

УДК 16+004.8

**РОЛЬ ЛОГІКИ
У ПОБУДОВІ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ
THE ROLE OF LOGIC IN
THE CONSTRUCTION OF EXPERT SYSTEMS**

Жангожа А. Р.,
аспірант кафедри логіки, філософський
факультет, Київський національний університет
ім. Тараса Шевченка, (Київ, Україна),
e-mail: alan.zhangozha@gmail.com, ORCID:
<https://orcid.org/0000-0003-1127-4368>

Zhangozha A. R.,
Ph.D. student department of logic, philosophical
faculty, Taras Shevchenko National University of Kyiv
(Kyiv, Ukraine), e-mail: alan.zhangozha@gmail.com,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1127-4368>

Проведено аналіз експертних систем як основного виду інтелектуальних систем. Наведено переваги використання, технологію розробки та вимоги, що висуваються до експертних систем. У результаті дослідження було висвітлено роль логіки як засобу верифікації та репрезентації аргументативних міркувань, інструменту аналізу структури аргументації, а також як засобу для конструювання аргументативних схем у експертних системах. Зазначено значущість концепцій класичної логіки, немонотонної логіки, теорії неясності у побудові експертних систем.

Ключові слова: експертні системи, база знань, Штучний інтелект, процедура логічного умовиводу, аргументативне міркування.

The analysis of expert systems as the main type of intellectual systems was carried out in this article. The advantages of using, technology of development and requirements for expert systems were presented. As a result of this research, the role of logic as a tool for verifying and representation argumentative reasoning and the structure of argumentation, as well as a tool for constructing argumentative schemes in expert systems was highlighted. The significance of concepts of classical logic, non-monotonic logic and fuzzy logic was noted.

Keywords: expert systems, knowledge base, Artificial Intelligence, procedure of logic inference, argumentative reasoning.

Від самого початку появи перших обчислювальних машин, які зараз можуть служити хіба що здобутком музеїв історії розвитку техніки розробки систем опрацювання даних з подальшим отриманням результату, певного висновку, побудованого на правилах логічного виводу, займає панівне місце серед усіх проблем Штучного інтелекту. Хоча зараз надзвичайні досягнення у царині розробок нейронних мереж змінюють пріоритети, експертні системи (вони ж системи, побудовані на знанні) до сих пір мають статус генератора достовірного знання. Варто зазначити, діаметрально протилежні за своїми фундаментальними принципами, експертні системи та технології нейронних мереж після тривалого періоду протистояння нині починають колабораційні проекти у розробках гібридних інтелектуальних систем [2, с. 33–44].

Що являють собою експертні системи та чи є підстави казати про тісний зв'язок цієї проблематики зі сферою досліджень логічного знання? Відповідь можливо віднайти у ході розгляду особливостей експертних систем, особливостей розробки та побудови правил. У наш час, у розробках експертних систем докладають зусиль фахівці різноманітних галузей, це визначає

значну кількість підходів, досліджень та навіть їх результатів. Ця стаття ґрунтується на роботах Дж. Джараттано, К. Леондес, М. Негневіцькі, П. Хартон, Д. Кінг, Д. Х'ю, Л. Кершберг, Дж. МакДермотт, Дж. Бачант, Д. Мічі, проте, окрім них варто зазначити внески таких історичних постатей як Е. Фейгенбаум (засновник підходу експертних систем) та не менш важливі Б. Бучанан та Р. Девіс. Дж. Перл (автор математичного апарату байєсівських мереж), Ф. Дунг та його логіка першого порядку. Особливістю експертних систем є їх мультидисциплінарність, тому, якщо йдеться про ступінь розробки даної тематики, то у коло дослідників слід включати вчених із різних галузей знання.

Мета статті – визначити роль логіки в побудові експертних систем. Для цього розглянемо особливості експертних систем та проаналізуємо як працюють у них логічні методи.

Підкреслимо, що термін «експертні системи» доволі неоднозначний і єдиної традиції вживання не має, незважаючи на чи найменш як півсторіччя від часу впровадження його в ужиток. Справа у тому, що експертні системи є найрозовсодженішим видом інтелектуальних систем і часто під ними розуміють усю сукупність інтелектуальних систем. Важливо розібратись і у тому, кого саме вважати експертом. «Експерт – особа, яка має глибокі знання у формі фактів та правил і відповідного досвіду в окремо взятій галузі. Експерти можуть виражати своє знання у формі продукування правил. Продукування правил, у свою чергу, репрезентовано судженнями виду «Якщо (антецедент)..., то (консеквент)...». Такі правила є найбільш популярним типом репрезентації знань. Правила можуть виражати відношення, рекомендації, директиви, стратегії та евристики» [16, с. 52].

