

УДК 004

DOI: <https://doi.org/10.32782/2786-8141/2026-14-5>**Гужва В. М.**кандидат економічних наук, доцент,  
професор кафедри комп'ютерних наук,  
Київський національний економічний університет  
імені Вадима Гетьмана  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0379-1480>**Volodymyr Huzhva**

Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman

**АГЕНТНА ТРАНСФОРМАЦІЯ  
БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ В АКАДЕМІЧНИХ  
УСТАНОВАХ****AGENT-BASED TRANSFORMATION  
OF BUSINESS PROCESSES IN ACADEMIC  
INSTITUTION**

**Анотація.** У статті обґрунтовано концепцію агентної трансформації бізнес-процесів академічних установ як наступного етапу їх цифрової зрілості в умовах розвитку штучного інтелекту та мультиагентних систем. Доведено, що традиційні підходи до автоматизації на основі ERP-, LMS- та електронного документообігу забезпечують переважно формалізацію й регламентацію процедур, однак не гарантують належної адаптивності, персоналізації та швидкого реагування на зміни зовнішнього середовища, зокрема в умовах турбулентності освітнього ринку та зростання конкуренції. Запропоновано агентно-орієнтований підхід, відповідно до якого бізнес-процеси моделюються як динамічні мережі взаємодіючих інтелектуальних агентів, здатних автономно приймати рішення, координувати дії, навчатися на основі даних та адаптувати поведінку до контексту. Здійснено порівняльний аналіз BPM/BPMN, IDEF0, CMMN, SOA та агентного підходу й визначено їхні обмеження в академічному середовищі з огляду на багатосуб'єктність і слабку формалізованість процесів. Розкрито сутність агентного бізнес-процесу як еволюції класичного workflow до децентралізованої хореографії агентів із цілеспрямованою поведінкою, проактивністю та вбудованою підтримкою роботи з невизначеністю. Представлено практичні кейси агентної трансформації адміністративно-управлінських процесів закладу вищої освіти: цифрової приймальної комісії, децентралізованої системи розумного планування ресурсів і концепції розумного кампусу з самоорганізацією інфраструктури. Для формалізації взаємодії агентів використано UML-діаграми компонентів і діяльності, що забезпечують наочність архітектурних рішень і прозорість логіки функціонування в цифровому середовищі університету. Доведено, що впровадження агентних бізнес-процесів створює підґрунтя для переходу до моделі когнітивного університету, у межах якої управління ґрунтується на даних, аналітиці та прогнозуванні, а освітні траєкторії стають персоналізованими, адаптивними та орієнтованими на досягнення стратегічних цілей сталого інноваційного розвитку установи.

**Ключові слова:** агентні бізнес-процеси, штучний інтелект, мультиагентні системи, цифрова трансформація, управління університетом, когнітивний університет, UML.

**Abstract.** The article substantiates the concept of agent-based transformation of business processes in academic institutions as the next stage of their digital maturity in the context of artificial intelligence and multi-agent systems development. It is argued that traditional automation approaches based on ERP, LMS, and electronic document management systems mainly ensure formalization and procedural regulation but do not provide sufficient adaptability, personalization, and rapid responsiveness to dynamic changes in the external environment and the increasingly competitive global educational market. An agent-oriented approach is proposed, according to which business processes are modeled as dynamic networks of cooperating intelligent agents capable of autonomous decision-making, coordination, learning from data, and context-aware adaptation. A comparative analysis of BPM/BPMN, IDEF0, CMMN, SOA, and the agent-oriented approach is conducted, highlighting their limitations in the academic environment characterized by multi-actor interaction and weakly formalized processes. The essence of an agent-based business process is revealed as an evolution of classical workflow toward decentralized choreography with goal-oriented behavior, proactivity, and built-in support for uncertainty management. Practical cases of agent-based transformation of administrative and managerial processes in higher education institutions are presented, including a digital admissions office, a decentralized intelligent resource planning system, and a smart campus concept with self-organizing infrastructure. UML component and activity diagrams are used to formalize agent interaction and architectural logic. It is concluded that the implementation of agent-based business processes creates the foundation for a cognitive university model, where management relies on advanced data analytics and predictive insights, and educational trajectories become personalized, adaptive, and strategically aligned with sustainable innovative development goals and long-term institutional competitiveness.

**Keywords:** agent-business processes, artificial intelligence, multi-agent systems, digital transformation, university management, cognitive university, UML.

**Постановка проблеми.** Цифрова трансформація академічних установ передбачає перехід від фрагментарної автоматизації до цілісних цифрових екосистем, у яких освітні, наукові та управлінські процеси інтегруються на основі даних, аналітики та інтелектуальних сервісів. Попри впровадження ERP, LMS і електронного документообігу, бізнес-процеси ЗВО залишаються малоадаптивними та орієнтованими на ручні рішення, що обмежує їхню здатність реагувати на зміни зовнішнього середовища.

Розвиток ІІІ та мультиагентних систем створює умови для агентно-орієнтованих бізнес-процесів, у яких програмні агенти підтримують управлінські рішення та персоналізують сервіси, однак ці підходи поки застосовуються фрагментарно. Основною проблемою є відсутність цілісних моделей і архітектур, адаптованих до академічної специфіки, а також невідомість питань повноважень, прозорості, інтеграції та ризиків. Це зумовлює актуальність розроблення концептуальних і прикладних засад агентних бізнес-процесів на основі ІІІ для переходу університетів до вищого рівня цифрової зрілості.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Останніми роками зростає науковий інтерес до застосування ІІІ та мультиагентних систем в освіті та управлінні університетами. На думку Д.-М. Кордови-Еспарси [1] спостерігається перехід від окремих інтелектуальних сервісів до комплексних агентних середовищ, що координують навчальні, аналітичні та управлінські функції. Ю. Кубрак та ін. [2], у своїй роботі акцентують увагу на тому, що принципи мультиагентних систем, зокрема архітектури агентів і механізми розподіленого прийняття рішень, закладають основу для агентних бізнес-процесів.

У сфері освітніх технологій агенти, як зазначають у своїй публікації Ч. Джуффра та Р. Сільверія [3], дозволяють інтегрувати віртуальні середовища з інтелектуальними тьюторськими системами, персоналізують навчальні траєкторії та підвищують залученість студентів. В статті О. Буїницької та ін. [4] виділяється особлива роль агентів для координації взаємодії між цифровими сервісами університету. Ю.-Х. Цзян та ін. [5] описують фреймові архітектури, в рамках яких передбачається модульний поділ агентів на планування, виконання, аналіз результатів і комунікацію з користувачами.

Дослідження показують позитивний вплив мультиагентної підтримки на персоналізацію навчання та зменшення розривів у результатах – про це йде мова в роботі З. Хао та ін. [6], проте управлінські процеси залишаються недостатньо інтегрованими. Як зазначають П.-Б. Деген та І.Асанов [7], використання ІІІ для академічного консультування та координації з підходом “human-in-the-loop” демонструє потенціал інтеграції людських і автоматизованих рішень. Практичним аспектам застосування мультиагентних систем в технічних навчальних закладах присвячена робота Б. Струг та Г. Слусарчик [8].

