

РІВНІ ІНТЕЛЕКТУ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

Роботу присвячено дослідженню різних рівнів, у рамках яких можна подати поняття інтелекту. Для своєї діяльності система, наділена інтелектом, має моделювати своє навколишнє середовище, а потім використовувати цю модель для вирішення поставлених перед нею задач. При цьому рівень інтелекту визначається можливостями будувати модель, адекватну навколишньому середовищу, і засобами використання цієї моделі для вирішення в ній задач.

Ключові слова: моделювання, модель, інтелект, інтелектуальна система, рівень інтелекту.

Загальний розвиток людської цивілізації означає розробку та створення дедалі складніших систем, які використовує людина у своїй діяльності. Цю тезу можна проілюструвати багатьма прикладами. Але в напрямі використання комп'ютерної техніки один з основних шляхів – це загальне підвищення розумності систем, основу діяльності яких складають обчислювальні компоненти, їх інтелектуального рівня. Тому природно постає необхідність визначення загального шляху побудови комп'ютерних систем із великими можливостями, які б могли замінити людину у багатьох сферах сучасного життя, а особливо там, де людина стикається з небезпечними ситуаціями та проблемами. Тут і виникає проблема, як підвищити рівень розумності використовуваних систем, щоб вони могли в окремих випадках та ситуаціях замінити людину.

Іншими словами, сучасні системи можуть отримати ту складову характерних рис людини, що мають глобальну назву – інтелект. Слово «інтелект» визначає сукупність якостей та ознак, які пов'язані з можливостями сприйняття та моделювання навколишнього середовища, з метою вирішення в ньому задач, які постають перед суб'єктом у процесі взаємодії між ним і цим середовищем.

Та частина середовища, яку сприймає та з якою взаємодіє суб'єкт, має назву предметної області (ПО). Зазначимо, що поряд із природним матеріальним світом як ПО можна розглядати інші світи – ідей, уявлень, фантазій, вірувань, надій, сподівань, віртуальних конструкцій. Кожен із цих світів має свої особливості й ознаки, свої закони і форми. Можна навіть розглядати світ об'єктів у вигляді комп'ютерних програм, які обмінюються між собою повідомленнями та відповідно до них змінюють свою

структуру. Головною ознакою цих середовищ є можливість сприйняття інтелектуальним суб'єктом їхніх якостей та моделювання цих областей суб'єктом на рівні його сприйняття.

Тому можна вважати, що *інтелект – це властивість високоорганізованого суб'єкта, що дає йому змогу моделювати ПО і використовувати модель для вирішення завдань, що стосуються цієї галузі.*

Для побудови інтелектуальної системи (технології, процесу) необхідно, по-перше, створити засоби, які дадуть змогу моделювати це середовище – ПО, з яким взаємодітиме ця система. І, по-друге, визначити, як система вирішуватиме задачі в цій ПО. Інакше кажучи, треба визначити, що таке інтелект, на рівні деяких правил та операцій. Для вирішення цієї задачі спочатку з'ясуємо, що мається на увазі, коли мова йде про модель, а потім, спираючись на розуміння моделі, визначатимемо і засоби використання цієї моделі інтелектуальною системою.

У загальному вигляді модель ПО має такі риси:

- існує концептуалізація ПО у вигляді її специфікації;
- визначено уявлення ПО у вигляді деякого *основного* простору – безперервного або дискретного, в якому може бути подана очікувана модель;
- в основному просторі задано інтерпретацію моделей тих специфікацій, які входять до опису ПО;
- визначено множину структур, аксіоматичних виразів, постулатів, схем, які можуть бути побудовані з використанням значень специфікації;
- існує можливість побудови нових специфікацій і виразів, враховуючи структури, образи і ситуації, які конструюються з відомих специфікацій і які пов'язані з сприйняттям нових

сутностей як цілісної картини, що складається зі скінченного числа інтерпретованих елементів;

- задано допустимі перетворення, що зв'язують окремі елементи і області основного простору в єдину область розгляду моделі;
- для основного простору існує опис геометрії, яка існує в цьому основному просторі як головному поданні інтерпретації ПО.

Зазначимо, що окремі варіанти моделей можуть містити тільки частину з цих груп, оскільки деякі з них можуть опускатися і не входити в конкретну модель [1].

