

ПОДАННЯ ЗНАНЬ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

У роботі подано визначення інтелекту, який розглядається, по-перше, як здатність моделювати предметну область навколишнього середовища та зберігати інформацію про нього у вигляді знань – когнітивного досвіду інтелектуальної системи – та, по-друге, як у цій моделі вирішувати завдання, що належать до предметної області. На основі цих рішень система будує свою поведінку. Запропоновано відповідну семантичну класифікацію знань, які можуть бути використані при побудові інтелекту. Це елементарні знання, знання-відношення, знання-пошук, знання-моделі, знання-типи, знання-переходи. Така класифікація знань необхідна з урахуванням використання їх як складових компонентів моделі, яка створюється інтелектуальною системою для зовнішнього середовища.

Ключові слова: інтелект, інтелектуальна система, знання, класифікація знань, семантика знання.

Створення систем, які наділені інтелектом, – інтелектуальних систем – є одним з найперспективніших напрямів розвитку сучасних комп'ютерних систем. Це пов'язано з тим, що кожен користувач комп'ютера бажав би, щоб система, з якою він працює, його розуміла, була б не тільки виконавцем, але й партнером у їхній спільній діяльності. Своєю чергою, це б створило нові відносини між користувачем та комп'ютером, підвищило їхню спільну ефективність.

Передовсім визначимо, що належить до інтелекту. Будемо вважати, що існує суб'єкт, що діє в предметній області (ПО), де ПО – це та частина зовнішнього середовища, з якою взаємодіє суб'єкт (система), тобто отримує з цієї частини деяку інформацію та реагує на цю інформацію відповідним чином.

Інтелект – це невід'ємна якість суб'єкта, орієнтованого на взаємодію з різними ПО, які складають зовнішнє середовище. Ця якість подається у вигляді попередньо заданих або сформованих самим суб'єктом методів аналізу інформації та синтезу знань, що пов'язуються з ПО, і алгоритмів пошуку рішень завдань у ПО. Інтелект дозволяє суб'єкту, що сприймає ПО, віртуально концептуалізувати її, зберігати і модифікувати отримане концептуальне уявлення (інтелектуальне відображення ПО) у вигляді моделі ПО як форми свого когнітивного досвіду. На основі цієї моделі суб'єкт організує свою поведінку, що визначається у вигляді композиції рішень завдань у ПО. Ці рішення суб'єкт знаходить за допомогою методів, які він зберігає у вигляді знань, або ж самостійно створює.

Формально цим суб'єктом може бути інтелектуальна система, яка визначається таким чином.

Інтелектуальна система (ІС) – це система, спрямована на досягнення певної мети в ПО (виконання заданої програми дій, вирішення проблем у заданій області), що виконує свої дії, спираючись на властивий їй інтелект. ІС безперервно моделює ПО і взаємодіє з ПО в процесі роботи системи на основі трансформації побудованої і модифікованої базової моделі ПО та алгоритмів пошуку рішень у моделі ПО. Сама трансформація здійснюється шляхом перетворення бази знань системи за рахунок дії алгоритмів аналізу ПО та синтезу знань у вигляді додаткових або змінених структур базової моделі ПО. Ця трансформація передбачає підвищення адекватності та розширення можливостей базової моделі з тим, щоб вона точніше відповідала реальним умовам ПО, а ІС ефективніше вирішувала поставлені перед нею завдання.

Поняття «знання» є одним з основних понять, на яких базується інтелект. Саме знання лежать в основі побудови моделі ПО, а отже, алгоритми аналізу інформації та синтезу знань, що належать до зовнішнього оточення інтелектуальної системи, тим чи іншим способом пов'язані з використанням і перетворенням знань про це оточення. Як зазначив Ф. Кулаков: «Проблема подання знань є тим ключовим пунктом, через який проходять шляхи до досягнення успіху, мабуть, у всіх напрямках досліджень зі штучного інтелекту» [3].

Найсуттєвіша характеристика знань – це те, що знання задають собою форму подання як окремих структурних елементів, так і складових

частин моделі ПО в цілому, враховуючи рівень уявлень ПО. Як *знання* будемо розглядати сукупність фактів, тверджень (одне або одночасно кілька), форм, уявлень, схем, моделей, які задають об'єкти ПО, образи в ПО, структурні зв'язки (залежності) між об'єктами та образами, геометрію ПО. Знання можуть бути доведені, виведені, підтверджені як факти або висновки в цій області в процесі її вивчення і дослідження.

