

МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АГЕНТА НА ОСНОВІ ОНТОЛОГІЧНОГО ПІДХОДУ

An intellectual functioning of the agent as a rational behavior, which is an effort to get the maximum possible benefit from its activities, is considered. For this aim an intelligent agent is searching for new alternatives (methods, algorithms, etc.), use of which gives better results comparing with the reference approach. For such a search the agent uses domain ontology within which it operates.

Розглянуто функціонування інтелектуального агента як раціональну поведінку, яка полягає в намаганні отримати якомога максимальний вигаш від своєї діяльності. Для цього інтелектуальний агент здійснює пошук нових альтернатив (методів, алгоритмів тощо), використання яких дає кращі результати порівняно з еталонним підходом. Для такого пошуку використовуються онтології проблемних областей, в межах яких функціонує агент.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Онтологічний інжиніринг (Ontological Engineering – OE) – один з напрямів інженерії знань, метою якого є розроблення методів, моделей, технологій для подання і опрацювання знань у гетерогенних розподілених інформаційних просторах типу Інтернет. De facto підходом, що досягає поставлену мету, став онтологічний підхід, який дає змогу в експліцитному вигляді подавати семантичну модель проблемної області (ПО), яка досліджується, у вигляді ієрархії концептів, релевантних до даної ПО і множини відношень, які поєднують визначені концепти і терміни [6, 7].

У наш час OE став самостійною галуззю досліджень, у межах якої розглядається множина всіх видів діяльності, спрямована на розроблення методів і методологій побудови онтологій різного спрямування, стандартизації процесів розроблення онтологій, життєвого циклу онтологій, формальних мов для подання знань в онтологіях, а також програмно-технічних засобів для побудови, редагування і підтримки функціонування онтологій в онтологічних системах. Онтологічний підхід дає можливість ефективно розв'язувати у web-просторі такі задачі, як семантична анотація web-ресурсів, змістовний пошук, інтеграції, а також повторне спільне використання або розподіл знань.

Для побудови онтологій, які адекватно описують семантичні моделі ПО, необхідно передусім розв'язувати задачі видобування знань з різних джерел для виявлення множини концептів і встановлення ієрархії на цій множині. Оскільки значна частина інформації міститься в природно-мовних текстах (ПМТ), перспективним є видобування знань з текстової інформації, а також інтелектуальне опрацювання спеціально підібраних колекцій ПМТ.

Як відомо, інтелектуальні системи розвиваються у двох напрямках: на основі виведення за прецедентами та на основі побудови плану діяльності. Використання онтологічного підходу для першого класу інтелектуальних систем ми розглядали у праці [5]. У роботі досліджується використання онтологій для класу задач, для яких будується план діяльності. А саме розглядається модель отримання деяким агентом максимального прибутку завдяки раціональному розподілу наявних у нього ресурсів під час реалізації плану діяльності та на основі використання ним новітніх технологій. Вважаємо, що опис таких технологій можна знайти в мережі Інтернет, а агент здійснює інтелектуальне опрацювання текстів, що містять такий опис на основі запитів та з використанням онтологій, відповідних ПО. Також результати запити використовуються в процесі навчання онтології (Ontology Learning), коли необхідно покращити, розширити, модифікувати існуючу модель онтології.

Опис поведінки інтелектуального агента. Вважаємо, що деякий інтелектуальний агент (ІА) володіє деяким ресурсом (наприклад, нафто- чи газопровід, готельний комплекс тощо). Перед ІА стоїть задача модернізації цього ресурсу (устаткування) з метою продовження його експлуатації на певний період. Очевидно, що таке продовження експлуатації дає прибуток його власникові, а отже, ІА отримує від цього вигоду. Очевидно, що тоді метою ІА є модернізація цього устаткування на якомога довший період з найменшими на це затратами. Крім того, існує межа Ω (обмеження на ресурс), до якої ІА (власник) готовий вкласти ресурсні затрати у модернізацію такого устаткування (через обмеженість коштів або невиконаність, оскільки вигідніше купити нове устаткування).