Специфікація моделі – це структурована множина іменованих елементів ПО і відносин, що їх пов'язують, перетворень між ними. Таким чином, основний простір описано у вигляді множини елементів, зв'язків між ними і геометрії, яка є складовою частиною, визначеною в цьому просторі. *Задача* в такому просторі задається парою елементів цього простору, а її рішення визначається як шлях, що зв'язує ці елементи в просторі. Іноді задачу можна розглядати як задану область простору і обмеження, що виділяють в цій області її частину, як очікувану область результату.

Процес моделювання ПО пов'язаний та одночасно узагальнює низку інших когнітивних процесів, таких як *сприйняття, розуміння, розпізнавання, класифікація*, що пов'язані з поданням елементів основного простору, а також процесів запам'ятовування, збереження і пошуку в пам'яті представлених елементів та їхніх частин, у вигляді різних абстрактних, формальних, математичних та логічних конструкцій. До моделювання також належать і процеси *комбінування, об'єднання* окремих елементів в абстрактні схеми, які теж зберігаються в пам'яті суб'єкта, наділеного інтелектом. Усі ці конструкції зводяться в компоненти моделі і пов'язуються в набори єдиних процесів, які є основою для формування поведінки (інтелектуального) суб'єкта.

Окрему частину процесів, пов'язаних із моделюванням, визначає можливість розширення моделі, за рахунок допустимих перетворень, змін, дій окремих елементів і конструкцій, що входять у побудовану модель. Тому в деяких випадках модель розглядають як нечітку конструкцію, яка припускає мимовільні зміни свого стану. Ці зміни іноді призводять до розширення основного простору, за рахунок додавання додаткових вимірів, що пов'язуються з можливими змінами складових моделі. Можливий варіант, за якого такі розширення подаються у вигляді деяких

підпросторів, що поєднуються, додаються або виділяються в основному просторі.

Тепер для визначення інтелекту необхідно пов'язати його з процесами постановки та вирішення задач, які формулюються в основному просторі моделі. А потім привести визначення у відповідність із відомими прикладами прояву інтелекту у повсякденному житті. І тут робимо висновок. У дійсності інтелект існує у формах, що допускають їх опис за ступенями (рівнями), що характеризує різні форми інтелекту, які послідовно ускладнюються. Немає єдиного визначення. Кожен прояв інтелекту кваліфікується як інтелект деякого рівня j , де символ j розуміється як індекс інтелекту. А рівень інтелекту визначається можливостями будувати адекватну ПО її модель і методами використання цієї моделі для вирішення в ній задач [2; 3].

Інтелект нульового рівня (0-інтелект) – заданий скінченим набором алгоритмів, що використовують для вирішення задач у заданій і незмінній моделі ПО (середовища). Поставлена задача поєднується з одним із цих алгоритмів. Для ототожнення інтелекту з цим рівнем необхідне розуміння кожного з алгоритмів, вибір одного з існуючих алгоритмів і вміння пов'язати задачу з алгоритмом, що її вирішує, вміння застосувати алгоритм до описаної задачі, щоб отримати її рішення.

Найбільш поширений вид інтелекту – той, яким більшість людей користуються, визначаючи свою поведінку. Процес навчання у школі є прикладом формування 0-інтелекту. Описуються ситуації та даються правила, як поводитися в цих ситуаціях. Іншими прикладами можуть бути відомі правила етикету, армійські статuti, корпоративні правила поведінки, соціальні відносини (норми). На цьому рівні не створюється нічого нового, але використовується отриманий раніше досвід.

Інтелект першого рівня (1-інтелект) – це готова модель ПО плюс методи обробки інформації в ПО, які успішно функціонують, що дає змогу побудувати розв'язок задачі як композицію з безлічі відомих і заданих у середовищі (ПО) перетворень (відносин, алгоритмів). У цьому варіанті алгоритм будується, конструюється з готових і збережених елементів. Отже, процес моделювання не використовують, модель ПО задано, а рішення задач у ній пов'язано з відшукуванням потрібної композиції відомих компонент і може бути досить складним.