Як із набору блоків можна побудувати хмарочос, так і набір знань про ПО можна перетворити в деяку модель усєї області або її частини, відбиваючи особливості і властивості цієї моделі, які вже містяться в зібраних знаннях. А та інформація, яка прямо відсутня в наявних знаннях, але необхідна для вирішення завдань, або виводиться з них, або формується із зовнішнього оточення в процесі роботи алгоритмів аналізу інформації та синтезу знань, що пов'язуються з інтелектом. Тому знання розглядаються як спосіб і засіб подання структури ПО.

Форма подання знань залежить від обраної схеми, що відображає вид представленого в області матеріалу або його зміст. Ще Джой Пол Гілфорд запропонував розглядати середовище у вигляді трьох уявлень: «Зміст може бути подано у вигляді зображень, символів або бути семантичним змістом» [5]. Іноді додається ще й «соціальне уявлення» [1]. Відповідно до цього і знання про предметну область можуть представлятися в одній з цих форм або в деякій їх комбінації, наприклад, у знання об'єднуються семантичне подання й образи. Сьогодні така форма відома у вигляді коміксів, що здобули популярність у Старому і Новому світі. Суміш семантичного та символічного уявлення широко застосовується в математичних текстах.

Але тоді виникають *три базові проблеми* побудови ІС. *Перша* – як задати знання, щоб вони як деяка цілісна структура являли собою той чи інший складовий елемент ПО. *Друга проблема*: в якому вигляді повинні бути представлені знання, щоб вони були доступні і зрозумілі людині, з якою взаємодіє інтелектуальна система; яка природна або формальна мова має використовуватися для запису знань, щоб знання легко могли вводитися в систему і виводитися з неї, формувати образи, ситуації, пов'язуватися між собою в більш загальні знання. І *третья проблема*: як із наявних знань відтворити, побудувати модель ПО для того, щоб сформувати основу для вирішення завдань у ПО.

Вирішення першої проблеми залежить від виду ПО, для якої будеться система. Якщо ця область є частиною або деякою модифікацією

навколишнього світу чи складається з об'єднання таких частин, то для задання знань про неї можна використовувати ту мовну чи графічну форму представлення знань, яку люди вже використовують у цьому світі останні кілька тисяч років.

Один із варіантів вирішення першої проблеми може бути отриманий на основі логічних досліджень. Так, Хрістоф Зігварт зазначав, що в основі уявлень суб'єкта про довкілля лежать поняття: «Весь матеріал людських уявлень набуває форми понять, завдяки цьому ті поняття, які можуть слугувати для вираження нашого пізнання, виявляються для всього готовими або, у всякому разі, вони можуть бути правильно відновлені з тих елементів, які вже зафіксовані в поняттях» [2]. Ці поняття пов'язуються між собою у вигляді суджень, що визначаються відповідними зв'язками. Крім суджень, поняття можуть пов'язуватися в деякі загальні уявлення про навколишній світ, які розглядаються як деяка цілісна структура, що існує в цьому світі. Це образи. З понять та образів можна будувати ситуації і сценарії, що відображають динаміку процесів, що виконуються в ПО.

Для вирішення другої проблеми найпопулярнішим підходом є побудова і використання формальної мови, що відображає особливості ПО. Цей підхід підкріплений багатьма дослідженнями з формальних мов, які виникли після використання мов як засобів спілкування з комп'ютерами.

Мови математики, логіки, філософії, фізики, хімії, інформатики, біології та інших наук, а сумарно – вербальне уявлення, успішно застосовуються для формулювання знань для різних ПО. Одночасно представлені в цій формі знання є інформацією про навколишній світ для людей, а нині і для інтелектуальних систем.

Якраз мова є тією основою, на якій побудовані стосунки і спілкування людей у людському суспільстві – соціальна мова, і яка лежить в основі обміну інформацією між людьми – інформаційна мова. Вміння знайти спільну мову є одним з основних правил людського спілкування. В основу цього покладено приведення сторін, які спілкуються між собою, до взаємного сприйняття світу, хоча в різних людей зазвичай існують різні моделі цього світу.

