

ПОБУДОВА АГЕНТНОЇ МОДЕЛІ З АДАПТАЦІЙНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ В ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ АНАЛІЗУ КОНТЕКСТУ В СИСТЕМАХ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ

¹Вінницький національний технічний університет

Проаналізовано архітектуру електронних освітніх систем (ЕОС) та можливість їхньої декомпозиції на підсистеми відповідно до реалізації функціональності, яку вони здійснюють. Розглянуто види зв'язків та можливість взаємодій підсистем. Виділено динамічну особливість архітектури ЕОС та вплив факторів, які можуть виникати під час її роботи.

Досліджено види агентів та взаємодію між ними для забезпечення адаптаційних складових роботи систем оцінювання знань. Детально розглянуто види агентів та їхню взаємодію з ЕОС, наведено приклади. Досліджено принципи роботи та схеми взаємодії незалежних агентів та агентів, об'єднаних у групи, наведено схеми їхніх взаємодій. Виділено ефективність об'єднання агентів у групи та доцільність такого підходу.

Показана схема роботи незалежного агента з адаптаційної складовою та його вплив на результат та вхідні дані інших агентів. До кожного з агентів додані вагові коефіцієнти, що відповідають за коригування роботи кожного з вхідних факторів, які також формують загальний результат. Вагові коефіцієнти є статичними елементами, які базуються на експертних даних та визначаються на проміжку від 0 до 1.

На основі агентного підходу розроблено адаптивну квазістатичну математичну модель, яка стане основою для реалізації адаптаційної складової інформаційних технологій аналізу контексту систем оцінювання знань. Розроблена модель враховує динамічність архітектури систем оцінювання знань та включає менеджмент адаптаційними функціями.

Розроблена агентна модель відображає ітераційний процес в часі, результат якого складається з суми результатів роботи груп агентів на всьому проміжку оцінювання знань. Модель включає можливість екстреного завершення роботи системи у разі надходження відповідної команди агента.

Головними перевагами спроектованої моделі є універсальність, забезпечення адаптаційної складової, тобто врахування динаміки зміни параметрів у часі та можливість їхнього рейтингування. Така модель автономізує складові інформаційних технологій аналізу контексту в системах оцінювання знань, забезпечивши можливості зміни власного функціоналу і самостійного функціонування.

Ключові слова: агент, мультиагентні системи, адаптація, математична модель, системи оцінювання знань, електронні освітні системи, освітній процес.

Вступ

Освітній процес (ОП) у навчальному закладі можна розглядати як функціонування певної системи, яка складається з окремих агентів, пов'язаних між собою інформаційними зв'язками.

Електронні освітні системи (ЕОС) представляються, зазвичай, окремими відносно автономними підсистемами, кожна з яких реалізує свій функціонал (управління навчанням, розклади занять, бібліотеки, репозиторії, архіви, управління персоналом, контроль результатів навчання, активності студентів, результатів діяльності викладачів). В середині ЕОС її підсистеми можуть функціонувати як автономно, так і взаємодіяти між собою через інтерфейси та інформаційні зв'язки [1].

Архітектура ЕОС не є сталою, тому що змінюється у часі разом з еволюцією процесів у ЕОС. Чинником цього є вплив багатьох факторів, які можуть виникати під час роботи ЕОС і вимагають, зокрема, зміни структури інформаційних зв'язків, функціоналу підсистем, утворення нових чи

ліквідацію наявних підсистем [2]. Такими факторами можуть бути, наприклад, зміна правил навчання, форм документообігу, структури навчального закладу. Тому статична модель архітектури ЕОС або її підсистем зокрема, може застосовуватись лише для відносно короткого інтервалу часу.

Означені особливості визначають проблему проектування ЕОС — динамічність їхньої архітектури і функціоналу протягом існування і розвитку.

Застосування агентно-орієнтованого підходу дозволяє представити складові ЕОС окремими агентами з адаптивними функціями. Така модель автономізує складові ЕОС і забезпечує їм більші можливості до самостійного функціонування і зміни власного функціоналу [3].

Використання агентних моделей з самоадаптаційними елементами у динамічних системах оцінювання знань є широко використовуваним та перспективним напрямком [4]. В [5] проведений аналіз принципу взаємодії агентів та ключових концепцій побудови архітектури мультиагентних систем. Базуючись на матеріалах досліджень [5], зроблено чіткий опис видів агентів та їхню взаємодію в ЕОС, виділено переваги вибору архітектури агентної моделі перед мікросервісною в системах оцінювання знань та запропоновано агентну математичну модель.

