

Крамар А.В.

ПВНЗ «Буковинський університет»

Кравчук Я.Я.

Velar Voyage LLC USA

Осадчук С.І.

ПВНЗ «Буковинський університет»

АДАПТИВНЕ НАВЧАННЯ ЧАТ-БОТІВ НА ОСНОВІ ДИНАМІЧНОГО АНАЛІЗУ ПОВЕДІНКОВИХ ПАТЕРНІВ КОРИСТУВАЧІВ

У статті розроблено підхід до адаптивного навчання чат-ботів на основі динамічного аналізу поведінкових патернів користувачів. З'ясовано, що застосування механізмів персоналізації взаємодії з користувачами сприяє підвищенню ефективності інформаційного обміну та релевантності автоматизованих відповідей. Досліджено архітектуру інтелектуального агента, здатного змінювати свою поведінку відповідно до історії запитів, темпів комунікації, стилістичних особливостей мовлення та змін у контексті користувацького сеансу. Мета дослідження полягає в розробленні підходу до адаптивного навчання чат-ботів на основі динамічного аналізу поведінкових патернів користувачів, що сприяє підвищенню ефективності персоналізованої взаємодії та адаптації системи до змінних потреб. У дослідженні використано загальнонаукові методи аналізу й синтезу, а також методи моделювання, машинного навчання та аналізу поведінкових даних користувачів для побудови адаптивної системи навчання чат-бота. Розроблена модель охоплює механізм динамічного оновлення навчальних параметрів чат-бота на основі контексту взаємодії та історії поведінки користувача. Доведено, що динамічний аналіз поведінкових патернів дає змогу значно підвищити релевантність відповідей чат-бота та рівень задоволеності користувачів, а також зменшити кількість помилкових інтерпретацій запитів. Запропонований підхід забезпечує гнучкість адаптації на основі короткострокових та довгострокових змін у поведінці користувачів. Дослідження підтвердило ефективність запропонованого підходу до адаптивного навчання чат-ботів, що ґрунтується на інтеграції методів динамічного аналізу поведінкових патернів користувачів. Отримані результати свідчать про можливість застосування цієї моделі в різних сферах, зокрема в освітніх, консультаційних і сервісних системах, для підвищення рівня персоналізації та якості взаємодії. У подальших дослідженнях доцільно зосередитись на розвитку мультиагентних архітектур та поглибленому семантичному аналізі діалогових даних, що сприятиме розширенню функціональних можливостей адаптивних чат-ботів і підвищенню їхньої контекстної інтелектуальності.

Ключові слова: персоналізація, поведінкові патерни, машинне навчання, інтелектуальні агенти, часові ряди, взаємодія, кластеризація, користувацька модель, динамічний аналіз, контекстна адаптація.

Постановка проблеми. Автоматизовані системи комунікації, зокрема чат-боти, широко застосовуються в різних сферах, таких як освіта, сервіс, консалтинг та торгівля. Попри розвиток технологій обробки природної мови та штучного інтелекту (далі – ШІ), залишається актуальною проблема забезпечення високого рівня персоналізації взаємодії між чат-ботом і користувачем. Більшість наявних рішень не враховують індивідуальних поведінкових особливостей корис-

тувачів у режимі реального часу, що призводить до зниження якості комунікації, втрати релевантності відповідей і зниження рівня задоволеності користувачів.

Актуальність дослідження зумовлена потребою підвищення адаптивності інтелектуальних систем у швидкозмінному користувацькому середовищі, а також вимогами до гнучкості та персоналізації автоматизованих агентів. Особливо важливим є врахування поведінкових патернів

користувачів – складних і динамічних характеристик, що формуються під час взаємодії, відображаючи індивідуальні стилі комунікації, інтереси, наміри та контекстні зміни.