Тут слід зауважити, що така спільна мова іноді відіграє і негативну роль, оскільки може використовуватися для спотворення реального світу. На цьому побудована пропаганда відсутніх або помилкових цінностей, яка є складовою частиною інформаційних спотворень та

інформаційних воєн. У цих умовах фальсифіковані знання трансформуються в нав'язану неправдиву картину світу, а вже з неї, наприклад, у таку протестну соціальну поведінку, як конфлікти, війни, зіткнення, революції, у разі існування істотних відмінностей між реальним і пропагованим світом і прагнення змінити ці відмінності.

Поряд із соціальною та інформаційною функціями кожна мова виконує відображальну функцію, задаючи мовне уявлення ПО у вигляді думок, ідей, знань, образів, ситуацій, картин, сценаріїв. Саме ця, глибинна, функція мови дозволила людині будувати ефективні моделі навколишнього світу, зводячи воедино різні складові ПО. Будь-яка інформація про предмети, образи й ситуації, що надходить ззовні, може характеризуватися з різних боків, мати різні ознаки, залежати від контексту, емоцій, почуттів і настроїв, властивих людині. Ця інформація зберігається у вигляді багаторівневої структури, причому з часом ця структура може поповнюватися і розвиватися залежно від змін ПО. При побудові моделі ПО, що використовує цю інформацію, немає потреби розгортати в моделі всю структуру. Найчастіше достатньо деяких загальних характеристик, що формують верхні поверхи загальної структури, а також вказівки на можливість заміни окремих елементів їх структурним поданням. І тільки в окремих випадках доводиться йти в більш далекі ієрархічні рівні.

Створюючи поняття для позначення і характеристики зовнішньої інформації, людина стискає інформацію про навколишнє середовище та явища, замінюючи безліч пов'язаних понять одним словом. При цьому вона збільшувала за рахунок нових понять кількість одночасно розглянутих об'єктів, але зменшувала їхню внутрішню деталізацію. Це дало змогу в умовах фізіологічних обмежень нервової системи будувати моделі, що адекватно представляють навколишній світ. Тому іноді знання визначають як суб'єктивний образ реальності у формі понять та уявлень, що їх пов'язують. А для формулювання знань як форми подання навколишнього світу використовують одну з природних мов, відомих суб'єктові.

При цьому виникають природні недоліки мови. Проявляється її неповнота, неточність, неясність, неоднозначність, оскільки з поняттями зазвичай пов'язані тільки верхні рівні визначення відповідного об'єкта, які можуть збігатися або бути дуже близькими для різних об'єктів і ситуацій. Не кажучи вже про те, що в мовних конструкціях може використовуватися різний

контекст і дискурс, які неявно входять у використовувані поняття. Одні й ті ж слова можуть мати безліч відтінків і значень, які по-різному уявляють розглянуту ПО. Таке уявлення іноді доповнюється особливими емоціями, відтінками й акцентами, які в сукупності змінюють смислове значення мовних висловів. Такі схеми часто використовуються в анекдотах.

Мовне уявлення знань тісно пов'язане з їхнім спільним завданням для будь-якої ПО. Передовсім відзначимо, що знання здебільшого не повністю визначають ПО. У тих випадках, коли ПО від початку має формальний характер, наприклад, у фізиці чи математиці, поняття, що використовується в такій області, має точне визначення, отримане за допомогою чітких правил із вихідних аксіом. Але в інших випадках введене поняття зберігає вихідну нечіткість і може інтерпретуватися по-різному. Аксіоми можуть виконуватися тільки для частини ПО, як, наприклад, відома аксіома про паралельність прямих у геометрії. Не кажучи вже про те, що окремі елементи або частини ПО можуть виявитися не представленими в системі знань, яка пов'язується з цією областю. І найчастіше знання навіть у разі використання формальних систем, наприклад, у вигляді фізичних або математичних теорій або мов програмування, доповнюються необхідними твердженнями або коментарями в природній мові, іноді формалізованими за рахунок особливої термінології. Ці доповнення задають визначення, твердження, теореми або ілюструються формальними виразами, деякими прикладами, які допомагають людині зрозуміти сенс формальних виразів. Такі доповнення є формою подання знань, орієнтованою на загальнолюдське розуміння. Вони дають змогу оформити розуміння на рівні внутрішніх моделей, сформованих людиною для сприйняття навколишнього середовища.