Метою роботи є пошук та знаходження узагальненого агентного підходу для побудови квазістатичної математичної моделі з адаптаційними функціями та можливістю декомпозиції ЕОС, що враховує динаміку зміни параметрів у часі для інформаційних технологій аналізу контексту в системах оцінювання знань.

Виділення переваг архітектури агентної моделі перед мікросервісною для систем оцінювання знань

Використання мікросервісного підходу базується на взаємодії сервісів, які є незалежними компонентами, що мають низку головних переваг [6]:

- обмежений рівень відповідальності;
- можливість масштабування;
- можливість паралельної роботи, спілкуючись і використовуючи певний програмний інтерфейс;
- відмовостійкість, у разі виходу з ладу одного чи декількох сервісів загальна працездатність системи зберігається.

Але розглянутий підхід не може цілком забезпечити проєктовану математичну модель інформаційних технологій в системах оцінювання знань, оскільки потрібний механізм для забезпечення інтелектуальних задач з певною автономією та можливістю ухвалення рішень на основі поведінкових даних здобувача.

Задачею запропонованої моделі є врахування динамічних складових в процесі оцінювання знань, на основі яких приймаються рішення щодо продовження процесу тестування. Така модель має бути автономною з можливістю обробки широкого спектру вхідних параметрів, що мають відповідні вагові коефіцієнти.

Як рішення цієї проблеми авторами запропоновано використовувати агентний підхід, який має низку переваг перед мікросервісною архітектурою у досліджуваній області, а саме:

- автономність, індивідуальність та інтелектуальність агентів;
- асинхронність, агенти взаємодіють один з одним, базуючись на асинхронній комунікації;
- відповідальність, агент може обробляти певний вхідний параметр;
- масштабованість, агенти об'єднуються у групи та працюють як єдиний механізм, який має спільні вхідні дані та генерує єдиний вихідний результат;
- гнучкість, агентні групи можуть враховувати рейтингування вхідних параметрів.

Аналіз видів агентів

Агентами в ЕОС можуть виступати як учасники ОП (наприклад студенти, викладачі, адміністративний персонал), так і підрозділи, служби тощо.

Для побудови агентної моделі ОП введемо такі припущення:

1. Кожний агент ОП може розглядатись як об'єкт, який має певні вхідні і вихідні інформаційні канали, власне сховище даних (*data warehouse*) і функціонал обробки вхідної інформації.
2. Агент формує вихідну інформацію за наявності необхідної вхідної інформації.
3. Вхідна і вихідна інформація розглядається лише у представленні: існує або не існує.
4. Вихідна інформація повертається іншому агенту, а також може накопичуватись у сховищі агента або сховищі групи агентів.

Проаналізуємо види агентів та розглянемо їх схеми базуючись на даних літератури [7]:

1. Найпростішим (атомарним, базовим) будемо вважати такий агент (рис. 1), який має один вхідний (i) і один вихідний (o) інформаційний канал. Вихідна інформація формується на основі вхідної інформації і параметрів передаточної функції f .

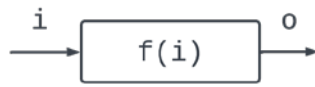


Рис. 1. Схема найпростішого агента

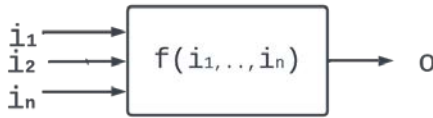


Рис. 2. Схема багатовходового агента

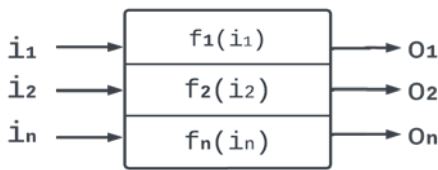


Рис. 3. Схема одновходового агента

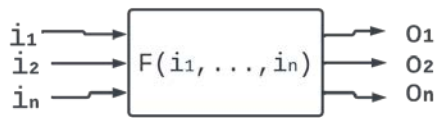


Рис. 4. Набір багатовходових агентів



Рис. 5. Загальне представлення агента ЕОС

Участь людей у складі агентів вносить певну невизначеність у їхньому функціонуванні та у зв'язках між ними. З одного боку це може дещо розбалансувати алгоритм функціонування ЕОС, а з іншого — виступає фактором для подальшої її еволюції. В процесі еволюції можуть виникати нові інформаційні зв'язки, утворюватися нові агенти або зникати непотрібні інформаційні зв'язки і непотрібні агенти. У подальшому розгляді для спрощення представлення процесів функціонування і взаємодії агентів ця властивість не буде враховуватись.

