

12. Chvatal V. A greedy heuristic for the set covering problem / V. Chvatal // *Mathematics of Operations Research*. – 1979. – Vol. 4. – P. 233–235.
13. Feo T. A probabilistic heuristic for a computationally difficult set covering problem / T. Feo, M. G. C. Resende // *Operations Research Letters*. – 1989. – Vol. 8. – P. 67–71.
14. Haouari M. A probabilistic greedy search algorithm for combinatorial optimization with application to the set covering problem / M. Haouari, J. S. Chaouachi // *Journal of the Operational Research Society*. – 2002. – Vol. 53. – P. 792–799.
15. Jacobs L. Note: A local-search heuristic for large set-covering problems / L. Jacobs, M. Brusco // *Naval Research Logistics*. – 1995. – Vol. 42. – P. 1129–1140.
16. Lan G. An effective and simple heuristic for the set covering problem / G. Lan, G. W. DePuy, G. E. Whitehouse // *European Journal of Operational Research*. – 2007. – Vol. 176. – P. 1387–1403.
17. Ohlsson M. An efficient mean field approach to the set covering problem / M. Ohlsson, C. Peterson, B. Soderberg // *European Journal of Operational Research*. – 2001. – Vol. 133. – P. 583–595.
18. Vasko F. J. An efficient heuristic for large set covering problems / F. J. Vasko, G. R. Wilson // *Naval Research Logistics Quarterly*. – 1984. – Vol. 31. – P. 163–171.
19. Yelbay B. The Set Covering Problem Revisited: An Empirical Study of the Value of Dual Information [Electronic resource] / B. Yelbay, S. I. Birbil, K. Bulbul. – November 14, 2010. – Mode of access: http://www.optimization-online.org/DB_FILE/2010/11/2814.pdf. – Title from the screen.

V. Roschyn, D. Boyarchuk, V. Lyashko, P. Shylo

SOLVING SET COVERING PROBLEM BY GLOBAL EQUILIBRIUM SEARCH

Best known algorithms for solving the set covering problem were analyzed. A new algorithm based on the global equilibrium search method and iterative local search with adaptive iterative tuning is proposed and studied. The results of extensive computational experiments demonstrate the advantages of the proposed algorithm over best known algorithms.

Keywords: Set covering problem, global equilibrium search method, adaptive iterative tuning, computational experiment, efficiency of algorithm.

Матеріал надійшов 21.05.2014

УДК 004.896

Мейтис В. Ю.

СТВОРЕННЯ НАПІВІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ: ОСНОВНІ ПРОБЛЕМИ

У роботі розглянуто проблеми, пов'язані зі створенням напівінтелектуальних комп'ютерних систем. Основне завдання таких систем полягає в адаптації їхньої поведінки до навколишнього середовища, з яким вони взаємодіють. Для реалізації адаптації така система використовує закладені в ній алгоритми аналізу та синтезу (на відміну від інтелектуальних). Поведінка системи визначається в процесі рішення послідовності задач, пов'язаних з динамічно змінюваним зовнішнім середовищем. А інтелект проявляється у правильному розумінні і вирішенні цих задач з урахуванням можливих змін навколишнього оточення. Проблема створення напівінтелектуальних систем полягає в розробці методів відстеження змін в оточенні системи та обліку цих змін при формуванні її поведінки.

Ключові слова: комп'ютерні системи, інтелект, модель предметної області, напівінтелектуальні системи, технології.

Один з найважливіших напрямів використання комп'ютерів у сучасних умовах – це комп'ютеризація складних систем, у яких комп'ютерам відводяться суттєві завдання подання та обробки інформації, пов'язаної з роботою таких систем. Незалежно від того, яка сис-

тема розглядається – граєте ви в шахи або проектуєте складні пристрої, доводите математичні теореми чи будете систему управління, використання комп'ютерів завжди пов'язане з деякою предметною областю (ПО), у якій працює ця система.