Нехай устаткування U перебуває у деякому стані $St(0)$, назовемо його початковим станом або поточною ситуацією. Модернізація усього устаткування U передбачає модернізацію його складових U_1, U_2, \dots, U_m . Ієрархія складових устаткування та їх опис (призначення) міститься у відповідній онтології, використовуючи зв'язки IS-A, PART-OF, CONSIST-OF та ін. Загальну задачу (модернізація устаткування в цілому) позначимо P . Вважатимемо, що модернізація кожної складової U_i є окремою задачею P_i , тому загальну задачу модернізації всього устаткування схематично зображатимемо окремими процесами, які можуть бути як паралельними, так і послідовними (див. рис. 1). Так задача модернізації готельного комплексу розбивається на ряд підзадач: модернізація будівлі, модернізація прилеглої території, модернізація подвір'я тощо. Кожна, відповідно, поділяється на підзадачі і т.д., тим самим ми отримуємо ієрархію підзадач, тобто декомпозицію загальної задачі.

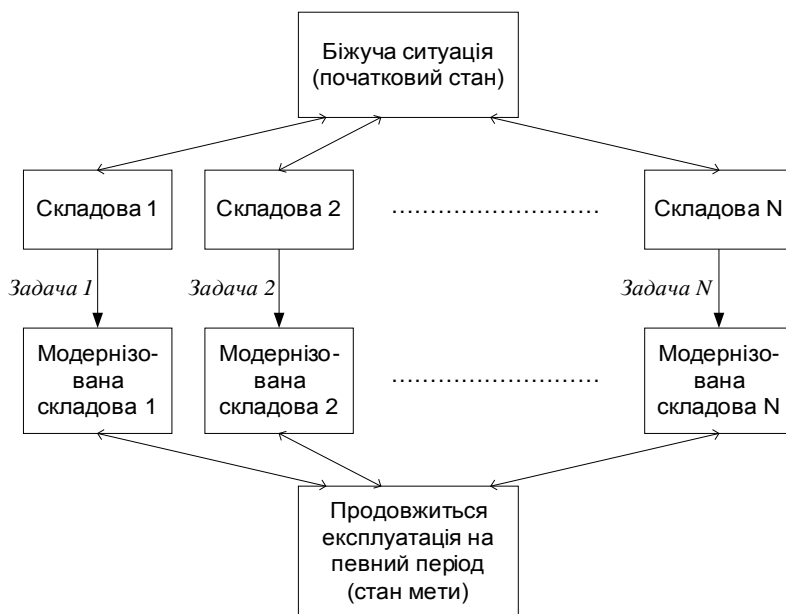


Рис. 1. Декомпозиція загальної задачі.

Якщо U' – устаткування після модернізації, то загальна задача набуде такого вигляду: $P : U \rightarrow U'$, а окрема підзадача: $P_i : U_i \rightarrow U'_i$.

Розглянемо окрему підзадачу P_i детальніше. Для переходу із біжучого стану складової U_i в новий модернізований стан U'_i власник може використати одну із N_i альтернатив a_{ij} , де $j \in \{1, 2, \dots, N_i\}$ (див. рис. 2).

Використання альтернативи a_{ij} для розв'язування задачі P_i визначається витратами ресурсів Q_{ij} , які необхідно затратити на модернізацію i -ї складової U_i та

періодом експлуатації r_{ij} модернізованої складової U'_i . Отримати ці оцінки можна з онтології ПО, заздалегідь здійснивши інтелектуальне опрацювання природномовних текстів з відповідної тематики. Таке інтелектуальне опрацювання є складною задачею і потребує окремих робіт з опису методів її розв'язування, тому в цій роботі ця задача не розглядається. Лише зазначимо, що деякі методи та підходи до її розв'язання описані нами в роботах [2–4].