На основі цього припущення розглянемо моделі взаємодії агентів електронної освітньої системи.

1. Елементарна двоагентна модель. Вона є парою атомарних агентів (з одним входом і одним виходом) S_1 і S_2 , де вхідна інформація одного з них (i_1 або i_2) утворює вихідну інформацію для іншого (o_1 або o_2) (рис. 6). Прикладом її може бути модель взаємодії викладача (S_1) та студента (S_2), коли один з них формує задачі для іншого і у відповідь отримує результати їхнього виконання. На наступному етапі агентом (S_i) формується наступна вихідна інформація і цикл повторюється. Ця модель описує певний ітераційний процес навчання, який розгортається за часом.

2. В реальності взаємодія пари агентів не передбачає нескінченного процесу обміну даними в ізольованому замкненому контурі і циклі.

2. Задачі в ЕОС, які пов'язані з обробкою декількох вхідних параметрів (i_1, i_2, \dots, i_n), що мають формувати один вихідний параметр (o), можуть бути представлені схемою багатовходового агента (рис. 2).

3. Багатофункціональний агент (рис. 3). Для кожного вхідного інформаційного каналу агент виконує відповідну функцію: $f_1(i_1), f_2(i_2), \dots, f_n(i_n)$ для неї формує інформацію на відповідному вихідному каналі. Цей тип агента може бути представлений як набір окремих одновходових агентів

$$o_1 = f_1(i_1), o_2 = f_2(i_2), \dots, o_n = f_n(i_n). \quad (1)$$

4. Композитний багатофункціональний агент (рис. 4). Має декілька вхідних інформаційних каналів (i_1, i_2, \dots, i_n) і декілька вихідних інформаційних каналів (o_1, o_2, \dots, o_m). Формування інформації для певного інформаційного виходу відбувається за наявності інформації на певних наборах вхідних каналах цього агента. З погляду декомпозиції цей тип агента може бути представлений набором багатовходових агентів.

У загальному випадку агент ЕОС може бути представлений деяким об'єктом S (рис. 5), який має множину вхідних інформаційних каналів $I = \{i_1, i_2, \dots, i_n\}$ і множину вихідних інформаційних каналів $O = \{o_1, o_2, \dots, o_k\}$, а також певний функціонал, який об'єднує його внутрішні функції $F \in \{f_1, \dots, f_k\}$.

Взаємодія агентів в ЕОС

Функціонування електронної освітньої системи в цілому створює систему взаємних зв'язків між її окремими агентами.

Кількість агентів, їхні функції і зв'язки між ними формують архітектуру електронної освітньої системи.

Ці процеси є квазістаціонарними і їх важливо розглядати також і у часовому вимірі. Так, у певні моменти часу ці агенти можуть вступати у взаємодію з іншими агентами ЕОС, утворюючи при цьому нові пари обміну інформацією. Це означає, що часовий параметр передбачає потенційну наявність і можливість застосування інших інформаційних каналів агентами ЕОС.

На рис. 7 показана схема взаємодії двох агентів, які також можуть взаємодіяти з іншими агентами ЕОС. Тут $\{i_{11}, i_{12}, \dots, i_{1n}\}$ — множина вхідних даних першого агента, а $\{o_{11}, o_{12}, \dots, o_{1m}\}$ множина його вихідних даних. Відповідно множина вхідних даних другого агента — $\{i_{21}, i_{22}, \dots, i_{2k}\}$, а $\{o_{21}, o_{22}, \dots, o_{2l}\}$ множина його вихідних даних. Для цієї моделі введемо припущення, що у певний момент часу може взаємодіяти тільки одна певна пара агентів.