В українських дослідженнях також відзначається інтерес до мультиагентних систем та штучного інтелекту в управлінні університетами – про це свідчать опубліковані роботи О. Чайки [9] та В. Гужви [10], але більшість робіт концептуальні і не пропонують цілісних архітектур бізнес-процесів. Це свідчить про

потребу розроблення комплексних моделей агентних бізнес-процесів для підтримки управління, навчання та досліджень у єдиній цифровій екосистемі університету.

**Метою статті** є обґрунтування практичних підходів до впровадження інтелектуальних агентів у систему управління закладами вищої освіти з метою підвищення ефективності організаційних, освітніх і наукових процесів. У роботі розглянуто ключові управлінські процеси, у яких агентні рішення забезпечують зниження рутинного навантаження та покращення координації між підрозділами. Запропоновано типові ролі інтелектуальних агентів і модель їх інтеграції з наявними цифровими системами управління. Особливу увагу приділено можливостям підтримки управлінських рішень на основі даних та оцінюванню ефективності впровадження агентних підходів у діяльність академічних установ.

**Виклад основного матеріалу.** Моделювання бізнес-процесів є ключовим інструментом формалізації, аналізу та оптимізації діяльності організацій. У практиці управління та проєктування інформаційних систем сформувалися кілька базових підходів до моделювання процесів, кожен з яких має власні теоретичні засади, нотації та сфери ефективного застосування. Стисло розглянемо їх:

**1) Процесно-орієнтований підхід (BPM, BPMN).** Процесно-орієнтований підхід (Business Process Management, BPM) розглядає організацію як сукупність взаємопов'язаних процесів, що можуть бути формалізовані, оптимізовані та автоматизовані за допомогою нотацій моделювання, зокрема BPMN (Business Process Model and Notation) [11–12].

**2) Функціонально-орієнтований підхід (IDEF0, SADT).** Функціонально-орієнтований підхід ґрунтується на декомпозиції діяльності організації у вигляді ієрархії функцій із визначенням входів, виходів, керуючих впливів та механізмів їх реалізації, що формалізується за допомогою методологій SADT (Structured Analysis and Design Technique) та стандарту IDEF0 (Integrated DEFinition for Function Modeling) [13–14].

**3) Дані-орієнтований підхід (Case Management, CMMN – Case Management Model and Notation).** У даному підході фокус переноситься з жорстких сценаріїв на керування станами об'єктів (кейсів) та подіями, що впливають на їх життєвий цикл. Процес розвивається залежно від змін у даних та зовнішніх умовах [15].

**4) Сервісно-орієнтований підхід (SOA, Microservices) Сервісно-орієнтований та мікро-сервісний архітектурний підхід ((Service-Oriented Architecture)/Microservices Architecture)** Сервісно-орієнтований підхід розглядає бізнес-процеси як композицію незалежних сервісів, що взаємодіють через стандартизовані інтерфейси. Логіка процесу реалізується через оркестрацію або хореографію сервісів [16–17].

**5) Агентно-орієнтований підхід. Агентно-орієнтований та мультиагентний підхід (Agent-Oriented and Multi-Agent Systems Approach)** Агентно-орієнтований підхід моделює систему як сукупність автономних інтелектуальних агентів, кожен з яких має власні цілі, здатність до сприйняття середовища,

прийняття рішень і взаємодії з іншими агентами та сервісами. У такій парадигмі бізнес-процес не задається жорсткою послідовністю дій, а формується як результат координації поведінки агентів відповідно до контексту [18].

Використання сучасних моделей штучного інтелекту, зокрема великих мовних моделей та механізмів планування, дозволяє агентам: а) *інтерпретувати неструктуровані запити користувачів*; б) *формувати плани дій у реальному часі*; в) *адаптувати поведінку на основі результатів і зворотного зв'язку та г) здійснювати семантичну інтеграцію різних інформаційних джерел*.

Агентний бізнес-процес – це радикальна еволюція класичного workflow. Якщо традиційний процес – це **жорсткий маршрут (pipeline)** з заданими точками прийняття рішень людиною, то агентний процес – це **динамічна мережа (network)**. Для агентно-орієнтованих бізнес-процесів характерним є наявність: а) *делегування*: ключові дії, прийняття рішень та контроль виконання делегуються не людині, а кооперуючим автономним агентам; б) *оркестрація vs. хореографія*: на зміну централізованій оркестрації (де один контролер керує всіма кроками) приходять *децентралізована хореографія*. Агенти, спілкуючись напругу один з одним за правилами глобальної мети, самоорганізуються для виконання процесу. Це робить процес стійким до змін та відмов окремих компонентів та в) *сутність*: процес стає не статичною схемою, а *живим результатом взаємодії інтелектуальних компонентів у реальному часі для досягнення бізнес-цілі* (наприклад, «забезпечити успішне закінчення семестру студентом Х»).

Перехід до агентних процесів пропонує якісні переваги, критично важливі для сучасних академічних установ, а саме: 1) *гнучкість*: агенти швидко адаптуються до змін, достатньо налаштувати окремі правила або зв'язки; 2) *масштабованість*: легко додавати нових агентів або типи для розширення функцій; 3) *розподілене вирішення задач*: складні завдання розбиваються на підзадачі, які агенти вирішують паралельно; 4) *стійкість*: відмова одного агента не зупиняє процес, функції перерозподіляються та 5) *підтримка інновацій*: нові ІІІ-технології інтегруються через поступове оновлення агентів.

Таким чином, агентні бізнес-процеси мають властивості *контекстної адаптивності, проактивності та самоорганізації*, що принципово відрізняє їх від класичних процесних моделей (табл. 1).

Для академічних установ, де значна частина процесів є слабо формалізованими, багатосуб'єктними та залежними від контексту (індивідуальні освітні траєкторії, управління науковими проектами, міжнародна співпраця), класичні BPM-підходи виявляються недостатньо гнучкими. Агентно-орієнтований підхід дозволяє поєднати формальні регуляторні вимоги з інтелектуальною адаптацією процесів, що робить його перспективною основою для наступного етапу цифрової трансформації університетів – переходу від автоматизованих до інтелектуально керованих організацій.

**Практичні кейси.** В якості прикладу практичної реалізації розглянемо агентно-орієнтовану трансформацію адміністративно-управлінських процесів в академічній установі. Ця група процесів є критичною для стабільного функціонування будь-якої академічної установи, але саме тут найчастіше спостерігаються неефективність, перевантаження персоналу та конфлікти через ручну обробку даних і жорсткі процедури. Агентні системи пропонують перехід від бюрократичної механіки до інтелектуального сервісу (табл. 2).