Вирішення третьої проблеми – відтворення уявлення ПО із сукупності знань про неї – визначається можливістю об'єднання знань про ПО в рамках єдиної моделі. Для будь-якої ПО загальна схема знань визначається таким чином: виходимо з того, що будь-яку ПО можна моделювати як деякий простір. За припущенням, у цьому просторі його елементи мають певні властивості і залежні між собою. Ці властивості і залежності повинні відображатися в системі знань про цю область. Базова множина системи знань дає загальну характеристику ПО. З базової множини виводяться нові знання, які визначаються зв'язуванням між собою різних елементів ПО, а в ході взаємодії суб'єкта з ПО збирається

нова інформація про ПО. Сама модель будується послідовно таким чином.

Основою для задання будь-яких знань слугують:

- сукупність властивостей, як одержуваних суб'єктом (системою) за допомогою органів сприйняття або відповідного обладнання із зовнішнього оточення, так і сформованих у вигляді логічних або абстрактних уявлень з відомих даних;

- множина понять як характеристика наборів властивостей, що розглядаються як єдине ціле; разом з поняттям задається деяка іменована область можливої зміни властивостей, що включаються в поняття як його ознака;

- набір характеристик ПО, що розглядаються як базис для задання відносин, що зв'язують елементи ПО;

- шаблони конструкцій, на основі яких формуються вирази, твердження, схеми, образи, форми, пропозиції, моделі, що входять у визначення знань;

- мова, в якій визначаються всі елементи, структури, відносини, що використовуються при заданні знань, й об'єднання знань між собою.

Застосовуючи ці складові, можна побудувати всю сукупність знань, необхідних для задання когнітивного досвіду, що характеризує розглянуту ПО. Сюди відносяться, по-перше, **елементарні знання** – як характеристики окремих точок або областей розглянутого простору. Ці знання, які подаються у вигляді понять, можуть визначати індивідуальні елементи, що входять у загальний простір, спільні елементи або класи таких елементів. Кожен елемент подається у вигляді скінченного набору окремих визначених характеристик, що називаються ознаками. Формально під поняттям розуміється ім'я набору взаємопов'язаних ознак, які приписані конкретному елементу простору, разом з допустимою областю їх зміни в межах цього поняття.

По-друге, **знання-відношення**, що визначають способи об'єднання елементарних знань у деякі конструкції, що відповідають зв'язкам і структурам елементів, існуючим у ПО. У результаті виникають структури знань, що визначають окремі частини ПО і зв'язки між окремими елементарними знаннями. Структури знань визначають можливість переходу з одних точок простору, що пов'язуються з ПО, в інші точки в ході вирішення завдань. Композиція цих завдань задає поведінку суб'єкта в ПО. Знання-відношення дають змогу будувати різноманітні структури знань, охоплюючи структурами різні елементи і частини ПО. Окремим випадком

знань-відношень є знання, що дають можливість будувати з елементарних знань структури знання, пов'язані з визначенням більш складних елементів простору, шляхом об'єднання елементарних знань у єдиному складному **компаративному знанні**.

Деякі композитні знання розглядаються як єдина сутність. Вони отримують своє ім'я і зберігаються у вигляді єдиного цілого, що має свій тип і називається образом. **Образ** – це організована сукупність понять і відношень, що їх пов'язують у цій ПО. Він розглядається як деяка єдина сутність, реалізована або можлива в цій ПО. Образ є більш складним формуванням у порівнянні з елементарними знаннями і визначається **принципом структурного ускладнення** – переходом від елементарних понять і відношень до структурних компонент ПО. Образ є цілісною структурою, причому вплив і зміна одного елемента образу зазвичай призводить до зміни інших елементів, пов'язаних в образі між собою.

З елементарних знань і образів за допомогою відношень конструюються **ситуації**, які використовуються для опису смислових конструкцій, які динамічно формуються, діють у єдиній обстановці і пов'язані між собою в основному просторі. При цьому вони допустимі в системі знань для заданої ПО. Окремим випадком ситуації є **сценарій**, що подає опис ситуації, розгорнутий у часі.