Зміна і адаптація параметрів агентів

Архітектура реальних ЕОС знаходиться у стані динамічних змін. Інформаційні потоки впливають на передаточні функції її агентів і на зв'язки між ними (рис. 7). Зміна передаточних функцій характеризує здатність агентів до їхньої адаптації відносно вхідних даних і результатів обробки попередніх операцій.

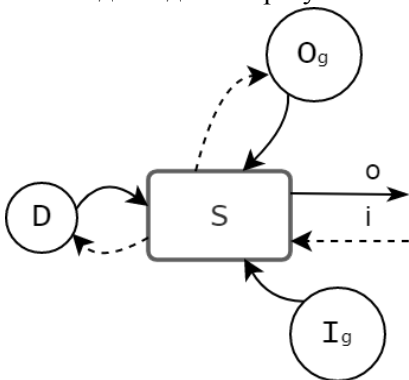


Рис. 8. Інформаційні потоки агента з адаптаційними складовими

Узагальнена схема агента з адаптаційними функціями показана на рис. 8. D — характеризує поточний стан його внутрішніх даних. В процесі надходження і обробки вхідних даних i -й агент продукує нові вихідні дані o , які застосовуються для корекції або доповнення внутрішніх даних D . I_g — сховище вхідних даних від попередніх транзакцій. O_g — сховище вихідних даних o від попередніх транзакцій.

Дані, що накопичуються у сховищах I_g і O_g , використовуються для корекції передаточної функції цього та інших агентів.

Позначимо через F передаточну функцію агента S .

Процес надходження вхідних даних і їхню обробку агентом i формування вихідних даних вважатимемо транзакцією. Вихідні дані агента для однієї транзакції будуть визначатись

$$o = F(i, D, I_g, O_g). \tag{2}$$

Виконання транзакції агентом формує нові дані у D і O_g , що змінює його стан. Тому, у разі виконання наступної транзакції ці параметри впливатимуть на формування наступних вихідних даних. Для n -ї транзакції вихідні дані можуть бути записані як

$$D = f_i(D, n); \tag{3}$$

$$O_g = f_g(O_g); \tag{4}$$

$$o_n = F(i_n, f_i(D, n), I_g, f_g(O_g), n). \tag{5}$$

Позначимо функціонал накопичення вихідних даних агента як g , а поточну транзакцію як t_n . Вважатимемо, що на початковому стані інформація у сховищі O_g відсутня:

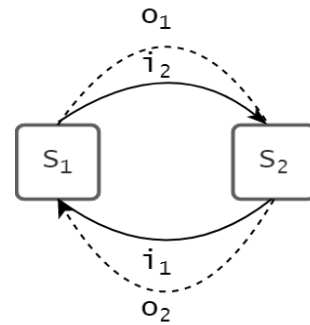


Рис. 6. Елементарна двоагентна модель

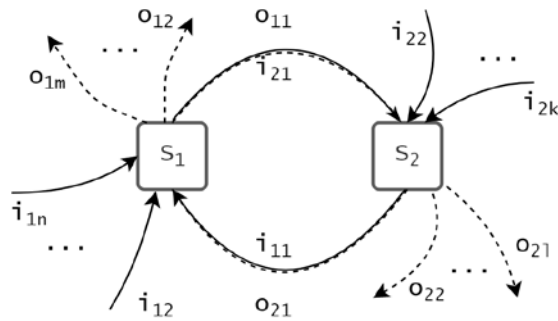


Рис. 7. Схема взаємодії двох агентів, які також можуть взаємодіяти з іншими агентами

$$g(t_0) = \emptyset. \quad (6)$$

Тоді, виконання агентом кожної наступної транзакції буде змінювати стан інформації у сховищі O_g і відповідно впливати на функціонал агента. Для n -ї транзакції стан інформації у O_g можна записати як

$$g(t_n) = g(g(t_{n-1})). \quad (7)$$

У разі взаємодії декількох агентів, які утворюють цю групу зі спільним вихідним сховищем O_g , його стан буде визначатись взаємодією цієї групи агентів. Водночас, стан O_g буде впливати і на функціонал кожного агента групи. Також, кожний агент групи буде впливати на функціонал інших агентів групи.

Введемо такі припущення:

1. Кожна наступна транзакція буде виконуватись після завершення попередньої.
2. В момент виконання транзакції вихідну інформацію змінює лише один агент.