Наприклад, рішення шахової задачі або етюду, де ПО – шахівниця, набір фігур і правила дії цих фігур. Або обчислення інтеграла для виразу,

побудованого з елементарних функцій. Або побудова примітивно-рекурсивної функції з набору заданих елементів (0, 1, операції: вибір компонента, підстановка, примітивна рекурсія). Програмування на початковому рівні – це як пошук запису алгоритма у вигляді композиції конструкцій, поданих у конкретній мові програмування. Все це приклади випадків, в яких використовується цей рівень інтелекту. Але треба зауважити, що обмеження в часі пошуку рішень зменшує ефективність роботи системи, яка має інтелект цього рівня.

Інтелект полуторного рівня (1,5-інтелект) – це поповнення 1-інтелекту механізмами збереження вдалих композицій алгоритмів (навчання системи) разом із класами завдань, які вирішуються цими алгоритмами в розглянутій моделі ПО.

Цей рівень інтелекту поєднує 1-інтелект із досвідом, який система отримує в процесі збереження та розширення можливих перетворень, які допустимі в ПО. Шахіст зберігає можливі дебютні рішення, які дозволили виграти партії, або комбінаційні схеми, які можуть бути застосовані в різних ситуаціях. Програміст зберігає програмні рішення, наприклад, побудови відповідного інтерфейсу чи вирішення задач за різними методами. Він розширює свої можливості, підвищує ефективність та швидкість роботи. Програмування за шаблонами є прикладом застосування такої схеми вирішення задач у тих випадках, коли незмінною залишається модель ПО.

Як ще один приклад можемо навести використання через 1100 років методу підтримки купола Софійського собору в Константинополі (сучасний Стамбул) при створенні купола собора Святого Павла у Лондоні. Обидва собори успішно стоять і в наш час.

Інтелект другого рівня (2-інтелект) – це невід’ємна якість суб’єкта, орієнтованого на взаємодію з однією або декількома різними неповно заданими предметними областями, складовими зовнішнього середовища. Це якість, що подається у вигляді заданих або сформованих суб’єктом методів аналізу і синтезу інформації, отриманої за допомогою засобів взаємодії з ПО і яку пов’язують з однією або декількома предметними областями, шляхом модифікації відповідних моделей. Це дає змогу суб’єктові віртуально концептуалізувати ПО, організувати, зберігати і модифікувати отримане концептуальне уявлення (інтелектуальне відображення) як форму свого когнітивного досвіду, який використовується

суб’єктом при організації його взаємодії через модель із середовищем.

Концептуалізація – це завдання специфікації на рівні окремих елементів і перетворень, що їх пов’язують. Відмінність від інтелекту попереднього рівня полягає в тому, що основний простір розширюється, перебудовується, щоб вирішити поставлене завдання. До алгоритму пошуку рішення додаються алгоритми аналізу і синтезу інформації, що визначає ПО.

2-інтелект відрізняється від попередніх видів інтелекту тим, що в ньому може змінюватися модель ПО. Вона створюється та модифікується під час взаємодії системи та ПО. Система аналізує ПО, знаходить нові якості та закономірності, синтезує новий варіант моделі, а вже потім буде відповідні варіанти вирішення задач у цій моделі. Таким чином досліджують навколишній світ та виявляють його закони. Цей процес може бути постійним залежно від тих задач, які повинна вирішувати система.

У деяких випадках синтезована інформація про ПО може подаватися у вигляді гіпотез та отримувати підтвердження або спростування під час наступних досліджень ПО. Прикладом може бути загальна теорія відносності Ейнштейна, в якій для побудови моделі гравітаційної взаємодії було використано математичний підхід, а її підтвердження було отримано в результаті астрономічних досліджень.

Об’єктно-орієнтоване програмування можна розглядати як приклад використання 2-інтелекту, оскільки для вирішення задач створюють модель ПО у вигляді сукупності відповідних класів, а потім на основі цих класів будують програми для вирішення задач у цій ПО.

Всі попередні рівні інтелекту неявно передбачають можливість використання класичної логіки для перевірки слушності своїх висновків.