Проблематика дослідження полягає в розробленні ефективних методів динамічного аналізу поведінкових патернів для адаптивного навчання чат-ботів. Реалізація цього підходу сприятиме теоретичному розвитку інтелектуальних систем і створенню практичних рішень із підвищеною персоналізацією, гнучкістю та інтелектуальністю автоматизованих комунікацій. Результати можуть істотно вплинути на вдосконалення цифрових сервісів, підвищення якості обслуговування та ефективності освітніх платформ, відповідаючи сучасним технологічним і соціокультурним викликам.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика адаптивного навчання чат-ботів на основі динамічного аналізу поведінкових патернів користувачів охоплює кілька важливих напрямів: класифікація чат-ботів, методи машинного навчання для адаптації, особливості інтеграції поведінкових патернів у системи, а також практичне застосування в різних сферах. Особливості використання чат-ботів в освітньому процесі закладів вищої освіти розглядають О. Наливайко та А. Малютіна [1], підкреслюючи важливість адаптивності та персоналізації. Застосування нейромереж для дослідження адаптивних освітніх траєкторій, що є актуальним для розвитку чат-ботів із гнучкою реакцією на поведінкові зміни, аналізують М. Пікуляк, І. Савка та М. Дутчак [2]. Використання нейромереж у розпізнаванні та діагностиці навчальних здібностей, що може бути застосовано для підвищення ефективності адаптивних систем, досліджують С. Буртовий, В. Чубенко та С. Василюк-Зайцева [3]. На потенціалі штучного інтелекту для створення персоналізованих комунікацій, що є важливим аспектом для адаптивних чат-ботів, акцентують Є. Венгер, Г. Ковбас та Р. Чугаєвський [4]. Удосконалення алгоритмів адаптивних навчальних тестів, що може бути інтегровано в системи динамічного аналізу поведінкових патернів, пропонує Є. Дерещ [5]. Тенденції використання нейромереж у розробленні вебсайтів, що має значення для інтерфейсної частини чат-ботів, аналізують О. Бережна та П. Василькевич [6]. Чат-боти як стратегічний інноваційний напрям розвитку бізнесу, що підкреслює важливість адаптивності в комунікаціях, розглядає О. Небилиця [7]. Таксономію чат-ботів надають О. Трофименко зі співавторами (О. Trofymenko et al.) [8]. Науковці А. Вішвакарма

(А. Vishwakarma) та А. Пандей (А. Pandey) [9] здійснюють огляд і порівняльний аналіз різних дизайнів чат-ботів, виокремлюючи ефективні методи адаптації. Класифікацію й техніки розробки розмовних агентів, зокрема адаптивних чат-ботів, досліджують С. Хуссейн та колеги (S. Hussain et al.) [10].

Загалом, аналіз наукових джерел підтверджує важливість комплексного підходу до адаптивного навчання чат-ботів з урахуванням поведінкових патернів користувачів, інтеграції сучасних методів машинного навчання та нейромереж, що забезпечує високу якість комунікації й персоналізацію взаємодії.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Попри значні успіхи в розвитку методів машинного навчання та ШІ для чат-ботів, низка важливих аспектів адаптивної взаємодії залишаються недостатньо дослідженими. Зокрема, більшість наявних підходів фокусується на статичному аналізі поведінкових даних або застосовує фіксовані моделі навчання, що не дає змоги враховувати динамічні зміни в поведінкових патернах користувачів під час тривалих сеансів взаємодії. Це призводить до обмеженої здатності чат-ботів адаптуватися до змін контексту, темпу комунікації та емоційного стану співрозмовника.

Також недостатньо уваги приділяється інтеграції часових рядів і кластеризації для комплексного аналізу поведінкових характеристик у режимі реального часу. Методологічні обмеження попередніх досліджень полягають у використанні статичних або неповних емпіричних даних, що знижує точність персоналізації та адаптивності систем. Крім того, недостатньо ефективних механізмів автоматичного оновлення навчальних параметрів чат-ботів, які могли б оперативнo реагувати на нові поведінкові патерни та зміни в користувацьких сценаріях.

Ці прогалини істотно впливають на якість взаємодії, обмежують потенціал інтелектуальних агентів і перешкоджають упровадженню гнучких та контекстно чутливих систем. Подолання зазначених обмежень є важливим не лише для теоретичного розвитку адаптивних технологій, але й для практичного підвищення ефективності сервісів у таких сферах, як освіта, консалтинг, підтримка клієнтів.

Наше дослідження спрямоване на усунення цих недоліків шляхом розроблення моделі адаптивного навчання чат-ботів із застосуванням динамічного аналізу поведінкових патернів на основі часових рядів і кластеризації. Застосу-

вання нових методів сприятиме підвищенню гнучкості та точності персоналізації, контекстній адаптації в реальному часі та зниженню ймовірності помилкових інтерпретацій користувацьких запитів.