Тоді для групи з m агентів цей функціонал буде визначатись

$$g(t_0, S_1, \dots, S_m) = \emptyset; \quad (8)$$

$$g(t_n, S_1, \dots, S_m) = g(g(t_{n-1}, S_1, \dots, S_m)). \quad (9)$$

В процесі функціонування агент послідовно виконує транзакції. В результаті їхнього виконання формуються вихідні дані o , які надсилаються іншому агенту, можуть вноситись у сховище даних групи O_g . Дані зі сховища групи можуть використовуватись для корекції даних у сховищі D .

Нехай h — функціонал, який буде визначати коригування даних. Тоді

$$h(t_0) = d_0; \quad (10)$$

$$h(t_n) = h(h(t_{n-1})). \quad (11)$$

В разі взаємодії декількох агентів, для них можуть бути застосовані спільні значення початкових вхідних даних I_g , які необхідні для виконання певної задачі. На рис. 9 показана схема взаємодії двох агентів, де D_p, D_r — внутрішні сховища агентів S_p, S_r , O_g — сховище спільних вихідних даних, I_g — спільні початкові вхідні дані цієї групи агентів. Суцільними лініями (тут і далі) позначено потоки вхідних даних, а пунктирними лініями — потоки вихідних даних.

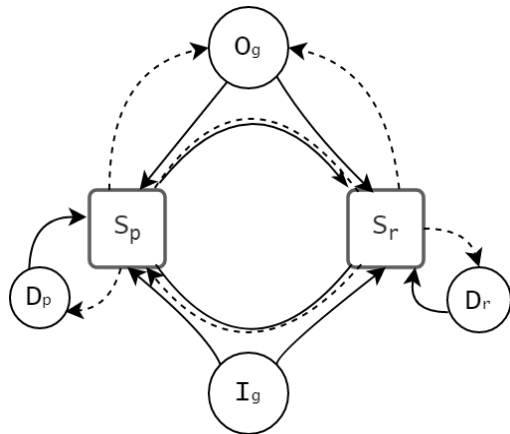


Рис. 9. Схема взаємодії двох агентів

назначено потоки вхідних даних, а пунктирними лініями — потоки вихідних даних.

Як приклад, що ілюструє таку схему, можна розглядати випадок, коли агентами виступають студент (S_p) і система тестування знань (S_r). Тоді D_p можуть розглядатись як поточні знання студента з дисципліни, D_r як поточна оцінка складності тестування для цього студента, O_g — як накопичувальні результати проходження тестування, I_g — як певна дисципліна (тема), з якої відбувається тестування.

Схема взаємодії трьох агентів ЕОС S_1, S_2, S_3 , які утворюють певну групу, показана на рис. 10.

Як і у попередньому випадку, всі агенти мають власні внутрішні сховища (D_1, D_2, D_3) і пов'язані вхідними

і вихідними інформаційними зв'язками з іншими агентами цієї групи. Група агентів має спільні сховища вхідних I_g та вихідних O_g даних. Прикладом роботи групи з трьох агентів може бути взаємодія студента з ЕОС, з погляду моніторингу дотримання правил складання іспиту. Група агентів взаємодіє зі спільним вхідним сховищем I_g , отримуючи фрагменти поведінки студента на всьому проміжку складання іспиту. Кожний з агентів S_1, S_2, S_3 відповідає за перевірку конкретно-

го правила вхідного фрагмента поведінки. Прикладом правил може бути переключення між вкладками браузера, відведення очей та виявлення сторонніх голосів.

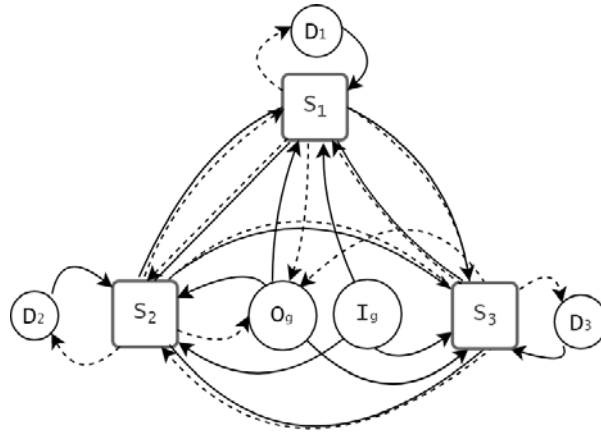


Рис. 10. Схема взаємодії трьох агентів EOC S_1, S_2, S_3

У кожного з правил є константні вагові коефіцієнти, які враховуються під час обчислення та визначають стани індивідуальних сховищ (D_1, D_2, D_3). Кожний агент після завершення підтранзакції передає вихідні дані наступному агенту та оновлює сховище вихідних даних O_g .