Для візуального моделювання описаних вище агентно-орієнтованих процесів скористаємося UML-діаграмами. Безпосередньо бізнес-процес кожного із указаних в табл. 2 агентів буде представлений за допомогою UML-діаграм – Component Diagram та Activity Diagram. *UML Activity Diagram* є графічною нотацією для моделювання робочих процесів (workflow), бізнес-процесів та алгоритмічної поведінки системи. Вона показує потік контролю від однієї дії до іншої, з акцентом на послідовність та умови виконання [19]. Результати моделювання представлені на рис. 1–3.

**Висновки.** Дослідження засвідчило, що агентні бізнес-процеси на основі ІІІ є логічним етапом цифрової трансформації академічних установ і забезпечують перехід від фрагментарної автоматизації до цілісного інтелектуалізованого середовища – когнітивного університету. У цій моделі бізнес-процеси функціонують як мережі кооперуючих агентів, студент перебуває в центрі персоналізованої освітньої траєкторії, викладачі звільняються від рутинних завдань, а управління ґрунтується на аналітиці та прогнозуванні. Практична реалізація такої трансформації потребує поетапного впровадження, розвитку цифрових компетентностей і партнерств з ІТ-сектором та університетами.

Подальший розвиток пов'язаний з інтеграцією агентних систем у XR- та метавесвітні середовища,

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика підходів

Критерій	BPM / BPMN	IDEF0	CMMN	SOA / Microservices	Агентно-орієнтований ІІІ
<i>Тип логіки</i>	Сценарна	Функціональна	Подієва	Сервісна	Цілеспрямована поведінка
<i>Адаптивність</i>	Низька	Низька	Середня	Середня	Висока
<i>Робота з невизначеністю</i>	Обмежена	Обмежена	Часткова	Обмежена	Вбудована
<i>Роль ІІІ</i>	Зовнішня	Відсутня	Обмежена	Зовнішня	Центральна
<i>Самоорганізація</i>	Ні	Ні	Частково	Ні	Так
<i>Персоналізація процесів</i>	Мінімальна	Відсутня	Обмежена	Через сервіси	Динамічна

Джерело: складено на основі [11–18]

створенням автономних дослідницьких лабораторій і міжуніверситетських агентних мереж. Ці напрями формують глобальну освітньо-наукову екосистему,

що поєднує персоналізоване навчання, колаборації та підвищення якості освіти зі збереженням її людського виміру.

Таблиця 2 - Агентна трансформація адміністративно-управлінських процесів

Структурний підрозділ або підсистема	Поточні проблеми	Агентна трансформація	Агенти та їх функції і можливості	Результат
<b>Приймальна комісія (обробка заяв, консультування)</b>	«Гарячий» сезон супроводжується шквалом однотипних запитань, ручною перевіркою великих масивів документів (атестатів, сертифікатів), ризиком людських помилок, затримками у зв'язку з абітурієнтами та високим стресовим навантаженням на співробітників.	Створення віртуальної «цифрової приймальної комісії»	<b>1) Інтелектуальний чат-бот/віртуальний консультант (агент інтерфейсу):</b> виконує функцію першого контакту з абітурієнтом, веде природний діалог українською та іншими мовами. На основі NLP і бази знань відповідає на типові запитання щодо спеціальностей, вступу, термінів і вартості, персоналізує консультації з урахуванням профілю абітурієнта (бали, спеціальність, шанси вступу, альтернативи, документи) та, за потреби, передає звернення людському оператору з повним контекстом спілкування.	Значне зниження навантаження на співробітників, прискорення обробки, 24/7 доступність консультацій, мінімізація помилок, покращення іміджу установи як інноваційної та орієнтованої на клієнта.
<b>Навчальний відділ – робота з розкладом (оптимізація з урахуванням базових обмежень)</b>	Розклад – це завдання високої математичної складності (NP-складне) з сотнями обмежень. Ручне або напівавтоматичне складання займає тижні, часто призводить до субоптимальних рішень, конфліктів інтересів і невикористання ресурсів.	Децентралізована система «розумного» планування ресурсів	<b>1) Агент-представник групи (освітньої програми):</b> захищає інтереси конкретної студентської групи. Володіє інформацією про обов'язкові й вибіркові курси та оптимальний баланс навчального навантаження, а також узгоджує й резервує слоти в розкладі через переговори з іншими агентами. <b>2) Агент-представник викладача:</b> захищає інтереси та обмеження викладача. Враховує навчальне навантаження, індивідуальний графік, відпустки й часові уподобання та бере участь у переговорах щодо призначення занять. <b>3) Агент-менеджер аудиторій та ресурсів:</b> управляє фізичними та віртуальними ресурсами. Враховує характеристики й доступність аудиторій, обладнання, лабораторій і комп'ютерних класів. <b>4) Агент-арбітр (оркестратор):</b> координує переговори між агентами для досягнення глобально оптимального рішення. Організовує ітераційні узгодження, оптимізує загальну корисність (викладачі, студенти, ресурси) з урахуванням обмежень і забезпечує динамічне перепланування у разі екстрених змін.	Радикальне скорочення часу на складання розкладу, об'єктивне та збалансоване розподілення ресурсів, адаптивність до змін, підвищення задоволеності всіх учасників процесу.
<b>Підсистема управління майном та аудиторіями</b>	Неефективне використання приміщень («мертві» години), складність бронювання, відсутність єдиного вікна для пошуку ресурсів, проблеми з технічним обслуговуванням та моніторингом стану.	Створення «розумного кампусу» з самоорганізацією ресурсів	<b>1) Агент бронювання та диспетчеризації (інтерфейсний сервіс):</b> єдиний інтелектуальний портал резервування. Приймає запити від студентів, викладачів і адміністрації, рекомендує оптимальні слоти з урахуванням обладнання, локації та часу, інтегрується з Google/Outlook календарями. <b>2) Агент моніторингу завантаженості та оптимізації (аналітик):</b> максимізує використання приміщень. Аналізує дані, виявляє прості, пропонує оптимізацію розкладу й консолідацію занять, формує аналітичні звіти та рекомендації для адміністрації. <b>3) Агент технічного стану та обслуговування (IoT-агент):</b> забезпечує превентивне управління інфраструктурою. Збирає дані з IoT-датчиків, автоматично формує заявки на обслуговування та керує «розумними» системами освітлення, обладнання й мікроклімату.	Підвищення ефективності використання дорожньої інфраструктури на 20–30%, зниження експлуатаційних витрат (комунальні послуги, ремонт), підвищення комфорту та технічної готовності приміщень, простий та зрозумілий доступ для користувачів.