У монографії «Логічний підхід до штучного інтелекту: від класичної логіки до логічного програмування» виділено такі точки зору:

– Логіка може розглядатися як засіб, що добре підходить для репрезентації знань та міркувань.

– Логіка може бути розглянута як формалізм для посылань.

– Логіка може розглядатися як метод підтвердження міркувань та семантичного аналізу репрезентації знання [1, с. 209].

Для того, щоб детальніше розглянути логічну складову в інтелектуальних експертних системах звернемо увагу на те як Корнеліус Леондес [4, с. 7] виділяє техніки, які використовуються інтелектуальними системами:

– Системи побудовані на знанні;

– Експертні системи;

– Теорії неясності;

– Нейронні мережі;

– Системи, побудовані на кейсах;

– Методи індукції;

– Системи, побудовані на фреймах;

– Системи розпізнавання

Дані різновиди можуть бути розглянуті як окремо, так і у комбінаціях з іншими техніками.

Застосування знаходять різноманітні сфери людської діяльності, що не дивно, зважаючи на основну задачу Штучного інтелекту – виконання функцій, що потребують вирішення інтелектуальних задач. Зважаючи на це, у рамках статті інтелект буде розглядатися як здатність пошуку рішень для відповідних ситуацій, здобувати нові знання та прилаштовувати їх до своїх потреб. Аби такий алгоритм працював коректно необхідне строге дотримання правил логічного слідування. Як ми вже бачимо, до основних технік входять теорія неясності (fuzzylogic) та методи індукції – те, що є предметом логіко-філософських досліджень і складає логічну методологію, проте і всі інші техніки (окрім, хіба що, нейронних мереж) вимагають дотримання правил логіки, основних законів – закону тотожності, протиріччя, виключеного третього, достатньої підстави. У експертних системах можливе та доречне використання законів де Моргана, правил *modusponens* та *modus tollens*.

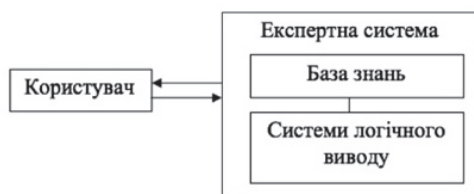


Схема 1. Основні принципи функціонування експертної системи

Схему 1, що ми можемо знайти у книзі Джарратано є класичним концептом системи, побудованою на знаннях. Користувач надає факти чи будь-яку іншу інформацію експертній системі і отримує експертну рекомендацію чи «експертну оцінку» у відповідь. Експертна система складається з двох основних компонентів – база знань, що містить знання отримане з досвіду чи з виданих джерел, та механізм слідування, що виконує процедуру умовиводу [8, с. 35]. Серед важливих компонентів експертної системи можна вказати інтерфейс не тільки користувача, а і розробника, Базу даних, не варто плутати із вже згаданою базою знань, яка, на відміну від попередньої, відображає відношення між даними, а не самі дані. Також, варто звернути увагу на основні підсистеми, а саме – підсистему пояснення (засоби надання інформації щодо того, як система прийшла до певного висновку), підсистему комунікації (засоби, що дозволяють обмінюватись даними між користувачем чи розробником та експертною системою) та підсистему набуття знань (засоби отримання чи встановлення нових причинно-наслідкових зв'язків) [16, с. 51]. Ці підсистеми надають поглиблену аналітику причинно-наслідкових зв'язків, з метою подальших покращень функціоналу ЕС. Як зазначають автори праці «Логічний підхід до штучного інтелекту: від класичної логіки до логічного програмування», більшість логічних систем складаються з мови, формальної семантики та системи виводу.

Зазначені логічні засоби можна застосовувати доволі безпосередньо [1, с. 210]. Таким чином, за аналогією, основні принципи експертної системи демонструють ознаки логічної системи – база знань як мова ЕС, системи логічного виводу у ЕС та підсистеми пояснення як формальної семантики.

