 2018. Vol. 33, no. 2. P. 124-135. DOI: 10.1057/s41265-016-0033-3.

2. Tiwana A. Platform Ecosystems: Aligning Architecture, Governance, and Strategy. Waltham: Morgan Kaufmann, 2014. 300 p.

3. Parker G. G., Van Alstyne M. W., Choudary S. P. Platform Revolution: How Networked Markets Are Transforming the Economy. New York: W. W. Norton & Company, 2016. 352 p.

4. Van der Aalst W. M. P. Process Mining: Data Science in Action. 2nd ed. Berlin: Springer, 2016. 467 p. DOI: 10.1007/978-3-662-49851-4.

5. Kleinbaum D. G., Klein M. Survival Analysis: A Self-Learning Text. 3rd ed. New York: Springer, 2012. 700 p. DOI: 10.1007/978-1-4419-6646-9.

6. Andersen P. K., Keiding N. Multi-state models for event history analysis. Statistical Methods in Medical Research. 2002. Vol. 11, no. 2. P. 91-115. DOI: 10.1191/0962280202SM276ra.

7. Putter H., Fiocco M., Geskus R. B. Tutorial in biostatistics: competing risks and multi-state models. Statistics in Medicine. 2007. Vol. 26, no. 11. P. 2389-2430. DOI: 10.1002/sim.2712.

8. Fine J. P., Gray R. J. A proportional hazards model for the subdistribution of a competing risk. Journal of the American Statistical Association. 1999. Vol. 94, no. 446. P. 496-509. DOI: 10.1080/01621459.1999.10474144.

До розділу 13

1. Calvo R. A., Milne D. N., Hussain M. S., Christensen H. Natural language processing in mental health applications using non-clinical texts. Natural Language Engineering. 2017. DOI: 10.1017/S1351324916000383.

2. Shatte A. B. R., Hutchinson D. M., Teague S. J. Machine learning in mental health: a scoping review of methods and applications. Psychological Medicine. 2019. DOI: 10.1017/S0033291719000151.

3. Salton G., Buckley C. Term-weighting approaches in automatic text retrieval. Information Processing & Management. 1988. DOI: 10.1016/0306-4573(88)90021-0.

4. Joachims T. Text categorization with Support Vector Machines: Learning with many relevant features. ECML-98. DOI: 10.1007/BFb0026683.

5. Devlin J., Chang M.-W., Lee K., Toutanova K. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. NAACL-HLT. 2019. DOI: 10.18653/v1/N19-1423.

6. Conneau A. et al. Unsupervised Cross-lingual Representation Learning at Scale. ACL. 2020. DOI: 10.18653/v1/2020.acl-main.747.

7. Poria S. et al. Emotion Recognition in Conversation: Research Challenges, Datasets, and Recent Advances. IEEE Access. 2019. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2929050.

8. Ghosal D. et al. DialogueGCN: A Graph Convolutional Neural Network for Emotion Recognition in Conversation. EMNLP-IJCNLP. 2019. DOI: 10.18653/v1/D19-1015.

9. Stolcke A. et al. Dialogue act modeling for automatic tagging and recognition of conversational speech. Computational Linguistics. 2000. Vol. 26, no. 3. P. 339-373. DOI: 10.1162/089120100561737.

Vydavatel:
Publishing house Education and Science s.r.o. IČO : 271 56 877.
Frýdlanská 15/1314 , Praha 8. MS v Praze , oddíl C,vložka 100614

Cross-Disciplinary Studies in Science, Innovation and Social Development

Volume XIX

Signed for printing on August 31, 2026.
Format 60x90/8. Headset Times New Roman.
Mental printing. arc. 8,25. Edition online.