Джерело: складено автором



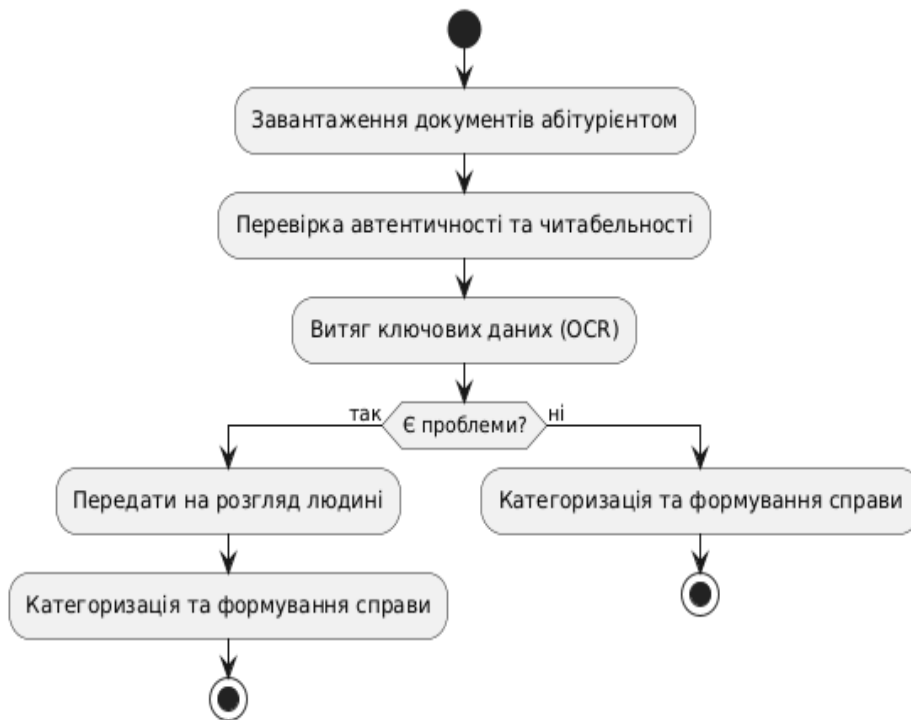
а) Агентна цифрова приймальня комісія (Component Diagram)

**Інтелектуальний чат-бот / Віртуальний консультант**



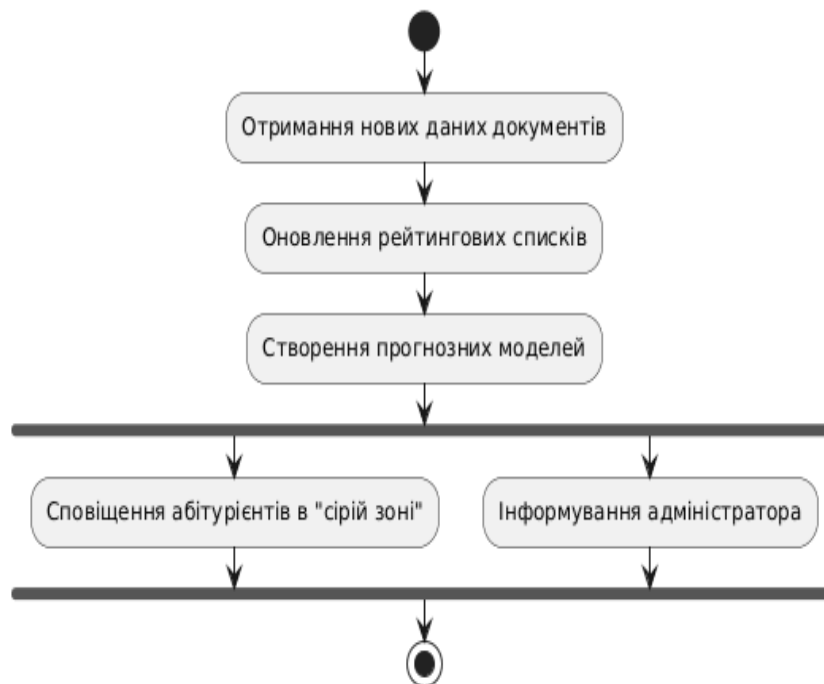
б) UML Activity Diagram для Інтелектуального чат-боту /Віртуального консультанта

**Агент верифікації та аналізу документів**



в) UML Activity Diagram для Агента верифікації та аналізу документів

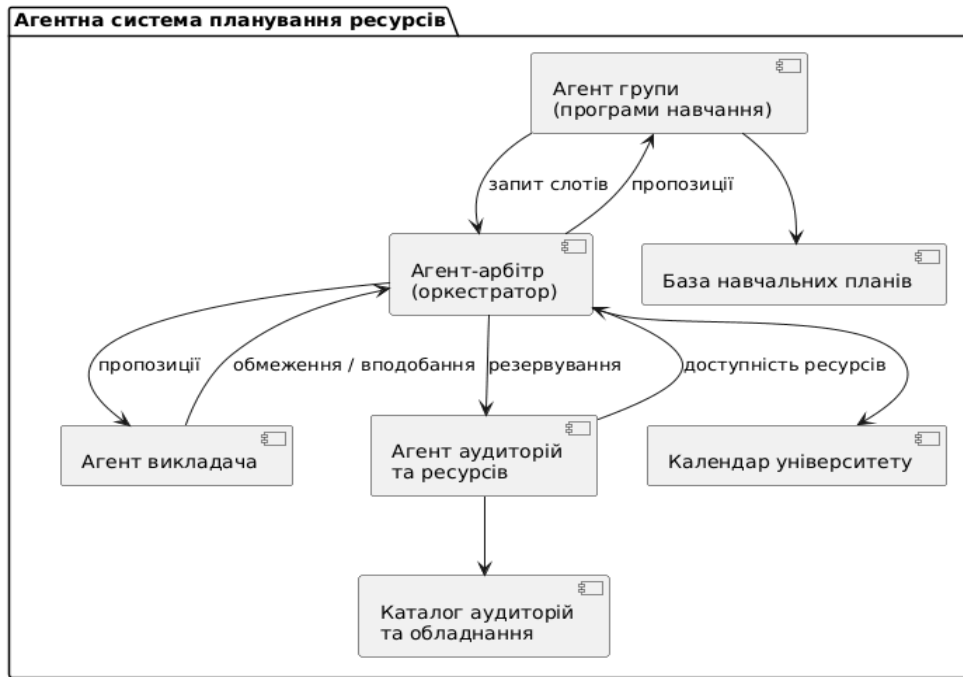
**Агент формування рейтингових списків та прогнозу**