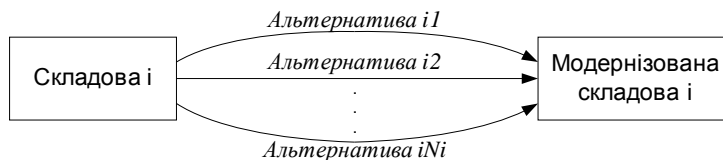


Рис. 2. Вигляд задачі модернізації окремої складової/

Формальна модель поведінки інтелектуального агента. Нехай для модернізації i -ї складової U_i ми використали альтернативу a_{ik} . Тоді загальні витрати для модернізації усього устаткування обчислюються як сума відповідних витрат для модернізації кожної складової. Загальні витрати позначимо Q , а окремих складових з відповідними індексами. Тоді

$$Q = \sum_{i=1}^N Q_{ik} . \quad (1)$$

А гарантований період експлуатації модернізованого устаткування U' буде становити

$$r = \min_i r_{ik} . \quad (2)$$

За критерій вибору альтернатив візьмемо припущення, що необхідно устаткування модернізувати на якомога довший період з найменшими на це затратами, саме в цьому аспекті вважатимемо суть раціональної поведінки агента-власника устаткування. Якщо у системі координат зобразити період та ресурси, необхідні на модернізацію, то критерій задовольняється, коли кут φ найменший (див. рис. 3). Крапками на рис. 3 зображено місце альтернатив у системі координат (період-ресурс).

Оскільки $\varphi = \arctg \frac{Q}{r}$ і функція \arctg є монотонно зростаючою у першій чверті, то функція мети матиме такий вигляд:

$$f = \frac{Q}{r} \rightarrow \min . \quad (3)$$

Додаючи обмеження $Q \leq \Omega$, отримаємо таку модель задачі діяльності ІА:

$$\begin{cases} f = \frac{Q}{r} \rightarrow \min \\ Q \leq \Omega \end{cases} . \quad (4)$$

Очевидно, що існують складові, для яких період експлуатації після модернізації нескінченний. Такі складові без зайвих обмежень вкладаються у модель задачі (4). Однак реальна модель задачі є складнішою, ніж (4), оскільки різні складові мають різний вплив на устаткування (залежно від їх важливості). Так модернізація житлової будівлі готельного комплексу є важливішою, ніж модернізація підвір'я цього комплексу. Тріщина у фундаменті веде до непридатності будівлі загалом, в той час як обвал стелі в окремому номері готелю веде до непридатнос-

ті функціонування лише цього номера. Тому ми вважаємо за доцільне поділити всі підзадачі модернізації на три великі групи згідно з важливістю впливу складових, що модернізуються. На наш погляд, існують такі впливи:

- 1) значний вплив складової (вихід з ладу такої складової веде до непрацездатності устаткування в цілому);
- 2) одна складова має значний вплив на працездатність іншої складової;
- 3) незначний вплив складової на устаткування.

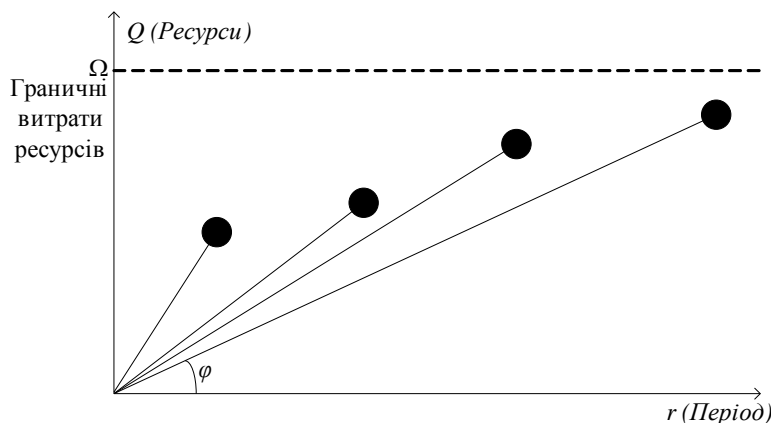


Рис. 3. Оцінка якості альтернатив.

Всі ці впливи відображаються у відповідній онтології устаткування, де задається ієрархія складових та їх визначення. На основі ієрархії складових будуємо SWRL правила відносно впливу та важливості складових. Виходячи з такого поділу, ми пропонуємо враховувати складової третьої групи у формулі (2), однак не враховувати їх у (3), оскільки ми завжди зможемо повторно модернізувати цю складову.