Цей процес є ітераційним, який обмежується деяким проміжком часу, у цьому випадку — заданим проміжком складання іспиту.

Для побудови математичної моделі з кількістю агентів n , розглянемо систему агентів $S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$.

Позначимо: I_g — початкова множина вхідних даних системи, яка є загальнодоступною для всіх агентів; O_g — множина вихідних даних, яка є загальнодоступною для всіх агентів, і взаємодія з якою відбувається послідовно; D_x — множина індивідуальних сховищ кожного з агентів.

Результатом роботи групи агентів буде множина O_g , яка є результатом транзакції роботи групи агентів. В цьому випадку транзакція складається з результатів роботи кожного агента в групі.

Тоді O_g в дискретний проміжок часу i , враховуючи формули (5) та (7), буде визначатись так:

$$O_g(t_i) = \sum_{i=1}^n g(g(t_i, S_n)). \tag{12}$$

Щоб отримати результат роботи групи агентів на проміжку складання іспиту n потрібно врахувати результати на дискретних проміжках

$$O_g(t_n) = \sum_{i=1}^n O_g(i). \tag{13}$$

Математична модель групи агентів для обчислення включає дані з індивідуальних та групових сховищ.

На початковому етапі роботи групи агентів множини сховищ відповідно пусті. Індивідуальні сховища D_x можуть мати вагові коефіцієнти, які впливатимуть на кінцевий результат та визначатимуть стан сховищ в кожний дискретний відрізок часу. Такі коефіцієнти є статичними, значення яких лежать на проміжку $[0; 1]$ та задаються індивідуально для кожного з агентів.

Кожна підтранзакція агента групи в i -й момент часу перед відправкою вихідних даних до іншого агента групи оновлює стан у відповідному індивідуальному D_x та груповому O_g сховищах. Також важливим є те, що у разі оновлення станів індивідуальних сховищ в розрахунки будуть включені коефіцієнти важливості. Врахувавши індивідуальні коефіцієнти, оновимо функціонал h індивідуальних сховищ D_x , використовуючи формулу (8), отримаємо

$$h(t_n) = h(h(t_{n-1}) cof); \tag{14}$$

$$D_x(n) = \sum_{i=1}^n f_i(D_i cof, n). \tag{15}$$

Ця модель є квазістатичною, тому результатом роботи групи агентів є сума всіх дискретних транзакцій на проміжку T , які зберігаються у вихідному сховищі O_g . Зі свого боку кожний агент групи відповідає за обробку підтранзакції, що базується на спільному вхідному сховищі I_g та на вихідних даних попереднього агента O_x , результатом якої є оновлення групового сховища O_g та стану власного сховища D_x з урахуванням вагових коефіцієнтів та O_x .

Запишемо формулу знаходження O_x в певний проміжок часу,

$$O_x(t_i) = F(i_{x-1}, I_g(t_i), D_x(t_i), O_g(t_i)), \tag{16}$$

де x — це номер агента групи.

Враховуючи попередні формули, запишемо формулу роботи групи агентів на певному проміжку T

$$O_g(t_T) = \sum_{i=1}^T \sum_{x=1}^n F(i_{x-1}, I_g(t_i), D_x(t_i), O_g(t_i)), \tag{17}$$

де n — кількість агентів групи, T — загальний проміжок часу.

Розглянутий механізм роботи групи агентів має можливість адаптації в часі, який враховує стан на власних та групових сховищах, і у разі їхніх оновлень в обчисленнях враховується результат попереднього агента в певному дискретному проміжку.