г) UML Activity Diagram для Агента формування рейтингових списків та прогнозу

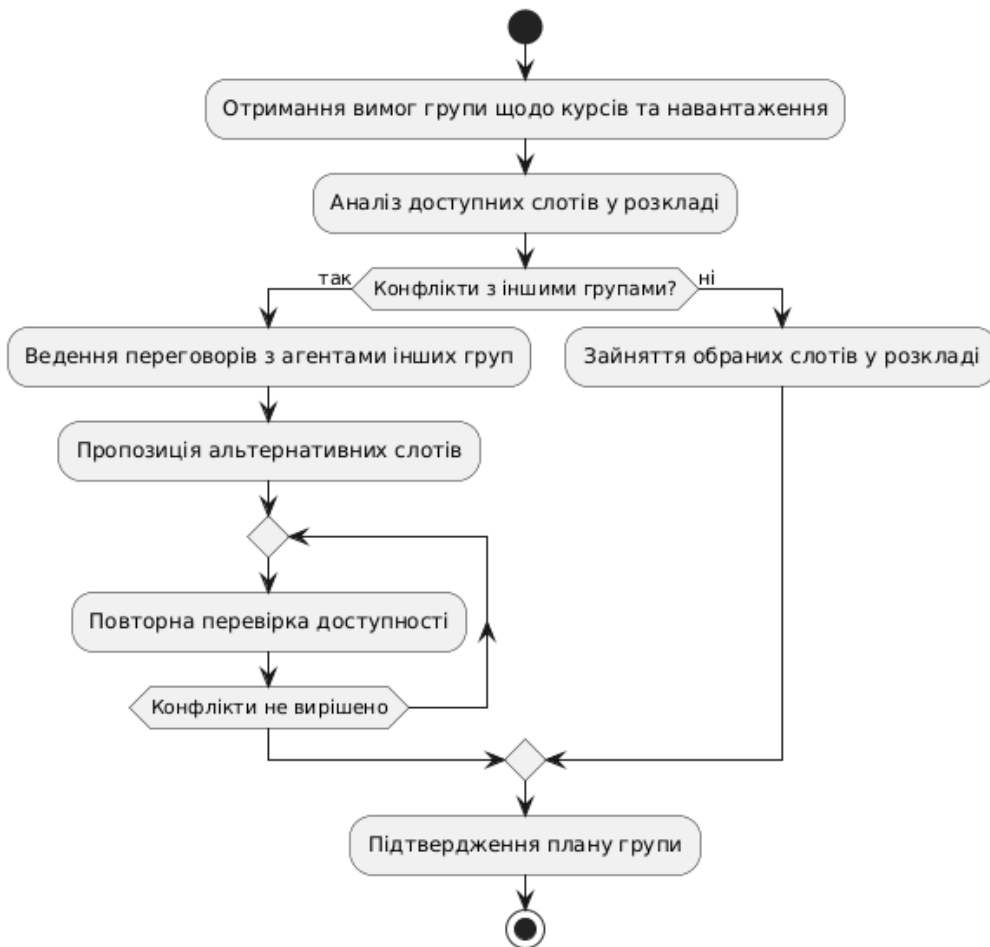
Рисунок 1 – Агентна трансформація адміністративно-управлінських процесів. Бізнес-процеси віртуальної «цифрової приймальної комісії» у формі UML Activity Diagram

Джерело: розроблено автором

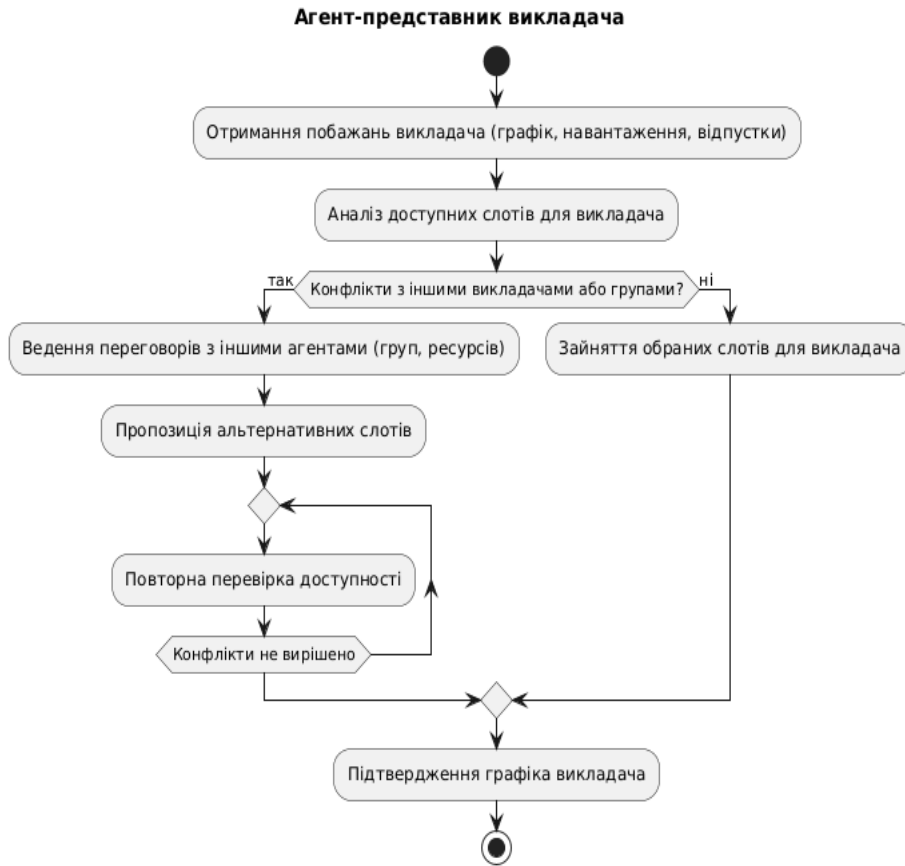


а) Агентна система планування ресурсів (Component Diagram)

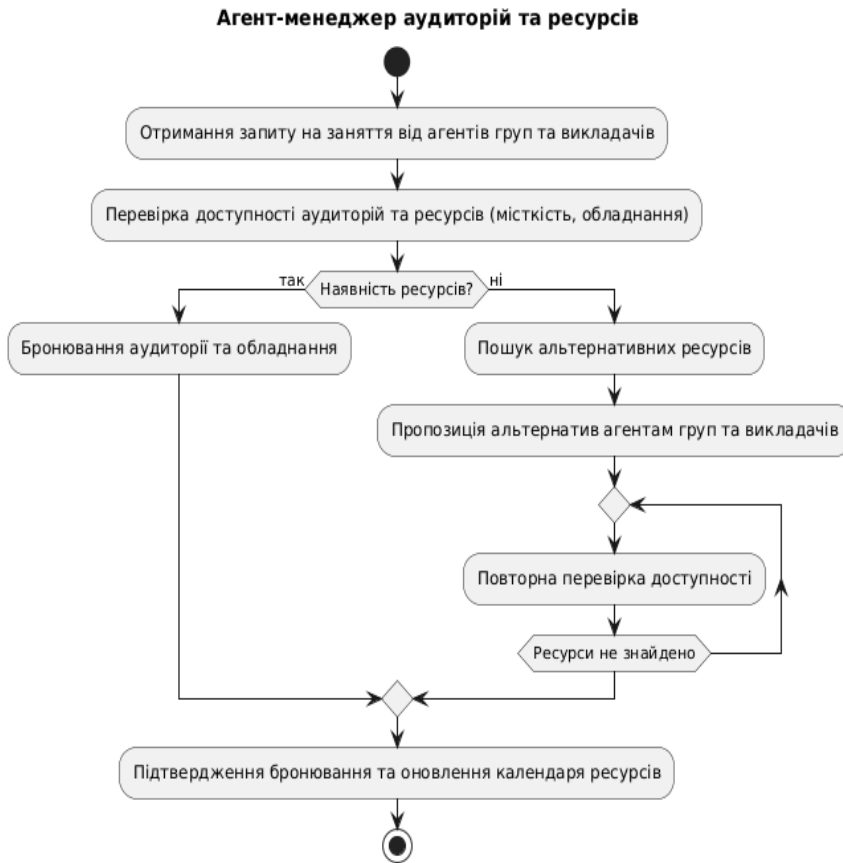
**Агент-представник групи (програми навчання)**