Така система може виступати як у ролі помічника для аналізу аргументації, так і для продукування самостійних умовиводів, що залежить від її складності. Так чи інакше її діяльність спрямована на вирішення проблем певної області знання, під яку вона запрограмована, якщо тільки ми не маємо справи з системою загального призначення, а не спеціалізованою. Але і якісно такі системи будуть помітно відрізнятися. Чим ширше профіль, тим менш деталізовані відповіді будуть на виході. З іншої сторони, така система буде більш прилаштована. Загальну процедуру прийнято називати технологією інженерії знань.

У побудові аргументації прийнято вживати схеми аргументації, що є «типovими паттернами виводу, що комбiнують семантично-онтологічні відношення з різними типами міркування та логічними аксіомами і презентують абстрактну структуру найбільш поширених типів натуральних аргументів» [13, с. 139–159].

Перші експертні системи з'являються наприкінці 60-х рр. Мине ще близько десяти років, до того часу як експертні системи зароблять собі ім'я. Однією з перших систем-піонерів була експертна система MYCIN, що застосовувалась у медицині та спеціалізувалась у визначенні точного діагнозу пацієнта. Розвиток цієї експертної системи відбувався у стінах Стенфордського університету за безпосередньої участі Шортліфа [12, с. 3]. Технологія швидко стала відомою – програма, вимагаючи введення всіх необхідних даних не могла, як результат, випустити з уваги, випадково не помітити засновки. Таким чином, слідує принципу достатньої підстави MYCIN стала виконувати функцію висококваліфікованого лікаря. Враховуючи те, що програма могла обробляти більше даних, перевага стала помітна ще на ранніх етапах.

Серед переваг, що надає використання експертних систем, Джарратано [7, с. 20] виділяє наступні:

- *Підвищена доступність*. Програмування та доступ до експертних систем можливі за використання багатьох комп'ютерних інструментів, продукування експертного знання доступне для широкого загалу розробників.

- *Вартість*. Із розрахунку на одного користувача істотно зменшується вартість надання експертного знання.

- *Безпека*. Експертні системи можуть використовуватися в умовах небезпечних для людини (наприклад роботи-сапери чи ті, що працюють з небезпечними хімічними чи радіоактивними речовинами).

- *Перманентність*. Бази знань не забуваються експертними системами та не зникають так просто. Вони можуть старіти тільки у тому сенсі, що на

зміну їм може прийти новий софт, але їм незнайоме біологічне старіння. Знання можна зберігати невизначено довго.

– *Знання можуть бути отримані з декількох джерел.* Знання, якими володіють декілька експертів, можуть бути оброблені для подальшої роботи з інформацією одночасно і без перерв. Це дає можливість системі бути більш кваліфікованою ніж окремо взятий експерт [9, с. 21].

– *Надійність.* Експертні системи можуть надати альтернативну експертну оцінку або вирішити суперечливу ситуацію, що виникає між експертами. Звісно за умови, що серед учасників суперечки немає такого, що програмував саму цю експертну систему. Проте, і тут позиції можуть розбігатися, що може бути спричинене низкою суб'єктивних причин (зміна позиції експерта через знаходження ним нових фактів/аргументів, ба навіть втома, що заважає експертові зосередитися).

– *Пояснення.* Експерт спроможний експліцитно та детально пояснити хід міркування, що привів його до певного висновку. Людина–експерт може бути виснажена, неналаштована чи нездатна давати свою оцінку без перерв. Застосування стабільної системи підвищує ступінь довіри до висновку, який вона імплікувала.

– *Оперативність.* Окремі випадки вимагають швидкої, моментальної відповіді. Залежно від програмного та операційного забезпечення програма може реагувати швидше, ніж на те здатна людина–експерт. Екстрені ситуації можуть потребувати *real-time* відповіді («відповіді наживо»). Застосування експертних систем у такому разі – досить вдалий вибір [3, с. 14–28].

– *Розгорнута, об'єктивна відповідь.* У надзвичайних ситуаціях така перевага стає вкрай вагомим. Коли виникає потреба максимальної ефективності на межі своїх можливостей, стрес людини–експерта може призвести до фатальних помилок.

– *Можливість навчати людину–експерта.* Чітко побудована експертна система має можливість витреноувати майбутніх експертів, підтримувати рівень фахівця чи піднімати рівень його кваліфікації за допомогою прикладів та пояснень до них.

– *Можливість використання ЕС у якості бази даних.* Експертні системи можна застосовувати у якості БД (бази даних) за допомогою інтелектуального способу доступу [6, с. 26–34].