Постановка завдання. Метою статті є розроблення ефективного підходу до адаптивного навчання чат-ботів на основі динамічного аналізу поведінкових патернів користувачів, що сприятиме підвищенню якості персоналізованої взаємодії та адаптації системи до змінних потреб користувачів у режимі реального часу.

Для досягнення мети сформульовано такі завдання:

1) вивчити сучасні методи аналізу поведінкових патернів та їхнє застосування в контексті адаптивних чат-ботів, зокрема використання часових рядів і кластеризації для моделювання користувацької поведінки;

2) розробити архітектуру інтелектуального агента, здатного динамічно оновлювати навчальні параметри на основі аналізу історії взаємодії, темпу комунікації, стилістичних особливостей та контексту користувацького сеансу;

3) запропонувати методи інтеграції динамічного аналізу поведінкових патернів у процес адаптивного навчання чат-ботів, що забезпечать високу релевантність відповідей та гнучкість адаптації до короткострокових і довгострокових змін у поведінці користувачів.

Виклад основного матеріалу. Упродовж останніх років чат-боти отримали значне поширення, активно розвиваючись у різних галузях, таких як маркетинг, освіта, охорона здоров'я, культурна спадщина та розваги. Їхнє впровадження автоматизує багато завдань, які раніше виконувалися виключно людьми, зокрема функції онлайн-агентів з обслуговування клієнтів та викладачів. Такий розвиток сприяв підвищенню ефективності та доступності послуг у різних сферах.

Історично чат-боти еволюціонували від простих систем, що працювали на основі жорстко встановлених правил, до сучасних інтелектуальних агентів, заснованих на методах штучного інтелекту. Сучасні чат-боти характеризуються значним покращенням продуктивності, здатністю підтримувати природні розмови, а також можливістю навчатися на основі отриманого досвіду. Це дає їм змогу гнучко й адекватно реагувати на запити користувачів.

Чат-боти набувають дедалі більшого значення в повсякденному житті сучасної людини. Це спеціальні програми, призначені для автоматизації

спілкування та надання допомоги в різних сферах діяльності [7]. Сьогодні чат-боти активно застосовуються в банківській сфері, де вони допомагають виконувати базові фінансові операції, зокрема перевірку балансу, переказ коштів або надання інформації про поточні тарифи. Також їх застосовують у сфері охорони здоров'я, наприклад, для попереднього аналізу симптомів, надання медичних порад або запису на прийом до лікаря. Завдяки здатності працювати цілодобово та оперативно обробляти запити чат-боти значно покращують доступ до сервісів і підвищують якість обслуговування в багатьох галузях [11, с. 4].

Чат-бот (англ. chatbot) – це програмне забезпечення, що імітує реальну розмову з користувачем. Взаємодія з чат-ботами відбувається через текстові або аудіо повідомлення на різноманітних платформах – вебсайтах, месенджерах, мобільних застосунках або під час телефонних дзвінків. Завдяки цьому чат-боти забезпечують зручний і доступний інтерфейс для комунікації між людиною та комп'ютером [7].

Основою функціонування сучасних чат-ботів є застосування методів машинного навчання, які дають змогу виявляти закономірності в поведінці користувачів і моделювати їхні патерни спілкування. Постійна взаємодія з користувачами дає змогу чат-ботам навчатися й наслідувати особливості живої розмови, що підвищує якість і релевантність відповідей. Важливо, що застосування ШІ дає змогу чат-ботам не просто виконувати встановлені команди, а розуміти природну мову, що робить спілкування більш інтуїтивним і ефективним.

Поведінкові патерни користувачів – це типові моделі взаємодії, що проявляються під час їхнього спілкування з чат-ботами. Їхній аналіз допомагає розпізнавати найпоширеніші запити, стилі формулювання питань, а також послідовність дій користувачів. Завдяки виявленню й розумінню патернів чат-боти можуть адаптувати свої відповіді, підвищувати точність реакцій та створювати персоналізований досвід взаємодії. Це сприяє не лише покращенню якості обслуговування, а й ефективнішому навчанню моделей ШІ на основі реальної поведінки користувачів.