Перехід до структур знань зберігає внутрішні залежності (геометрію), що існують у ПО. Своєю чергою, ці різноманітні внутрішні закономірності, зв'язки, взаємодії, дають змогу більш точно уявити в знаннях і в моделі розглянуту область з її внутрішньою структурою.

По-третє, **знання-моделі**, які використовуються як складові елементи моделювання ПО. Модель – це нова якість, яка дозволяє перейти від окремих понять і зв'язків між ними до деякого цілісного взаємопов'язаного подання через елементи ПО та їхню взаємодію. У цьому поданні зберігається динаміка змін елементів ПО під впливом інших елементів.

По-четверте, **знання-типи**, які об'єднують структури знань і зіставні з ними типи і структури типів, пов'язаних зі знаннями. Ці знання відбивають розбиття ПО на верстви, класи, типи, що утворюють ієрархію типів, не обов'язково лінійну. Ці знання доповнюються аксіомами згортання, що пов'язують між собою типи різних рівнів.

По-п'яте, **знання-пошук**, що визначають можливість вибору різних структур і, відповідно, шляхів переходу від одних областей

простору до інших. Це знання того, як потрібно обирати необхідні структури знань для вирішення конкретних завдань. Знання-пошук – це накопичений і збережений досвід способів і варіантів вирішення завдань, пов'язаних з цією ПО. Наприклад, у математиці вони можуть виражатися у вигляді формул, лем і теорем, гіпотез і невирішених проблем. Знання-пошук задаються у вигляді перетворення вихідної області, до якого додано деяку оцінку застосування цього перетворення в заданих умовах. Ця оцінка звичайно пов'язана з можливістю наближення за якимись показниками до шуканого результату.

Знання-пошук також структуруються. Поряд з оцінкою допустимих перетворень елементарних компонентів до цих знань належать і *плани*, що складаються із структур, що включають можливі та бажані переходи від одних елементів ПО до інших. Плани включають збережені варіанти вирішення для класів завдань у ПО. Застосовувані при вирішенні завдань плани подають гіпотезу можливого рішення, яка для кожного завдання вимагає додаткової перевірки. Але в разі успіху обраний план є цілісною основою для успішного вирішення завдання.

По-шосте, можна ввести особливий вид знань – **знання-переходи**, що визначають правила переходу від одних знань до інших [4]. Цей вид знань може використовуватися, зокрема, і при взаємодії системи з різними областями або частинами ПО, що мають різну структуру. Перехід дозволяє переносити знання з однієї області в іншу, створюючи нові методи вирішення завдань, розширюючи опис однієї ПО на основі опису іншої або порівнюючи знання про різні частини ПО.

Із кожним з варіантів знань насправді пов'язані свої проблеми. Так, для елементарних знань їх завдання не завжди відповідає елементу або образу в ПО. Цілком можливі помилки в заданні подань для елементів або образів, не кажучи вже про істинність такого знання. Так, наприклад, у шаховій партії оцінка позиції – знання про позиції, що розглядається як образ у ПО, – може бути вельми суб'єктивним і залежати від рівня гравця. Відповідно, ці неточності, неповнота уявлення переносяться на ті структури, які формуються з використанням

відношень у ПО. Тоді виникає неоднозначність моделей ПО, яка ускладнює вирішення завдань і формування поведінки суб'єкта. Щоб уникнути хоча б частково цих складнощів, іноді обирають сукупність тверджень, які вважаються істиною в ПО, і розглядають їх як деяку теорію. А нові знання намагаються узгодити з цією теорією. Такий підхід дає змогу на деякий час уникнути проблем, пов'язаних з неточністю окремих знань. Майже 1500 років проіснувала геоцентрична система Птолемея, доки її не витіснила теорія Галілея.

Окремі проблеми пов'язані із знаннями-пошуком, які оперують з великими обсягами інформації. При цьому інформація може виявитися одночасно неточною, очікуваною, ймовірною, гіпотетичною. Уже нині математики стикаються з результатами, які доводяться за умови справедливості ще не доведених гіпотез.