Майкл Негневіцькі [16, с. 50] відносить до переваг і такі:

– *Натуральне репрезентування знання.* Зазвичай експерт пояснює процедуру вирішення проблеми приблизно у такій формі: «У такій–то ситуації, я роблю те». Такі вирази можуть достатньо натурально бути вираженими через правила продукування «якщо..., то...».

– *Універсальна структура.* Правила продукування мають універсальну структуру судження «якщо..., то...». Кожне правило – незалежна частка самозадокументованими.

– *Розділення знання та його обробки (розуміння).* Структура систем, побудованих на правилах, забезпечує ефективне розділення бази знання від системи логічного виводу. Це робить можливим розвивати різні додатки, використовуючи ту саму оболонку експертної системи. Цим самим сприяючи легкому розповсюдженню експертної системи. Для поліпшення системи інженер знання лише додає кілька правил до бази знання без втручання у системний код.

Слід зважати на те, що логіка вимагає однозначної репрезентації форми думки у формалізованій мові. Усі засновки повинні бути формалізовані за одним принципом. Логіка виступає еталоном для перевірки формалізації усього загалу мов, на яких побудовані експертні системи чи будь–які інші програми. «Можливо інтерпретувати логіку як формалізм посилян, корисний на різних рівнях у визначенні інших ефективних методів репрезентації. Перш за все вона може слугувати їх строгому визначенню. Переписуванням мов та законів у логічний формалізм можливо уточнити семантику цих методів» [1, с. 213].

Зазначені переваги відображають у тому числі ті, що надає дотримання вимог логічних законів. Зокрема основних законів, що вимагають розумілості виконуваних процедур та можливість обробки їх експертами.

А. Ньюел та П. Хейс приписують логіці функції семантичного аналізу знання та обґрунтування виводу. Репрезентувати знання – означає виразити у певному формалізмі той образ світу, який у нас є. Відповідність між світом та його репрезентацією встановлюється семантичним аналізом. Такий аналіз має на меті визначити об'єкти репрезентації та уточнити образ світу, що визначається репрезентацією [17, с. 1–20; 9, с. 428–433].

Робота з неповним та неточним знанням. Більшість систем, побудованих на правилах, здатні представляти чи аргументувати вираз висновку з неповним чи неточним знанням. Так, вираз «Якщо на вулиці осінь, хмарно (наскільки хмарно?) та дме слабкий (наскільки слабкий?) вітер, то прогноз вірний» – цілком прийнятний за умови накладання маркерів імовірності.

Наочно ознайомитись із перевагами та досягненнями експертних систем можна у періодичному виданні «Advances in Intelligent Systems and Computing».

За усіх цих переваг, головний принцип, на якому побудовані експертні системи – загальна схема «якщо..., то...» – тобто правило логічного слідування, не зважаючи на його простоту, є досить ефективним. Так, експертна система XCON/R1, використовуючи тисячі правил, стала найкращим експертом у конфігурації комп'ютерних систем [14, с. 21–32]. Більшість експертних систем вимагають прописування сотень правил, конструювання подібних правил – виснажливий процес, проте результат виправдовує усі витрачені зусилля. Написання таких експертних систем прийнято називати інженерією знання [15, с. 197–200] система збирає дані, що їй надає експерт і інженер прописує

необхідний алгоритм, далі відбувається процес калібрування та оцінки кроків, допоки експерта не влаштуватиме отримуваний результат. Останні розробки дозволяють включати у систему гіпотетичне міркування і, навіть, перетворювати особливості природної мови у правила, деякі системи прописують правила індукції, що дозволяє доповнювати систему новими правилами, згідно з подібними прикладами. Загалом – це непростий процес, що потребує надзвичайної ретельності.



Схема 2. Процес розробки експертної системи.

Схема 2, що запозичена у Джарратано зображує елементарну схему, що демонструє процес розробки експертної системи. За цією простою, на перший погляд, схемою криються сотні-тисячі взаємодій, що відбуваються у системі. Хибні кроки неприпустимі.

У Ясницького знаходимо таку схему:



Схема 3. Технологія розробки експертної системи.

За час роботи по створенню експертних систем складалася визначена технологія, що включає такі основні етапи: ідентифікація, концептуалізація, формалізація, виконання, тестування, досвідна експлуатація, модифікація, висока ефективність, допустима швидкість відгуку, висока надійність, очевидність [2, с. 37].