Щоб різниця між періодами для різних складових не була великою, пропонуємо вибирати ту складову із значним впливом, для якої здійснюється модернізація на найменший період. Інші рішення відносно вибору альтернатив здійснюємо відносно цього періоду.

Для кожної i -ї складової будуємо N_i SWRL правил щодо модернізації складової, де на виході правил маємо кількість ресурсів, необхідних на модернізацію, та період експлуатації після використання відповідної альтернативи. Правила отримуємо на основі аналізу природномовних текстів з використанням відповідної онтології.

Розв'язуємо задачу (4) методом динамічного програмування [1]. Знаходимо період, на який можемо здійснити модернізацію: $r = \min_i \max_j r_{ij}$ для складових 1-го та 2-го типу.

Задача динамічного програмування матиме такий вигляд: мінімізувати витрати ресурсів на модернізацію устаткування з обмеженням на період та на ресурси:

$$\begin{aligned}
 Q &= \sum_{i=1}^N Q_{ik} \rightarrow \min, \\
 r_{ik} &\geq r, \\
 Q &\leq \Omega.
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

Якщо задача (5) розв'язків не має, то зменшуємо період r на деяку дискретну величину δ : $r = r - \delta$ і повертаємося до задачі (5) і т.д., поки не отримаємо її розв'язок.

Приклад. Розглянемо приклад, у якому використовується лише одна складова: устаткування – труба.

Початковий стан: необроблена. Кінцевий стан (стан мети): оброблена.

Оскільки складова одна, то розглядається одна задача: обробка (див. рис. 4).

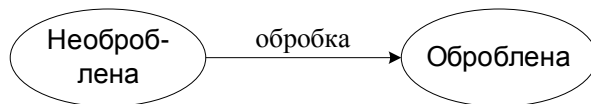


Рис. 4. Загальна задача модернізації труби.

Задача ділиться на три підзадачі (*підготовка, покриття, захист*), перша з яких ділиться ще на чотири підзадачі (*розкриття поверхні труби, зняття захисного покриття, знежирення, ґрунтування*), як показано на рис. 5. Для розв’язування кожної підзадачі використовують альтернативні рішення. Для підзадачі *зняття захисного покриття* можна використати одну із трьох альтернатив: механічне, хімічне, термічне. Вся ця інформація зберігається у відповідній онтології (онтологія ПО модернізації нафто- та газопроводів у цей час перебуває у процесі розробки в лабораторії системного аналізу науково-технічної інформації Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України).

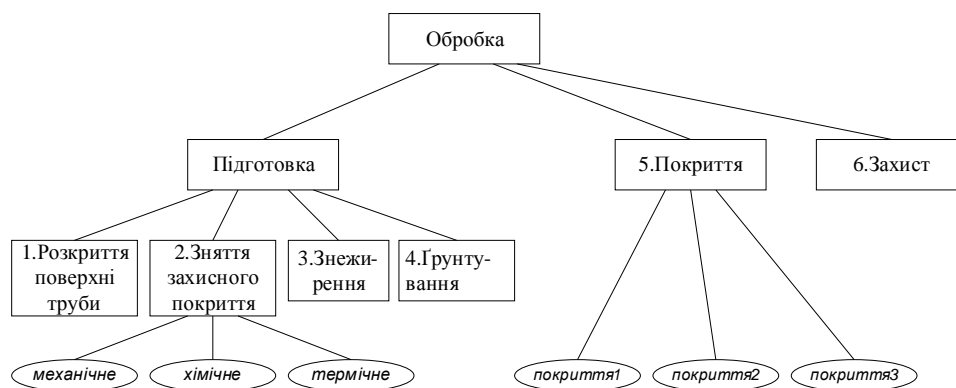


Рис. 5. Декомпозиція задачі *Обробка*.

Отже, загалом необхідно послідовно розв’язати шість підзадач P_1, P_2, \dots, P_6 .

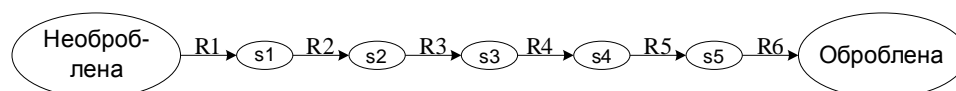


Рис. 6. Послідовність кроків розв’язування задачі модернізації труби.