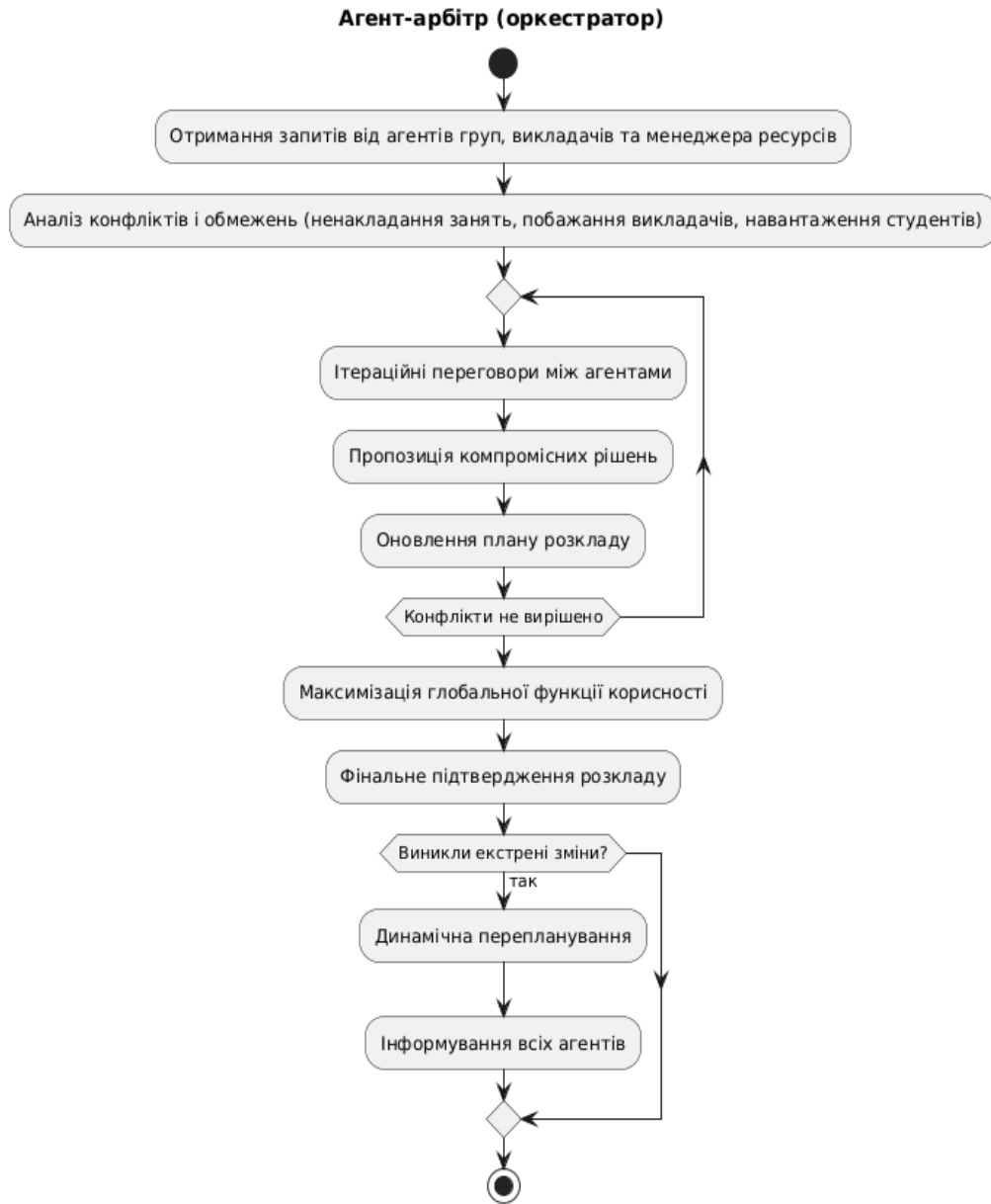
б) UML Activity Diagram для Агенту-представника групи



в) UML Activity Diagram для Агенту-представника викладача



г) UML Activity Diagram для Агенту-менеджера аудиторій та ресурсів



д) UML Activity Diagram для Агента-оркестратора

Рисунок 2 – Агентна трансформація адміністративно-управлінських процесів. Бізнес-процеси «розумного» планування ресурсів у формі UML Activity Diagram

Джерело: розроблено автором



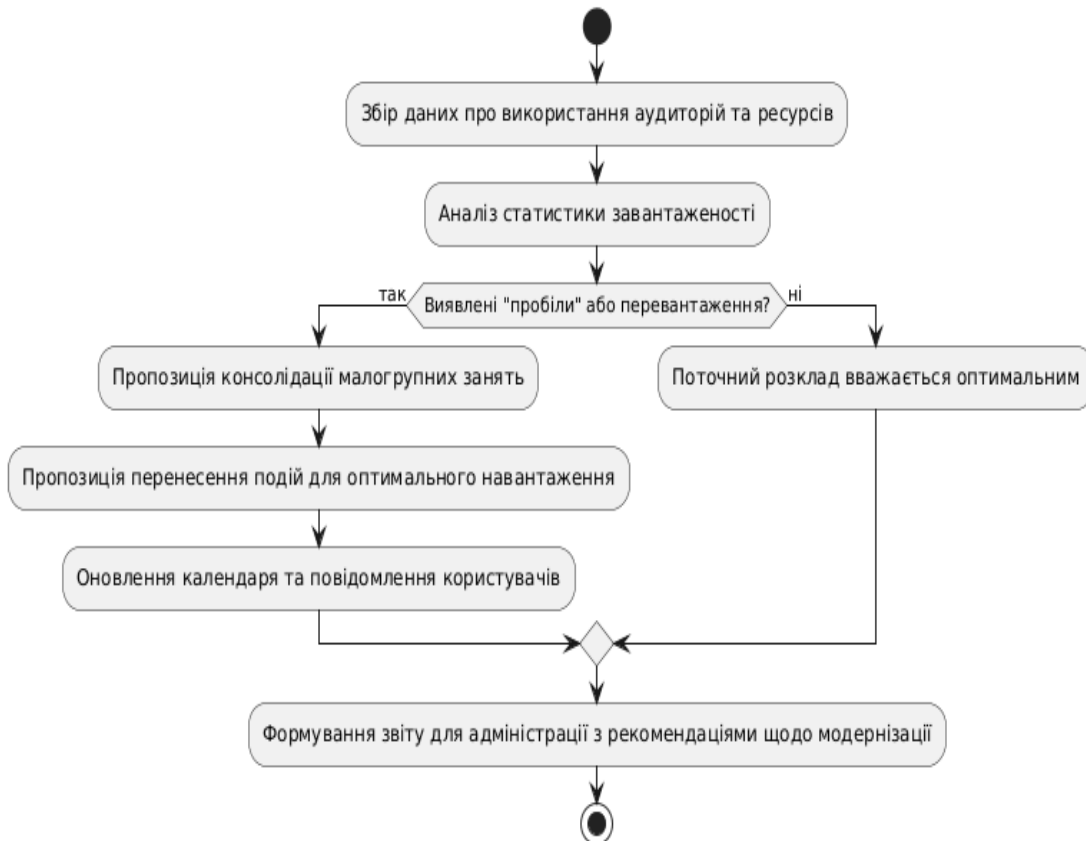
а) Агентна архітектура розумного кампусу (Component Diagram)