– *Ідентифікація (постановка задачі)*. На цьому етапі встановлюються цілі розробки, вимоги до експертної системи, ресурси, визначаються методи вирішення задач. Мета етапу – сформулювати задачу, охарактеризувати підтримуючу її базу знань і таким чином забезпечити початковий імпульс для розвитку бази знань.

– *Концептуалізація*. Проводиться змістовний аналіз проблемної області, виявляються специфічні поняття та їх взаємозв'язки.

– *Формалізація*. Визначаються способи репрезентації всіх видів знань, формалізуються основні поняття, визначаються способи інтерпретації знань, оцінюється, наскільки адекватні цілям системи зафіксовані поняття, методи вирішення, засоби репрезентації та маніпулювання знаннями. Метод формалізації повністю відповідає формалізації за законами логіки.

– *Виконання*. На цьому етапі експерт наповнює базу знань. Процес набуття знань розділяють на отримання знань від експерта, організацію знань, що забезпечує ефективну роботу системи, та репрезентації знань у вигляді зрозумілому експертній системі. Через евристичний характер знань їх набуття є досить клопітким. На цьому етапі дотримання законів логіки є необхідним, аби не припускатись помилок на кшталт «коло у визначенні» і тому подібних.

– *Тестування.* Експерт та інженер знання в інтерактивному режимі, використовуючи діалогові та пояснювальні засоби, перевіряють компетентність експертної системи. Процес тестування продовжується до тих пір, поки експерт не вирішить, що система досягла задовільного рівня компетентності.

– *Досвідна експлуатація.* Перевіряється придатність експертної системи для користувачів. За результатами цього етапу можлива потреба модифікації експертної системи.

– *Модифікація.* У процесі створення експертної системи майже постійно виконуються її модифікації: переформулювання понять та вимог, переконструювання представлення знань та вдосконалення прототипу. Удосконалення прототипу відбувається у процесі циклічного проходження крізь етапи виконання та тестування для коригування правил та процедур виводу. Переконструювання обраного раніше способу репрезентації знань має на увазі повернення від етапу тестування до етапу формалізації. Якщо проблеми більш серйозні, то після невдачі на етапі тестування можливий перехід до етапу концептуалізації та ідентифікації. У цьому випадку йдеться про переформулювання понять, що використовуються у системі, тобто перепроєктуванні системи від самого початку. Така технологія відображає досвід розробки та впровадження численних експертних систем широкого призначення».

Розробка експертної системи очевидно неможлива без дотримання вимог логіки. Закони логіки застосовуються для ефективної роботи системи. Зважаючи на це, формується низка вимог, що у той самий час і є визначальними ознаками експертної системи:

– *Висока ефективність.* Це означає, що система повинна володіти здатністю давати відповіді на рівні компетентності щонайменше рівному експертові у даній області знання. Вимога – постійно висока якість рекомендацій.

– *Допустима швидкість відгуку.* Система повинна виконувати свої операції за час рівний або швидший, ніж того потребує людина–експерт. Системи, що потребують один рік на обробку та видачу результату, в той час як людині–експерту на це необхідна одна година не потрібна нікому. До того ж, обмеження у часі, що регламентують продуктивність експертної системи, можуть бути особливо строгими у випадку систем реального часу. Наприклад, коли необхідно скоординувати літак при посадці в умовах поганої видимості.

– *Висока надійність.* Експертна система мусить бути надійною і працювати без збою. Інакше її використання втрачає увесь сенс. Послідовність кроків у аргументації забезпечує правильне функціонування експертної системи.

– *Очевидність.* Система повинна бути здатною пояснити всі етапи своїх дій, які вона виконує у процесі знаходження рішення, аби її робота була доступною для розуміння. Експертна система не повинна бути «чорною скринькою», що продукує