Сучасні методи аналізу поведінкових патернів користувачів у контексті адаптивних чат-ботів ґрунтуються на комплексному вивченні динамічних характеристик взаємодії, що дає можливість розкривати закономірності поведінки в часі та просторі параметрів комунікації. Зокрема, застосування методів аналізу часових рядів є важли-

вим інструментом для моделювання послідовностей подій, що відображають різні аспекти користувацької активності, зокрема частоту запитів, темп відповіді, зміни тематики та емоційного забарвлення повідомлень. При цьому широко використовуються алгоритми авторегресійних моделей (далі – AR), моделей ковзного середнього (далі – MA), а також гібридні ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average), які сприяють виявленню трендів та сезонних коливань у поведінці користувачів [10].

До того ж кластеризація є ефективним засобом для групування схожих патернів поведінки серед великої множини користувачів. Застосування таких алгоритмів, як K-середніх (K-Means), ієрархічної кластеризації (Hierarchical Clustering) та методів на основі щільності, зокрема DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise), дає змогу виокремити однорідні групи користувачів за спільними характеристиками поведінки, що спрощує подальше персоналізоване налаштування чат-бота. Ці алгоритми сприяють виявленню як основних кластерів, так і аномальних поведінкових патернів, що важливо для налаштування системи на нетипові сценарії взаємодії.

Інтеграція аналізу часових рядів із кластеризаційними підходами створює синергетичний ефект, завдяки якому можливо реалізувати багаторівневу модель поведінкової динаміки. На основі кластеризації часових рядів застосовують алгоритми типу Dynamic Time Warping (DTW) у поєднанні з K-Nearest Neighbors (KNN), що дає можливість класифікувати часові послідовності з урахуванням їхньої форми й тривалості. Такий підхід забезпечує підвищення точності прогнозування поведінки та гнучкість у формуванні адаптивних відповідей чат-бота.

Крім того, для виявлення складніших залежностей у поведінкових даних застосовуються методи глибокого навчання. Рекурентні нейронні мережі (RNN), зокрема варіації на основі довгої й короткочасної пам'яті (LSTM), здатні обробляти послідовні дані, враховуючи тривалу пам'ять про попередні стани. Ці моделі ефективні для прогнозування подальших дій користувачів та адаптації діалогів чат-ботів до їхніх індивідуальних особливостей. Інші підходи, такі як Transformer-моделі, також набирають популярності для аналізу складних послідовностей та контекстної адаптації.

Для досягнення ефективної адаптації чат-ботів до індивідуальних особливостей користувачів

розроблено комплексну архітектуру інтелектуального агента, що ґрунтується на динамічному аналізі поведінкових патернів. Центральним елементом системи є основний чинник адаптації, який координує взаємодію восьми основних напрямів, кожен із яких виконує специфічні функції в зборі, аналізі та обробці інформації про поведінку користувача. Така модульна структура забезпечує гнучкість і масштабованість системи, даючи змогу оперативно реагувати на зміни в контексті користувацьких сесій, стилістиці мовлення, темпі комунікації та інших характеристиках. Взаємозв'язок між основним чинником та підсистемами, які спільно формують адаптивну модель навчання чат-бота, представлено на рис. 1.

На основі представленої архітектури інтегруються різні методи машинного навчання, аналізу часових рядів, кластеризації поведінкових даних і формалізації користувацьких сценаріїв. Такий комплексний підхід забезпечує динамічне оновлення навчальних параметрів системи в реальному часі з урахуванням накопиченої інформації про поведінкові патерни користувача. Упровадження цієї архітектури дає змогу значно підвищити точність та релевантність відповідей чат-бота, зменшити кількість помилкових інтерпретацій запитів та покращити загальний рівень задоволеності користувачів. Запропонована структура є надійною основою для створення високоефективних адаптивних чат-ботів із контекстною інтелектуальністю та персоналізованим підходом до взаємодії.

Першим етапом у цій архітектурі є збір та обробка даних (Data Acquisition and Preprocessing), що передбачає безперервний моніторинг та накопичення інформації про взаємодію користувача з чат-ботом. Зібрані дані – текстові запити, часові мітки, метадані сесії та інші релевантні параметри – проходять процедуру нормалізації, токенизації, лематизації та видалення шуму. Ці кроки стандартизують вхідні дані й забезпечують їхню високу якість для подальшого аналітичного опрацювання.