**Агент бронювання та диспетчеризації (інтерфейсний сервіс)**



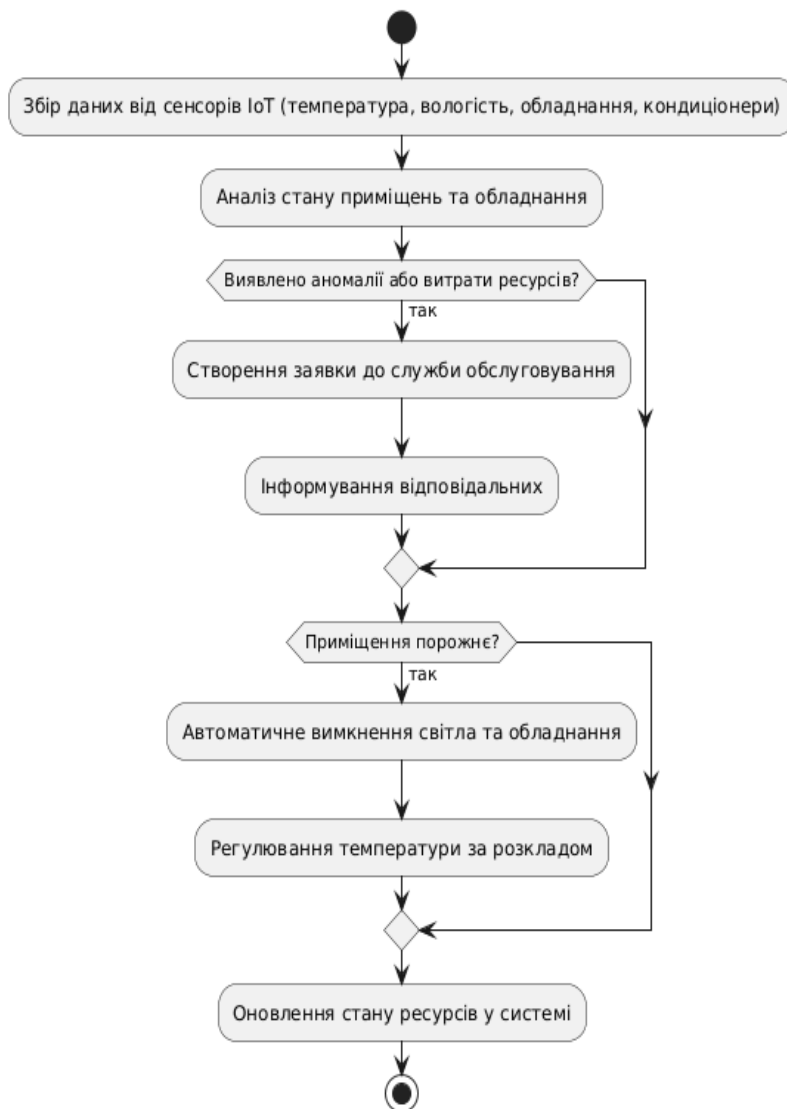
б) UML Activity Diagram для Агента бронювання та диспетчеризації

**Агент моніторингу завантаженості та оптимізації (аналітик)**



в) UML Activity Diagram для Агента моніторингу завантаження та оптимізації

## Агент технічного стану та обслуговування (IoT-агент)



## 2) UML Activity Diagram для Агента технічного стану та обслуговування

Рисунок 3 – Агента трансформація адміністративно-управлінських процесів. Бізнес-процеси «розумного кампусу» з самоорганізацією ресурсів у формі UML Activity Diagram. Управління майном та аудиторіями

Джерело: розроблено автором

## Бібліографічний список:

1. Córdova-Esparza D.-M. AI-Powered educational agents: Opportunities, innovations, and ethical challenges. *Information*. 2025. Vol. 16, № 6. P. 469. DOI: <https://doi.org/10.3390/info16060469>
2. Kubrak Y., Plechystyy D., Romanishyn V. A multi-agent system of artificial intelligence forming principles. *Computer-integrated technologies: education, science, production*. 2022. DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2022-48-12>
3. Giuffra, C. and Silveria, R. A multi-agent system model to integrate Virtual Learning Environments and Intelligent Tutoring Systems. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 2013, v.2 (1), pp. 51–58. DOI: <https://doi.org/10.9781/ijimai.2013.217>
4. Buinytska, O., Terletska, T., Smirnova, V., Tiutiunyk, A., Kovalenko, I., & Hrytseliak, B. Artificial intelligence in open university ecosystem context. *Information Technologies and Learning Tools*, 2025, № 105 (1), P. 204–221. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v105i1.5959>
5. Jiang Y.-H., Li R., Zhou Y., Qi C., Hu H., Wei Y., Jiang B., Wu Y. AI agent for education: von Neumann multi-agent system framework [Preprint]. arXiv. 2024. URL: <https://arxiv.org/abs/2501.00083>
6. Hao Z., Cao J., Li R., Yu J., Liu Z., Zhang Y. Mapping student-AI interaction dynamics in multi-agent learning environments: Supporting personalised learning and reducing performance gaps [Preprint]. arXiv. – 2025. – Режим доступу: <https://arxiv.org/abs/2506.02993>
7. Degen P.-B., Asanov I. Beyond automation: Socratic AI, epistemic agency, and the implications of the emergence of orchestrated multi-agent learning architectures [Preprint]. arXiv. 2025. URL: <https://arxiv.org/abs/2508.05116>
8. Strug B., Ślusarczyk G. A multi-agent system in education facility design. *Applied Sciences*. 2023. Vol. 13, № 19. 10878, p.1–15. DOI: <https://doi.org/10.3390/app131910878>