неясну, нечітку відповідь і повинна надавати конкретні пояснення, так само як це може зробити людина–експерт. Ця вимога цілком зрозуміла, від деяких рішень може залежати життя чи власність людини. Оскільки ціна помилки настільки висока, програма повинна пояснити хід свого міркування у ситуації вибору «меншого зла», для прикладу (хід аргументації програми в автомобілі «Тесла» в аварійних ситуаціях). Таким чином, функція надання пояснень системи дає можливість проводити її профілактичну перевірку. Окрім того, на етапі розробки ЕС необхідно засвідчитись у тому, що система правильно використовує правила та приходиться до висновку, протилежне може статися випадково чи у тому разі, якщо людина–експерт та інженер знання не зрозуміли один одного. Помилки можуть виникати і шляхом утворення неочікуваних наслідків. Вислідкувати такі можливо за допомогою низки тестів, пов'язаних з правилами, якими система користується. До того ж порядок, у якому правила вписані в систему, не обов'язково буде тотожний порядку, у якому система «міркує». Тому ЕС повинна бути гнучкою, щоб нові правила вносились зручно, як і поправки до вже існуючих. Ефективне і модульне збереження правил притаманне системам – причина їх широкого розповсюдження [7, с. 7]. У системі використовуються прості та складні засоби пояснення. Якщо прості – наведення переліку всіх кроків, що призвели до певного висновку, то складні працюють складнішими алгоритмами, складаючи список усіх «за» і «проти» конкретної гіпотези. Гіпотеза тут виступає певною метою, до якої крокує система. У процесі досягнення мети система формує більш прості підцілі, з якими вона здатна працювати. Це відбувається до тих пір, поки програма повністю не дефрагментує увесь масив даних у спосіб, яким вона здатна подалі обробляти засновки і приходити до висновку в аргументації. Висновок експертної системи, особливо, якщо йдеться про таку, що побудована на основі байєсовських мереж чи ними користується, являє собою прогноз із певним коефіцієнтом верифікації гіпотези. «Отриманий результат повинен бути обґрунтованим на основі метаправил, а простіше – знань про правила і доречне їх використання. Утворюються нові програми, здатні виводити нові правила із використанням процесу машинного навчання. Гіпотеза обґрунтовується знаннями, а знання – гарантією того, що ці знання є достовірними. Гарантія, по суті, є метапоясненням, що показує, чому пояснення експертної системи правдиві» [7, с. 7].

Не зважаючи на те, що такі вимоги залежать насамперед від технічних можливостей системи, логічні концепти дозволяють покращити результат за тих самих матеріальних умов. Так, немонотонна логіка та байєсівські мережі дозволяють не витрачати ресурси на обчислення заздалегідь невірних ситуацій.

«У системі, що побудована на правилах, знання легко можуть нарощуватись інкрементно – це є запорукою успішності експертних систем. Таким

чином, база знань може поступово нарощуватись по мірі додавання до неї нових правил із тим, щоб можливість перевірки її продуктивності та коректності зберігалася. Якщо правила побудовані як належно – взаємодії між правилами можна мінімізувати чи усунути аби уникнути зайвих непередбачуваних наслідків. Можливість інкрементного нарощування знань сприяє спрощеному процесу прискороженого створенню прототипу, щоб інженер знань міг якнайшвидше представити робочий прототип експертної системи. Ця особливість вкрай важлива, адже підтримує зацікавленість експертів і дозволяє швидше протестувати працездатність системи» [16, с. 51]. Використання немонотонної логіки репрезентує можливість доповнення бази знань новими правилами і, таким чином, дозволяє експертній системі бути більш гнучкою. «У немонотонній логіці можливо зобразити попередні висновки, зберігаючи можливість того, що додаткова інформація може привести до їх спростування» [5, с. 618].

Зазначимо, що досягнення перших експертних систем стали цікавими і з комерційної точки зору. Стало ясно, що можна використовувати структурну основу попередніх експертних систем. Раніше ж під кожну сферу знання експертні системи розроблялись індивідуально. Так, від системи MYCIN була утворена EMYCIN (Empty MYCIN, тобто пуста система без конкретного спеціалізованого знання). До появи розвинутих технологічних можливостей машини не були здатні працювати з глибинним навчанням. Сучасні дослідження по Big Data та Deep Learning дозволяють досягати неймовірних результатів. Розвиток нейронних мереж, розробка квантових комп'ютерів відкривають можливість переходу на кардинально інший рівень (рівень розробки мови на семантичному рівні, що Джон Сьорл вважав нездійсненим). На даному етапі Штучний інтелект потребує співпраці спеціалістів із різних сфер науки. Дослідження нейрофізіології, кібернетики, квантової механіки, логіки надають можливості про які раніше навіть не заходила мова.

Підсумовуючи, можна сказати, що експертні системи невіддільно пов'язані з логікою. Порушення правил логіки призводять до повної дисфункції експертної системи і це не дивно, так як без достатньої підстави, чіткого слідування у аргументації жодна програма не здатна виконувати свої задачі.