Інтелект рівня 2,5 (2,5-інтелект) – це поповнення 2-інтелекту за рахунок використання різних видів логіки при формуванні організації інформації про ПО. Ці засоби дають змогу змінювати процес моделювання ПО. Вони допускають роботу з неповною інформацією, впровадження нечітких і ймовірнісних міркувань у логічні побудови і оцінки. Можливою є побудова різних моделей для однієї і тієї самої ПО, оперування з різними оцінками і інтерпретаціями подій і ситуацій у ПО.

Використання класичної логіки при аналізі проблем штучного інтелекту довело неможливість її ефективного використання при дослідженні багатьох із цих проблем. Тому виникло

бажання перейти при дослідженні до неklasичних логік, які могли б допомогти в цьому напрямі. Останні 10–15 років виникають численні варіанти логічних побудов. Наприклад, при спробі побудови засобів верифікації програм були створені логіка Хоара, розділена логіка (separation logic), логіка пучків (bunched logic). Екстенціональна та інтенціональна логіка – при дослідженні природної мови, дескрипційна логіка – при аналізі знань. Відповідно змінюється і рівень інтелекту.

Інтелект третього рівня (3-інтелект) пов'язаний із вирішенням завдань у ПО, яка складається з різних світів (багатосвітовий простір). У кожному світі задаються свій простір, свої умови і специфікація, своя логіка. Але світи пов'язані між собою. Завдання потрібно вирішити в реальному світі, а для його вирішення використовують інформацію з різних світів, пов'язаних відношеннями з реальним світом. 3-інтелект переймається цим, використовуючи часткові рішення основного завдання, отримані в різних світах.

Чим вищий рівень інтелекту, тим складніше наводити приклади його використання, тому що суттєво складнішими стають задачі, які вирішуються на рівні цього інтелекту. Тим більше, що дуже часто у вирішенні складних задач беруть участь кілька спеціалістів, кожен з яких робить свій крок на загальному шляху, а у сукупності демонструють використання інтелекту високого рівня.

Таким прикладом може бути велика теорема Ферма, яку не вдавалося вирішити впродовж 350 років. Але, нарешті, виникла ідея пов'язати вирішення цієї проблеми з еквівалентною задачею, для якої відомий шлях її вирішення. В загальному вигляді для теореми Ферма було встановлено зв'язок алгебраїчного рівняння з теорією еліптичних кривих. Криву для рівняння

$$a^n + b^n = c^n \quad (*)$$

побудував Г. Фрей. Таким чином, від ПО – множини натуральних чисел та рівнянь для них, в якій побудовано рівняння (*) і які охоплюються теорією алгебраїчних чисел, переходимо до нової ПО₁ – алгебраїчної геометрії, в якій розглядають еліптичні криві. Еліптична крива Фрея має вигляд

$$y^2 + x(x - a^n)(x + b^n) = 0,$$

де a і b – цілі числа, та співставляється рівнянню (*). Тепер для доказу справедливості теореми Ферма, тобто відсутності рішення рівняння

(*) за умови $n > 2$, досить показати, що при $n > 2$ кривої Фрея не існує. Це і зробив сер Е.Уайт, створивши новий метод вирішення задач у математиці. І одночасно довівши частину гіпотези Таніями–Шимури–Вейля.

Інтелект четвертого рівня (4-інтелект) визначається не тільки специфікацією реального світу, а і його математичною структурою (топологією, геометрією, алгеброю, конструкціями, розмірністю просторів). Вирішуючи завдання, інтелект може вибирати і перебудовувати структуру основного простору, логіку міркувань у ньому, а вже потім вибирати спосіб моделювання цього світу і пошуку можливих рішень у ньому.

Цілком можливо, що доведення теореми Ферма, віднесене до 3-інтелекту, насправді є суттєво складнішим і стосується 4-інтелекту за безпосереднього доведення конкретних результатів. Але таке дослідження є безумовно складним – воно стосується інтелекту високого рівня. Тому це питання можна скоріше розглядати як *відкриту проблему* в напрямі інтелектуальної класифікації.

Інтелект n'ятого рівня (5-інтелект) – це властивість, що визначає можливість вирішення завдань у багатосвітових просторах, причому різні світи (предметні області) можуть мати свої власні математичні структури, свої логіки міркувань. Цей інтелект дає змогу об'єднати різні рішення між собою, поповнюючи методи створення моделей різних ПО новими підходами до їх створення.