Групи агентів і обмін даними між ними

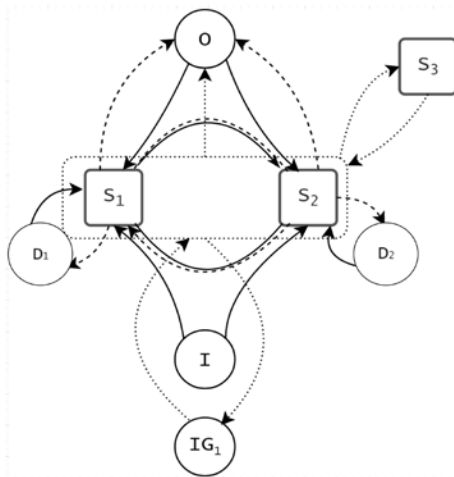


Рис. 11. Схема взаємодії групи агентів та агента

Розглянемо тепер загальнішу схему попередньої моделі, коли агенти можуть об'єднуватися у певні групи (рис. 11).

З об'єднанням агентів у групи кожен таку групу можна розглядати як окремих агента, який наслідую властивості звичайного (окремого) агента [8].

Групи агентів функціонують аналогічно звичайним агентам S_1, S_2, \dots, S_n , тобто отримують дані з I та O від агентів S_1, S_2, \dots, S_n інших груп і, за певної достатності даних, продукують свої вихідні дані, які надходять або до певного агента, або до групи агентів, або залишаються у внутрішньому сховищі цієї групи, яке позначимо через $IG_j, j = 1, l$ (l — кількість груп агентів у системі).

На рис. 11 показано схему системи, де відбувається взаємодія трьох агентів. При цьому агенти S_1 та S_2 можуть утворювати групу (тут IG_1 — це внутрішнє сховище для групи $\{S_1 \cup S_2\}$). Стрілками з точок позначено потік даних,

пов'язаних з групою $\{S_1 \cup S_2\}$. Тоді цю схему можна представити окремими групами-агентами, які можна записати таким чином:

$$\begin{aligned} U_{i=1}^{n1} \{S_{k1}, i\} & \text{— з } n1 \text{ агентів;} \\ U_{i=1}^{n2} \{S_{k2}, i\} & \text{— з } n2 \text{ агентів;} \\ U_{i=1}^{nl} \{S_{kl}, i\} & \text{— з } nl \text{ агентів.} \end{aligned} \tag{18}$$

У цьому випадку розглядається група агентів S_1 та S_2 як один цілий механізм, що діє як група агентів з кількістю n , має спільні вхідні та вихідні сховища. Ця група взаємодіє з агентом S_3 . Прикладом такої системи може бути взаємодія студента з певною ЕОС, що складається з групи агентів, які діють, як один механізм. Математична модель матиме такий вигляд для певного відрізка:

$$o_x(t_i) = F(i_{x-1}, I_g(t_i), D_x(t_i), O_g(t_i)); \tag{19}$$

$$O_g(t_i) = \sum_{x=1}^n F(i_{x-1}, I_g(t_i), D_x(t_i), O_g(t_i)). \tag{20}$$

Висновки та перспективи подальшого дослідження

Досліджено агентно-орієнтований підхід взаємодії з ЕОС, який забезпечує врахування динамічних змін в часі. Зроблено аналіз та порівняння агентної моделі з мікросервісною, виділено переваги агентного підходу. Проаналізовано види агентів та їхню можливість об'єднання в групи, які можуть працювати зі спільними вхідними та вихідними даними. Подано детальний огляд схем взаємодії агента та груп агентів.

На основі агентного підходу розроблено адаптивну квазістатичну математичну модель, на якій буде базуватися адаптаційна складова інформаційних технологій аналізу контексту систем оцінювання знань.