Проаналізувавши, яким чином логіка використовується для формалізації та репрезентації знання, вважаємо, що логіка може виступати інструментом аналізу (в тому числі семантичного) структури аргументації в експертних системах, так і засобом для конструювання аргументації у них. «Навіть якщо б йшлося про продумування якого-небудь нелогічного формалізму, ... то природно виникло би запитання про можливість віднайдення знову певного різновиду логіки. ... За Муром, три ... логічних фактори вплетені у міркування для віднайдення можливості: побачити істинність

З–квантифікованого висловлювання, без знання того, який об'єкт робить його істинним, розпізнати підтверджуваність деякого висловлювання, чи його заперечення, розглядати ряд випадків окремо» [1, с. 215]. Зважаючи на це, можна визначити роль логіки у всіх процесах формалізації знання в експертних системах будь-якого типу та у інтелектуальних системах загалом: логіка як метод може виступати інструментом аналізу структури аргументації і засобом для її конструювання; логіка як модель бере участь у моделюванні аргументативних міркувань.

Список використаних джерел

1. Тейз, А., Грибомон, П., Луи, Ж. и др. 1990. 'Логический подход к искусственному интеллекту: от классической логики к логическому программированию', Пер. с франц., М.: *Mir*, 432 с. // Tejz, A., Gribomon, P., Lui, Zh. i dr. 1990. 'Logicheskij podhod k iskusstvennomu intellektu: ot klassicheskoy logiki k logicheskomu programmirovaniyu (From standard logic to logic programming: introducing a logic based approach to artificial intelligence)', Per. s franc., М.: *Mir*, 432 s.
2. Ясницкий, ЛН., 2016. 'Интеллектуальные системы'. (Электронный ресурс: учебник. Эл. изд. Электрон. текстовые дан), М.: *Лаборатория знаний*, 221 с. // Jasnicky, LN., 2016. 'Intellektual'nye sistemy ((Intellectual systems))'. (Jelektronnyj resurs: uchebnik. Jel. izd. Jelektron. tekstovye dan), М.: *Laboratorija znanij*, 221 s.
3. Ab Hugh D., 1988. 'The Future of Flying', *AI Expert*, p.66–69.
4. Cornelius, TL. (Editor), 2002. 'Intelligent Systems: Technology and Applications', *Six Volume Set Published by CRC Press*, 112 p.
5. Eemeren, FH., van, Garssen, B., Erik, C., Krabbe, W., Francisca, A., Henkemans, S., Verheij, B., Jean, H., Wagemans, M., 2014. 'Handbook of Argumentation Theory', *Springer Science+Business Media Dordrecht*, 988 p.
6. Ennis, RL., et al., 1986. 'A Continuous Real-time Expert System for Computer Operations', *IBM J. Res. Develop.*, 30 (1), p.14–28.
7. Giarratano, J., Riley, GD., 1998. 'Expert Systems Principles and Programming', 3rd Edition, 597 p.
8. Giarratano, JC., Riley, GD., 2004. 'Expert Systems: Principles and Programming', 4th ed. Principles and Programming, 856 p.
9. Harmon, P. and King, D., 1985. 'Expert Systems', John Wiley and Sons, Inc. 283 p.
10. Hayes, PJ., 1977. 'In defense of logic', *Proc. IJCAI-77*, p.428–433.
11. Kerschberg, L. (Editor), 1986. 'Expert Database Systems: Proceedings from the First International Workshop', *Benjamin/Cummings Publishing Co*, 550 p.
12. Lucas, P., van der Gaag L., 1991. 'Principles of expert systems', *Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc. Boston, MA, USA*, 563 p.
13. Macagno, F. and Walton, D., 2015. 'Classifying the patterns of natural arguments', *Philosophy and Rhetoric*, 48 (1), p.139–159.
14. McDermott, J. and Bachant, J., 1984. 'R1 Revisited: Four Years in the Trenches', *AI Magazine*, V, (3), p.21–32.
15. Michie, D., 1973. 'Knowledge Engineering', *Cybernetics*, Vol.2, p.197–200.
16. Negnevitsky, M., 2005. 'Artificial Intelligence – A Guide to Intelligent Systems (Second)', *Addison-Wesley*, 415 p.
17. Newell, A., 1980. 'The knowledge level', *AJ Magazine*, vol.2, no.2, p.1–20.

* * *