Наступний важливий напрям – лінгвістичний аналіз (Linguistic Analysis) – спрямований на визначення стилістичних, семантичних та емоційних характеристик користувацьких повідомлень. Методики синтаксичного розбору, аналізу тональності й семантичного тегування дають змогу глибше зрозуміти індивідуальні мовні особливості користувача, що сприяє підвищенню релевантності відповідей і формуванню персоналізованого досвіду взаємодії.



Рис. 1. Архітектура інтелектуального агента з основним чинником та напрямками

Джерело: власна розробка авторів

У межах аналізу темпу комунікації (Communication Tempo Analysis) здійснюється моніторинг часових інтервалів між повідомленнями користувача та чат-бота. Це дає можливість моделювати інтенсивність і динаміку спілкування, визначати рівень залученості та емоційний стан користувача, що є критично важливим для адаптивного налаштування швидкості й змісту відповідей системи [12, с. 102].

Для ідентифікації типових та атипових моделей поведінки застосовується кластеризація поведінкових патернів (Behavioral Pattern Clustering) за допомогою алгоритмів, таких як K-means або DBSCAN. Це дає змогу групувати користувачів за схожими характеристиками взаємодії, що є основою для цілеспрямованої адаптації стратегії комунікації до специфіки кожного кластера.

Методи аналізу часових рядів (Time Series Analysis), зокрема рекурентні нейронні мережі (RNN) та авторегресійні моделі (ARIMA), застосовуються для моделювання динамічних змін у поведінці користувачів у часовому вимірі. Такий підхід дає змогу прогнозувати майбутню поведінку, виявляти тренди й своє-

часно реагувати на коливання в користувацьких паттернах.

На основі отриманих даних формується користувацький профіль (User Profile Construction), який є динамічною моделлю індивідуальних характеристик, уподобань, стилю та частоти взаємодії. Він є основою для персоналізації відповідей чат-бота, а також враховує довгострокові зміни поведінки користувача.

Важливим компонентом є динамічне оновлення навчальних параметрів (Dynamic Learning Parameter Update), що забезпечує адаптацію моделей машинного навчання в режимі реального часу. Завдяки використанню даних із профілю користувача та поведінкових моделей ваги нейронних мереж або інших алгоритмічних параметрів коригуються без необхідності повного перенавчання, що підвищує швидкість та ефективність адаптації системи.

Сервісний рівень інтеграції (Service Integration Layer) координує роботу всіх компонентів архітектури, забезпечує управління сесіями, збереження історії взаємодії та оптимізує використання обчислювальних ресурсів. Цей рівень підтримує

безперебійну роботу системи, її масштабованість та адаптивність до нових функціональних можливостей.

Останніми роками застосунки на основі ШІ масштабно впроваджуються в робоче середовище. На відміну від традиційних корпоративних систем чат-боти на базі ШІ постійно навчаються, аналізуючи шаблони використання та способи взаємодії користувачів [13, с. 9].

Отже, інтеграція описаних напрямів у єдину архітектуру створює комплексну та адаптивну систему навчання чат-ботів. Вона максимально враховує індивідуальні характеристики користувачів та контекст їхньої взаємодії, що сприяє підвищенню ефективності та якості комунікації.

Для забезпечення високої релевантності відповідей та гнучкості адаптації чат-ботів до змін у поведінці користувачів важливо інтегрувати методи динамічного аналізу поведінкових патернів у процес адаптивного навчання. Основна ідея полягає в застосуванні поєднання алгоритмів машинного навчання, аналізу часових рядів і кластеризації, що дає змогу системі оперативно враховувати як короткострокові, так і довгострокові зміни в користувацькій активності та стилі спілкування.

Одним з основних підходів є використання модульної структури, де окремі компоненти відповідають за збір та аналіз різних типів поведінкових даних, а центральний модуль приймає рішення щодо оновлення навчальних параметрів чат-бота. Така архітектура сприяє швидкій адаптації системи без необхідності повного перенавчання моделей [14].

Зокрема, методи кластеризації дають можливість виокремлювати типові поведінкові патерни та автоматично коригувати стратегії взаємодії

для різних груп користувачів. Аналіз часових рядів сприяє прогнозуванню змін у поведінці, що важливо для прогнозування майбутніх потреб та налаштувань системи.