Запропонована модель складається з агентних груп незалежних агентів. Головною особливістю є те, що кожний з агентів відповідає за зміну параметрів у часі, а саме за адаптаційну складову та має вагові коефіцієнти. Запропоновані вагові коефіцієнти задаються на основі експертних даних та корегують аналіз роботи агента та відповідно загальний результат групи агентів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] A. Fedonuyk, V. Yunchyk, T. Cheprasova, and S. Yatsyuk, "The Models of Data and Knowledge Representation in Educational System of Mathematical Training of IT-specialists," in *2020 IEEE 15th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT)*, Zbarazh, Ukraine, 2020, pp. 269-272. <https://doi.org/10.1109/CSIT49958.2020.9321899>.
- [2] A. Fedonuyk, V. Yunchyk, I. Mukutuyk, O. Duda, and S. Yatsyuk, "Application of the hierarchy analysis method for the choice of the computer mathematics system for the IT sphere specialists preparation," in *XII International Conference on Mathematics, Science and Technology Education*, Kryvyi Rih, Ukraine, 2021. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1840/1/012065>.
- [3] W. Jiao, and Y. Sun, "Self-adaptation of multi-agent systems in dynamic environments based on experience exchanges," *Journal of Systems and Software*, pp. 165-179, 2016.
- [4] D. Y. Bugaychenko, "MASL: A logic for the specification of multiagent real-time systems", in *Proc. 5th International Central and Eastern European Conference on Multi-Agent Systems*, Leipzig, Germany, 2017, pp. 183-192.
- [5] T. Preisler, and W. Renz, "Structural Adaptations for Self-Organizing Multi-Agent Systems", in *The Seventh International Conference on Adaptive and Self-Adaptive Systems and Applications (ADAPTIVE 2015)*, At Nice, France, 2015, pp 1-8.
- [6] Ye. A. Palamarchuk, "Methods of building microservice architecture of e-learning systems," *Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія*, vol. 53, no. 1, pp. 43-54, February, 2022.
- [7] J. P. Müller, and K. Fisher, "Application Impact of Multi-agent Systems and Technologies: ASurvey", in *Agent-Oriented Software Engineering: Reflections on Architectures, Methodologies, Languages, and Frameworks*, O. Shehony and A. Strum, Springer-Verlag, 2014, pp. 27-53. [Electronic resource]. Available: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-54432-3>.
- [8] O. V. Bisikalo, O. O. Kovalenko, and Y. A. Palamarchuk, "Models of Behavior of Agents in the Learning Management System," in *2019 IEEE 14th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT)*, Lviv, Ukraine, 2019, pp. 222-227.

Рекомендована кафедрою автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 13.09.2023

Паламарчук Євген Анатолійович — канд. техн. наук, доцент, професор кафедри автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій, e-mail: p@vntu.edu.ua ;

Денесяк Олександр Іванович — аспірант кафедри автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій, e-mail: alexdenesiak96@gmail.com .

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Ye. A. Palamarchuk¹
O. I. Denesiak¹

Construction of an Agent Model with Adaptive Properties in Information Technologies for Context Analysis in Knowledge Assessment Systems

¹Vinnitsa National Technical University

The article analyzes the architecture of electronic educational systems (EES) and the possibility of decomposition into subsystems according to the implementation of the functionality they perform. The types of connections and the possibility of

interaction of subsystems are considered. The dynamic features of the EES architecture and the influence of factors that may arise during its operation are highlighted.

The types of agents and the interaction between them were studied to ensure the adaptive components of the work of knowledge assessment systems. The types of agents and their interaction with EES are considered in detail, examples are given. The working principles and interaction schemes of independent agents and agents united in groups have been studied, their interaction schemes are given. The effectiveness of combining agents into groups and the expediency of such an approach are highlighted.

The scheme of the work of an independent agent with an adaptive component and the influence of its work on the result and input data of other agents are shown. Weighting factors are added to each of the agents, which are responsible for adjusting the work of each of the input factors, which in turn form the overall result. The weighting factors are static elements that are based on expert data and are defined between 0 and 1.

Based on the agent approach, an adaptive quasi-static mathematical model has been developed, on which the adaptive component of information technologies for the analysis of the context of knowledge assessment systems will be based. The developed model is takes into account the dynamism of the architecture of knowledge assessment systems and includes management of the adaptive functions.

The developed agent model reflects an iterative process in time, the result of which consists of the sum of the results of the work of groups of agents over the entire range of knowledge evaluation. The model includes the possibility of emergency shutdown of the system in case of a corresponding command of the agent.

The main advantages of the designed model are universality, provision of an adaptive component, i.e., considering the dynamics of changes in parameters over time and the possibility of their rating. Such a model autonomizes the components of information technologies of context analysis in knowledge assessment systems, providing opportunities to change its own functionality and independent functioning.

Keywords: agent, multi-agent systems, adaptation, mathematical model, knowledge assessment systems, electronic educational systems, educational process.

Palamarchuk Yevhen A. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Professor of the Chair of Automation and Intelligent Information Technologies, e-mail: p@vntu.edu.ua ;

Denesiak Oleksandr I. — Post-Graduate Student of the Chair of Automation and Intelligent Information Technologies, e-mail: alexdenesiak96@gmail.com