9. Chaika O. The role of artificial intelligence in higher education. *Молодь і ринок*. 2023. №6–7 (214–215), pp. 69–74 DOI: <https://doi.org/10.24919/2308-4634.2023.287898>
10. Гужва В. Мультиагентні системи в управлінні академічними установами. *Сталий розвиток економіки*. 2025, № 4 (51), с. 276–284. DOI: <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2024-51-39>
11. Dumas M., La Rosa M., Mendling J., Reijers H. A. *Fundamentals of business process management*. 2nd ed. Springer, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-56509-4>
12. Object Management Group. *Business Process Model and Notation (BPMN), Version 2.0.2*. OMG, 2014
13. National Institute of Standards and Technology. *Integration definition for function modeling (IDEF0) (Federal Information Processing Standards Publication 183)*. U.S. Department of Commerce, 1993
14. Ross D. T., Schoman K. E. Structured Analysis for Requirements Definition. *IEEE Transactions on Software Engineering*. 1977. Vol. SE-3, № 1. P. 6–15. DOI: <https://doi.org/10.1109/TSE.1977.231145>
15. van der Aalst W. M. P., Pesic M., Schonenberg H. Declarative workflows: Balancing between flexibility and support. *Computer Science Research and Development*. 2009. Vol. 23, № 2. pp. 99–113. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00450-009-0057-9>
16. OASIS. Reference model for service oriented architecture 1.0. OASIS Standard, 2006. DOI: <https://docs.oasis-open.org/soa-rm/v1.0/soa-rm.pdf>
17. Dragoni N., Giallorenzo S., Lafuente A. L., Mazzara M., Montesi F., Mustafin R., Safina L. *Microservices: Yesterday, today, and tomorrow. Present and ulterior software engineering* / Eds. M. Mazzara, B. Meyer. Springer, 2017. P. 195–216. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-67425-4\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-319-67425-4_12)
18. Russell S. J., Norvig P. *Artificial intelligence: A modern approach*. 4th ed. Pearson Education, 2021. URL: <https://www.pearsonhighered.com/assets/preface/0/1/3/4/0134610997.pdf>
19. Object Management Group (OMG). *Unified Modeling Language (UML), Version 2.5.1*. OMG Document Number formal/2017-12-05, 2017. URL: <https://www.omg.org/spec/UML/2.5.1/PDF>

### References:

1. Córdova-Esparza, D.-M. (2025). AI-powered educational agents: Opportunities, innovations, and ethical challenges. *Information*, no. 16 (6), p. 469. DOI: <https://doi.org/10.3390/info16060469>
2. Kubrak, Y., Plechystyy, D., & Romanishyn, V. (2022). A multi-agent system of artificial intelligence forming principles. *Computer-Integrated Technologies: Education, Science, Production*. DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2022-48-12>
3. Giuffra, C. and Silveria, R. (2013). A multi-agent system model to integrate Virtual Learning Environments and Intelligent Tutoring Systems. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, v.2 (1), pp. 51–58. DOI: <https://doi.org/10.9781/ijimai.2013.217>
4. Buinytska, O., Terletska, T., Smirnova, V., Tiutiunyk, A., Kovalenko, I., & Hrytseliak, B. (2025). Artificial intelligence in open university ecosystem context. *Information Technologies and Learning Tools*, no. 105 (1), pp. 204–221. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v105i1.5959>
5. Jiang, Y.-H., Li, R., Zhou, Y., Qi, C., Hu, H., Wei, Y., Jiang, B., & Wu, Y. (2024). AI agent for education: von Neumann multi-agent system framework [Preprint]. *arXiv*. Available at: <https://arxiv.org/abs/2501.00083>
6. Hao, Z., Cao, J., Li, R., Yu, J., Liu, Z., & Zhang, Y. (2025). Mapping student-AI interaction dynamics in multi-agent learning environments: Supporting personalised learning and reducing performance gaps [Preprint]. *arXiv*. Available at: <https://arxiv.org/abs/2506.02993>
7. Degen, P.-B., & Asanov, I. (2025). Beyond automation: Socratic AI, epistemic agency, and the implications of the emergence of orchestrated multi-agent learning architectures [Preprint]. *arXiv*. Available at: <https://arxiv.org/abs/2508.05116>
8. Strug, B., & Slusarczyk, G. (2023). A multi-agent system in education facility design. *Applied Sciences*, no. 13 (19), p. 1–15. DOI: <https://doi.org/10.3390/app131910878>
9. Chaika, O. (2023). The role of artificial intelligence in higher education. *Molod i rynek*. № 6–7 (214–215), pp. 69–74. DOI: <https://doi.org/10.24919/2308-4634.2023.287898>
10. Huzhva, V. (2025). Multiagentni systemy v upravlinni akademichnyh ustanovamy [Multi-Agent Systems in Managing Academic Institution]. *Stalyi rozvytok ekonomiky*, № 4 (51), pp. 276–284. DOI: <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2024-51-39>
11. Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., & Reijers, H. A. (2018). *Fundamentals of business process management* (2nd ed.). Springer. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-56509-4>
12. Object Management Group. (2014). *Business process model and notation (BPMN), version 2.0.2*. OMG.
13. National Institute of Standards and Technology. (1993). *Integration definition for function modeling (IDEF0) (Federal Information Processing Standards Publication 183)*. U.S. Department of Commerce.
14. Ross, D. T., & Schoman, K. E. (1977). Structured analysis for requirements definition. *IEEE Transactions on Software Engineering*, SE-3 (1), pp. 6–15. DOI: <https://doi.org/10.1109/TSE.1977.231145>
15. van der Aalst, W. M. P., Pesic, M., & Schonenberg, H. (2009). Declarative workflows: Balancing between flexibility and support. *Computer Science Research and Development*, no. 23 (2), pp. 99–113. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00450-009-0057-9>
16. OASIS. (2006). *Reference model for service oriented architecture 1.0*. OASIS. Available at: <https://docs.oasis-open.org/soa-rm/v1.0/soa-rm.pdf>
17. Dragoni, N., Giallorenzo, S., Lafuente, A. L., Mazzara, M., Montesi, F., Mustafin, R., & Safina, L. (2017). *Microservices: Yesterday, today, and tomorrow*. In M. Mazzara & B. Meyer (Eds.), *Present and ulterior software engineering* (pp. 195–216). Springer. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-67425-4\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-319-67425-4_12)
18. Russell, S. J., & Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: A modern approach* (4th ed.). Pearson Education. Available at: <https://www.pearsonhighered.com/assets/preface/0/1/3/4/0134610997.pdf>
19. Object Management Group (OMG). (2017, December). *Unified modeling language (UML), version 2.5.1* [PDF]. OMG. Available at: <https://www.omg.org/spec/UML/2.5.1/PDF>

Стаття отримана: 13.02.2026

Стаття прийнята: 06.03.2026

Стаття опублікована: 09.04.2026