Для кожної задачі необхідно вибрати метод розв’язку (альтернативу). Для модернізації труби використовується відома сьогодні технологія, яку назвемо еталон і позначимо $e \rightarrow (r, Q)$, тобто вона характеризується періодом та вартістю. Існують такі альтернативи: $a_1 \rightarrow (r_1, Q_1), \dots, a_n \rightarrow (r_n, Q_n)$.

Альтернатива a_i краща за еталон, якщо виконується нерівність

$$\frac{Q_i}{r_i} < \frac{Q}{r} \quad (6)$$

Отриманий вигравш від застосування альтернативи a_i становить $\phi(r, Q) - \phi(r_i, Q_i)$, де ϕ – функція вигравшу. Для знаходження такої альтернативи використовуємо інтелектуальну метапошукову систему (ІМПС). Задача ІМПС – пошук новітніх технологій у визначеній ПО. Ядром такої ІМПС є онтологія ПО [5].

Отже, діяльність інтелектуального (раціонального) агента (ІА) полягає у знаходженні нової кращої альтернативи за еталонну, використання якої зменшує затрати на модернізації устаткування та збільшує її період експлуатації з метою отримання максимального прибутку. Формально це запишемо у вигляді

$$IA: P \xrightarrow{O} a_i. \quad (7)$$

Крім того, для a_i має виконуватись нерівність (6). У формулі (7) буквою O позначено онтологію.

Функція виграшу ϕ має бути монотонно спадною відносно аргумента Q/r , тобто чим менше значення Q/r , тим більший виграш. Наприклад, функцію виграшу можна визначити як $\phi = \frac{C}{e^{Q/r}}$, де C – деяка константа, яка залежить від специфіки ПО.

Зауваження. Для визначення параметрів альтернатив (вартість модернізації та період експлуатації) використовуємо інтелектуальний пошук серед ПМТ. Тому вважаємо за доцільне запровадити в анотаціях до робіт, у яких відображені новий метод методика чи технологія, явний опис необхідних затрат на їх реалізацію та очікуваний ефект (виграш) від їх застосування.

ВИСНОВКИ

У роботі розглянуто використання онтологічного підходу до задачі максимізації отримання прибутку інтелектуальним агентом. З цією метою агент будує план своєї діяльності (здійснює декомпозицію задачі) та здійснює вибір методу серед множини альтернатив для розв'язування окремих підзадач. Вибір альтернативи здійснюється, застосовуючи онтологію ПО та контекстний пошук в мережі Інтернет. Побудовано модель такої задачі, яку можна розв'язати методом динамічного програмування.

1. Беллман Р. Динамическое программирование. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1960.
2. Даревич Р. Р., Досин Д. Г., Литвин В. В. Метод автоматичного визначення інформаційної ваги понять в онтології бази знань // Відбір та обробка інформації. – 2005. – Вип. 22(98). – С. 105–111.
3. Застосування інформаційних технологій для координації наукових досліджень / Р. Р. Даревич, Д. Г. Досин, В. В. Литвин, Л. С. Мельничок. – Львів: “СПОЛОМ”, 2008. – 240 с.
4. Оцінка подібності текстових документів на основі визначення інформаційної ваги елементів бази знань / Р. Р. Даревич, Д. Г. Досин, В. В. Литвин, З. Т. Назарчук // Искусственный интеллект. – Донецк. – 2006. – № 3. – С. 500–509.
5. Інтелектуальні системи, базовані на онтологіях / Д. Г. Досин, В. В. Литвин, Ю. В. Нікольський, В. В. Пасічник. – Львів: “Цивілізація”, 2009. – 414 с.
6. Gomez-Perez A., Fernandez-Lopez M., Corcho O. Ontological Engineering: with Examples from the areas of Knowledge Management, E-commerce and the Semantic Web. – Springer-Verlag London Limited, 2nd printing, 2004. – 403 p.
7. Feldman R., Sanger J. The Text Mining Handbook: Advanced Approaches in Analyzing Unstructured Data. – Cambridge University Press, 2007. – 410 p.