Для досягнення балансу між адаптивністю й стабільністю навчання застосовуються алгоритми з оновленням параметрів у режимі реального часу, такі як адаптивні градієнтні методи та методи онлайн-навчання. Це дає змогу ефективно реагувати на швидкоплинні зміни, зберігаючи при цьому узагальнену модель поведінки користувачів.

З метою систематизації й візуалізації основних методів інтеграції динамічного аналізу поведінкових патернів у процес адаптивного навчання чат-ботів у таблиці 1 узагальнено основні підходи, їхні переваги та обмеження.

Аналіз розглянутих методів свідчить про унікальні переваги кожного з них, проте також виявляє певні обмеження та виклики, пов'язані з реалізацією в умовах динамічної взаємодії користувача з чат-ботом. Для досягнення високого рівня адаптивності системи до змін у поведінкових патернах користувачів доцільно застосовувати комбінований підхід, що поєднує переваги різних методик. Зокрема, інтеграція алгоритмів кластеризації (для ефективного групування схожих поведінкових патернів) з методами аналізу часових рядів (для моделювання та прогнозування динаміки змін) сприяє глибшому розумінню поведінки користувачів.

Водночас застосування гнучких механізмів онлайн-навчання дає змогу оперативно коригувати модель у режимі реального часу, що забезпечує швидку адаптацію чат-бота до короткострокових і довгострокових трансформацій у поведінці користувача. Такий інтегрований підхід підви-

Таблиця 1

Методи інтеграції динамічного аналізу поведінкових патернів в адаптивне навчання чат-ботів

Метод інтеграції	Характеристика	Переваги	Недоліки
Кластеризація поведінкових патернів	Групування схожих поведінкових профілів для персоналізації	Точне сегментування, підвищення релевантності	Потребує значних обчислювальних ресурсів
Аналіз часових рядів	Вивчення динаміки змін поведінки в часі	Прогнозування майбутніх патернів	Модель може бути чутливою до шуму
Онлайн-навчання	Постійне оновлення моделі на основі нових даних	Гнучкість і швидка адаптація	Можливе перенавчання при частих змінах
Адаптивні градієнтні методи	Регулювання швидкості навчання залежно від поведінки	Підвищення стабільності та ефективності	Складність налаштування гіперпараметрів
Модульна архітектура	Розподіл функцій між окремими компонентами системи	Масштабованість і легкість оновлення	Необхідність координації між модулями

Джерело: власна розробка авторів

щує загальну точність, релевантність відповідей і якість взаємодії, одночасно забезпечуючи стійкість системи до змін та непередбачуваних поведінкових варіацій [15].

Рекомендації щодо подальшого розвитку та вдосконалення чат-ботів з урахуванням сучасних технологічних тенденцій охоплюють кілька основних напрямів. Одним із пріоритетних є розширення застосування методів глибинного навчання, зокрема рекурентних та трансформерних нейронних мереж, що сприяє ефективному моделюванню складних послідовностей користувацьких запитів і контексту взаємодії. Такий підхід підвищує якість генерації відповідей і створює умови для більш природної комунікації.

Варто акцентувати на розвитку багатомодальних систем, які інтегрують текстові, аудіо- та візуальні дані, забезпечуючи повне розуміння намірів користувачів. Комплексний аналіз різномірних даних покращує інтерпретацію емоційного стану, контексту й стилістичних особливостей спілкування, що сприяє підвищенню рівня персоналізації та адаптивності чат-ботів.

Особливе значення має впровадження механізмів постійного онлайн-навчання та самонавчання, які забезпечують оперативне оновлення моделей на основі нових даних без необхідності повного перенавчання системи. Такий підхід сприяє швидкому реагуванню систем на зміни в поведінці користувачів, зберігаючи актуальність та точність відповідей.

З огляду на актуальність питання захисту даних, важливо впроваджувати ефективні протоколи безпеки та конфіденційності, особливо при обробці персональної інформації в адаптивних чат-ботах. Засоби шифрування та анонімізації сприяють мінімізації ризиків витоку інформації, що підвищує довіру користувачів до системи.

Крім того, варто активно залучати кінцевих користувачів у процес розроблення, тестування й удосконалення чат-ботів. Це сприяє отриманню зворотного зв'язку, необхідного для оптимальної адаптації функціоналу системи до реальних

потреб аудиторії. Такий підхід позитивно впливає на якість взаємодії та підвищує рівень задоволеності користувачів.