Відзначимо, що побудова системи знань, які у всій повноті відображають довільну ПО, є складним і громіздким завданням навіть тоді, коли ПО однорідна за своєю сутністю. Тому з такими труднощами проходить навчання предметам у сучасній школі, в ході якого знання про різні ПО повинні бути засвоєні учнями. І це при тому, що вся інформація про ці області практично відома (або передбачається відомою). Часто учням не вдається опанувати всю сучасну сукупність знань про той чи інший предмет. Тут великий ресурс масового навчання полягає в переході до інтелектуальних систем навчання, заснованих на застосуванні комп'ютерів і орієнтованих на індивідуальний підхід до засвоєння знань, що визначають ПО, яка пов'язана з предметом навчання.

Як висновок зазначимо, що запропонований розгляд знань дає приклад організації знань у рамках деякої відкритої системи, з можливістю застосування методів дослідження загальної теорії до цієї системи. Це зауваження підкреслює існування відповідної методології вивчення елементів майбутньої інтелектуальної системи. Знання збираються в базу знань, яка являє собою різнотипну багаторівневу конструкцію, в якій поєднуються підсистеми різного призначення, орієнтовані на досягнення основної мети – створення бази для моделювання ПО.

Список літератури

1. Величковский Б. М. Когнитивная наука. Основы психологии познания : в 2 т. / Б. М. Величковский. – М. : Смисл : Академия, 2006.
2. Зигварт Х. Логика. Том 1 : учение о суждении, понятия и выводе / Христоф Зигварт ; [пер. с нем.]. – М. : Территория будущего, 2008. – 464 с.
3. Минский М. Фреймы для представления знаний / М. Минский, Ф. Кулаков ; [пер. с англ.]. – М. : Мир, 1979. – 151 с.
4. Щедровицкий Г. П. Процессы и структуры в мышлении : курс лекций / Г. П. Щедровицкий. – М. : Путь, 2003. – 320 с.
5. Guilford J. P. The structure of intellect / J. P. Guilford // Psychol. Bull. – 1956. – Vol. 5. – P. 267–293.

V. Meytus

KNOWLEDGE REPRESENTATION IN INTELLECTUAL SYSTEMS

The paper defines the intelligence in question. First as the ability to simulate a domain environment – subject area, and store information about it in terms of knowledge – experience cognitive of intellectual system and, secondly, as in this model to solve problems that connect to subject area. System behavior based on these decisions. Semantics on proposed classification of knowledge can be used in the construction of intelligence. These are the basic knowledge and knowledge – relations, searching, models, types, crossings. This classification knowledge required in view of their use as components of the model that created the intellectual engine for the environment.

Keywords: intelligence, intelligent system, knowledge, classification of knowledge, semantics knowledge.

Матеріал надійшов 20.06.2015

УДК 004.43.457:519.226

Глибовець А. М., Паращин О. О.

ПОБУДОВА БАЗИ ЗНАНЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АГЕНТА НА ОСНОВІ МЕРЕЖІ БАЙЄСА

У роботі досліджено особливості використання мультиагентних систем і міркувань на основі правил (Rule-based Reasoning, RBR) для підтримки процесу прийняття рішень з представленням даних предметної області у вигляді мережі Байєса. Демонструється розгортання мультиагентної системи з метою обґрунтування використання програмного середовища такого типу для підтримки ефективного процесу прийняття рішень.

Ключові слова: мультиагентні системи, міркування на основі правил, мережа Байєса.

Вступ

Наявність невизначеності в адекватному представленні багатьох предметних областей сучасного світу мотивує пошук нових методів штучного інтелекту для вирішення проблеми складності обробки і підтримки ефективного процесу прийняття рішень. Природним убачається тут застосування байєсових мереж (БМ), які знаходять широке застосування при

прогнозуванні, класифікації та керуванні процесами різної природи [1]. Серед різноманіття підходів зосередимося на використанні мультиагентних систем (Multi-Agent Systems, MAS) [2–4] і міркувань на основі правил (Rule-based Reasoning, RBR) [5].

Наразі немає у вільному доступі MAS, яка б змогла підтримати процес прийняття рішень. У статті опишемо розроблений прототип такої мультиагентної системи для подання даних