Відкритою проблемою, пов'язаною з визначенням інтелекту, є подальше дослідження існування наступних можливих рівнів інтелекту, формування їхніх кордонів і напрямків можливих розширень.

Для порівняння різних рівнів інтелекту введемо між ними відношення впорядкованості. Хай маємо інтелекти двох рівнів: A_i – рівня i та B_j – рівня j , $i < j$. Будемо казати, що $A_i < B_j$, тобто інтелект A_i слабший за інтелект B_j , якщо знайдуться такі обмеження μ на інтелект B_j , що інтелект $B_j(\mu)$ вирішує в ПО ті самі задачі, які вирішує інтелект A_i . Тобто інтелект B_j може бути зведений до інтелекту A_i за рахунок додаткових обмежень на свої дії.

Вище були введені рівні інтелекту, які визначалися елементами множини $J = \{0, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 4, 5\}$. З кожним елементом i множини J можна пов'язати інтелект A_i рівня i (i -інтелект). Тоді справедливий такий результат.

Теорема. Множина інтелектів $A_i (i \in J)$ щодо множини J є лінійно впорядкованою множиною, в якій для кожної пари елементів $i < k$, які належать множині J , виконується відношення впорядкованості інтелектів $A_i < A_k$.

Висновки

Створення інтелектуальних систем визначається необхідністю надання таким системам двох основних рис. Перша – можливість моделювання середовища, в якому повинна діяти

така система. Друга – можливість вирішування задач, які постають перед цією системою в навколишньому середовищі. Друга можливість суттєво залежить від інтелектуальних якостей системи: чим вищий інтелектуальний рівень системи, тим складніші задачі вона може вирішувати. В роботі запропоновано вісім рівнів, з якими зіставляються відповідні інтелекти. Причому ці рівні впорядковані. Кожний наступний рівень має більші можливості, вирішує складніші задачі. Подальший розвиток рівнів інтелекту є відкритою проблемою.

Список літератури

1. Мейтус В. Ю. Введение в теорию интеллектуальных систем. Основные представления / В. Ю. Мейтус. – Palmarium academic publishing, Саарбрюкен, 2015. – 189 с.
2. Мейтус В. Ю. Знання в І-інтелектуальних системах / В. Ю. Мейтус. – System Analysis and Information Technologies, SAIT 2016, Kyiv, Ukraine, Proceedings. – ESC “IASA” NTUU “KPI”, 2016. – P. 229–230.
3. Мейтус В. Ю. Интеллектуализация систем управления предприятием / В. Ю. Мейтус // УСиМ. – 2016. – № 4. – С. 37–46.

V. Meytus

THE LEVELS OF INTELLIGENCE IN INTELLIGENT SYSTEMS

The concept of intelligent systems is closely linked with the concept of intelligence. This view shows that one would expect from a system that has the intelligence, what properties of the system should ensure that it has intelligence. Intelligence is seen as the ability of the system, operating in a particular subject area, to simulate the area and to solve it in the tasks assigned to the system. Consequently, the intelligent system is defined by inbuilt algorithms that provide the ability to model and ways to solve tasks.

Intelligence levels are determined by these algorithms, starting from 0-level at which the environment model is given, and there are several preset algorithms for solving tasks. In the subsequent levels the complexity of modeling algorithms increases, including the use of information obtained from the environment through the senses which the system is equipped with. At the same time, increases the complexity of the algorithms for solving the tasks. These algorithms are focused on emerging challenges. Together with the algorithms may change the logic and reasoning, moving from classical logic to one of the possible variants of non-classical logics.

The most used is the intelligence level 2. This is the quality of the subject which is based on interaction with one or more different incompletely specified subject areas that make up the environment. This quality is presented in a given subject or existing methods of analysis and synthesis of information obtained by means of interaction with the environment and is associated with one or more subject areas by modifying the appropriate models. This allows the subject virtual environment to conceptualize, organize, store, and modify the resulting conceptual idea (intellectual reflection) as their form of cognitive experience, which is used as the subject of its interaction model depending on the environment.

Eight consecutive increasingly complex levels of intelligence are proposed in the work. What should be the next level is an open problem.

Keywords: modeling, model, intelligence, intelligent.

Матеріал надійшов 07.11.2016