Отже, інтеграція сучасних технологій у поєднанні з урахуванням соціокультурних аспектів взаємодії створює фундамент для розроблення ефективних, надійних і високоякісних адаптивних чат-ботів, що відповідають вимогам сучасного цифрового середовища.

Висновки. Здійснений нами аналіз дозволив сформулювати комплексний підхід до адаптивного навчання чат-ботів, що базується на динамічному аналізі поведінкових патернів користувачів. Запропонована архітектура інтелектуального агента забезпечує гнучке оновлення навчальних параметрів у режимі реального часу з урахуванням історії взаємодії, темпу комунікації, стилістичних особливостей та контексту користувацького сеансу. Застосування методів машинного навчання, аналізу часових рядів та кластеризації поведінкових даних дає змогу підвищити точність і релевантність відповідей, що сприяє зниженню помилкових інтерпретацій та покращенню користувацького досвіду.

Результати підтвердили ефективність запропонованого підходу в умовах реальної взаємодії, демонструючи підвищення рівня задоволеності користувачів та якості комунікації. Запропоновані методи інтеграції динамічного аналізу поведінкових патернів сприяють гнучкій адаптації до короткострокових і довгострокових змін у поведінці користувачів, що є важливим чинником для створення інтелектуальних чат-ботів нового покоління.

Отже, розроблена модель може бути успішно застосована в різних сферах, зокрема освітніх, консультаційних та сервісних системах, де важлива персоналізація взаємодії та висока якість інформаційного обміну. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розвиток мультиагентних архітектур та впровадження поглибленого семантичного аналізу діалогових даних для розширення функціональних можливостей адаптивних систем.

Список літератури:

1. Наливайко О. Перспективи використання нейромереж у вищій освіті України. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2023. № 97(5). С. 1–17. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v97i5.5322>
2. Пікуляк М., Савка І., Дутчак М. Використання апарату нейромереж для дослідження адаптивної навчальної траєкторії. *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво*. 2022. № 47. С. 91–97. DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2022-47-14>.
3. Буртовий С. В., Чубенко В. А., Василюк-Зайцева С. В. Використання нейромереж у розпізнаванні та діагностиці навчальних здібностей здобувачів освіти. *Академічні візії*. 2024. № 29. URL: <https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/971> (дата звернення: 06.06.2025).

4. Венгер Є., Ковбас Г., Чугаєвський Р. Потенціал семантичного маркетингу та AI у створенні персоналізованих комунікацій. *Наукові записки Львівського університету бізнесу та права*. 2025. № 44. С. 391–398. URL: <https://nzlubp.org.ua/index.php/journal/article/view/1624> (дата звернення: 06.06.2025).
5. Дерещ Є. Вдосконалення алгоритмів адаптивних навчальних тестів з вищої та прикладної математики. *Професійна освіта: 36. наук. праць Дніпровського державного технічного університету (технічні науки)*. 2019. Т. 1 № 34. С. 177–181. DOI: <https://doi.org/10.31319/2519-2884.34.2019.33>
6. Бережна О., Васькевич П. Тенденції використання нейромереж у розробці веб-сайтів. *Поліграфічні, мультимедійні та web-технології*: тези доп. IX Міжнар. наук.-техн. конф. (м. Харків, 14–18 травня 2024 р.). Т. 1. Харків: ТОВ «Друкарня Мадрид», 2024. С. 67–68. URI: <https://openarchive.nure.ua/handle/document/26691> (дата звернення: 06.06.2025).
7. Небилиця О. А. Чат-боти як ефективний стратегічний та інноваційний напрям розвитку бізнесу. *Сучасні проблеми управління підприємствами: теорія та практика*: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції (м. Харків – м. Торунь, 16 квітня 2021 року). Дніпро, 2021. С. 99–102. URL: https://kmib.hneu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/04/zbirnik_tez_konferencii_suchasni-problemi-upravlinnja-japripriemstvami_harkiv_16-kvitnja_2021.pdf (дата звернення: 09.06.2025).
8. Trofymenko O., Prokop Y., Loginova N., & Zadereyko A. Taxonomy of Chatbots. *Intellectual Systems and Information Technologies 2021: II International Scientific and Practical Conference* (Odesa, September 13–19, 2021). Odesa, 2021. P. 181–185. Retrieved from <https://ceur-ws.org/Vol-3126/paper24.pdf> (date of access: 10.06.2025)
9. Vishwakarma A., Pandey A. A Review & Comparative Analysis on Various Chatbots Design. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*. 2021. Vol. 10. № 2. P. 72–78. DOI: <https://doi.org/10.47760/ijcsmc.2021.v10i02.011>
10. Hussain S., Ameri Sianaki O., Ababneh N. A Survey on Conversational Agents/Chatbots Classification and Design Techniques. *Web, Artificial Intelligence and Network Applications: Proceedings of the Workshops of the 33rd International Conference on Advanced Information Networking and Applications (WAINA-2019)* (Japan, 27–29 March 2019). Cham: Springer International Publishing, 2019. P. 946–956. DOI: 10.1007/978-3-030-15035-8_93
11. Bulla Ch., Parushetti Ch., Teli A., Aski S., Koppad, S. A Review of AI-Based Medical Assistant Chatbot. *Research and Applications of Web Development and Design*. 2020. Vol. 3. № 2. P. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3902215>
12. Meyer von Wolff R., Hobert S., Schumann M. How May I Help You? – State of the Art and Open Research Questions for Chatbots at the Digital Workplace. *Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences*. P. 95–104. DOI: <https://doi.org/10.24251/HICSS.2019.013>
13. Gkinko L., Elbanna A. (2021). Chatbots at Work: A Taxonomy of the Use of Chatbots in the Workplace. *Responsible AI and Analytics for an Ethical and Inclusive Digitized Society: I3E: 20th Conference on e-Business, e-Services and e-Society* (Galway, Ireland, September 2021). Galway, 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-85447-8_3
14. Nalyvaiko O., Maliutina A. Use of Chat Bots in the Educational Process of a Higher Education Institution. *Scientific Notes of the Pedagogical Department*. 2021. № 48. P. 117–122. DOI: <https://doi.org/10.26565/2074-8167-2021-48-14>
15. Ушакова І. О. Підходи до створення інтелектуальних чат-ботів. Системи обробки інформації. 2019. Вип. 2 (157). С. 76–83. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi_2019_2_12 (дата звернення: 09.06.2025).

Kramar A.V., Kravchuk Ya.Ya., Osadchuk S.I. ADAPTIVE LEARNING OF CHATBOTS BASED ON DYNAMIC ANALYSIS OF USER BEHAVIORAL PATTERNS

The article develops an approach to adaptive training of chatbots based on dynamic analysis of user behavior patterns. It has been found that the use of mechanisms for personalizing interaction with users contributes to improving the efficiency of information exchange and the relevance of automated responses. The architecture of an intelligent agent capable of changing its behavior according to the history of requests, communication rates, stylistic features of speech, and changes in the context of the user session has been investigated. The goal of the study is to develop an approach to adaptive chatbot training based on dynamic analysis of user behavior patterns, which helps make personalized interactions more effective and helps the system adapt to changing needs. The study uses general scientific methods of analysis and synthesis, as well as methods of modeling, machine learning, and analysis of user behavioral data to build an adaptive chatbot training system. The developed model covers the mechanism of dynamic updating of chatbot training parameters based on the context of interaction and user behavior history. It has been proven that dynamic analysis of behavioral patterns makes it possible to significantly increase the relevance of chatbot responses

and user satisfaction, as well as reduce the number of misinterpretations of queries. The proposed approach provides flexibility of adaptation based on short-term and long-term changes in user behavior. The study confirmed the effectiveness of the proposed approach to adaptive chatbot training based on the integration of methods for dynamic analysis of user behavior patterns. The results obtained indicate the possibility of applying this model in various fields, in particular in educational, consulting, and service systems, to increase the level of personalization and quality of interaction. Further research should focus on the development of multi-agent architectures and in-depth semantic analysis of dialogue data, which will contribute to expanding the functional capabilities of adaptive chatbots and increasing their contextual intelligence.

Key words: *personalization, behavioral patterns, machine learning, intelligent agents, time series, interaction, clustering, user modeling, dynamic analysis, contextual adaptation.*

Дата надходження статті: 20.06.2025

Дата прийняття статті: 01.07.2025

Опубліковано: 27.10.2025