У цій ПО для комп'ютера формулюється завдання для вирішення задач у вигляді пар з початкових положень, що визначають умову задачі, і очікуваного результату, який повинно отримати в процесі вирішення задачі. Результат також належить до цієї ПО. Якщо ПО подати у вигляді деякого простору, а початкові положення і результат у вигляді областей в цьому просторі, то процес вирішення задачі може відобразитися як шлях, що зв'яже дані області. Такий шлях складається з виконання послідовності дій, допустимих у розглянутій ПО. Відзначимо, що в деяких випадках існують узагальнені *задачі* в ПО, які задають набір можливих дій в ПО та залежать від вхідних параметрів. Вони допускають різні варіанти композицій дій та набувають вигляду конкретного завдання, коли цим параметрам приписуються значення з ПО. Прикладом можуть служити мовні процесори, створювані для підготовки інформаційних документів, або форми підготовки звітів.

Кожна комп'ютерна система подається у вигляді моделі ПО, заданої як організована сукупність задач (узагальнених задач), з яких будуються процеси, що функціонують у ПО. Ця модель, її архітектура і реалізація розробляються на підставі вимог замовника в ході створення такої системи. При цьому передбачається, що замовник може ясно уявити ПО у вигляді безлічі складових її об'єктів та існуючих між ними перетворень, а розробник системи повинен знайти їхнє адекватне уявлення в обчислювальній та комп'ютерній формі. Кожна задача, що входить в модель ПО, може розглядатися як процедурне знання, а вся модель як сукупність всіх знань про ПО. Знання представлено у вигляді комп'ютерних програм із заданим інтерфейсом, що забезпечує перехід від знань, які зв'язані з ПО, до розуміння їх людиною, на яку орієнтована створювана система. Мова програмування, якою записуються програми, – це мова подання процедурних знань. У цьому сенсі вона може розглядатися на рівні інших форм подання знань, скажімо семантичні мережі, фрейми, логічні моделі та ін. Перехід від запису знань у мові до їх внутрішнього подання в ПО здійснюється відповідним компілятором разом з операційною системою і технічним забезпеченням.

У цих умовах зазвичай передбачається, що ПО, для якої створюється система, не змінюється в часі, що склад її елементів і операцій один і той самий. Це – статична ПО. В іншому випадку, коли ПО динамічно перетворюється, отримує нові риси, то і систему, що діє в цій області, доводиться змінювати, коригувати, поповнювати, щоб вона відповідала змінам у ПО. Іншими словами, системі повинні бути додані властивості інтелектуальності, адаптації до зовнішніх умов на рівні вирішуваних задач.

Інтелект – це здатність системи створювати, розробляти, породжувати процеси узгодження спостережень і фактів, що надходять з ПО (процеси аналізу і синтезу інформації), із знаннями системи про середовище, і на підставі цих знань будувати нові моделі поведінки, адекватні змінній ПО. Під адекватністю поведінки розуміється здатність системи правильно вирішувати задачі, пов'язані з ПО, які виникають під час діяльності системи в змінній ПО, що, у свою чергу, припускає, що система адаптує свою поведінку до ПО, якщо така адаптація принципово допускається, виходячи з потенціалу системи.

Спостереження в систему надходять з ПО різними каналами – аудіо, візуальними, тактильними, інформаційними. Велике розмаїття фактів, що відносяться до різних напрямів виробничої, соціальної та культурної діяльності людини. Цьому розмаїттю відповідають різні прояви інтелекту, що відрізняються за своїм напрямом і застосуванням, але збігаються за характером процесів, що визначають ці напрями.

Адаптація системи до ПО виконується на різних рівнях. Це може бути зміна параметрів уже відомих перетворень, пов'язаних з ПО. Наприклад, коефіцієнтів рівняння, що характеризує той чи інший процес. Це може бути і коригування відомого відображення за спостереженнями ПО (наприклад, перехід від лінійного рівняння до нелінійного). Нарешті – включення нових об'єктів і перетворень на модель ПО або накладання додаткових умов на вирішувані задачі.

Іншими словами, в процесі спостереження та взаємодії з ПО система отримує про неї нові знання, які включаються до бази знань, що розглядається системою як модель ПО. Інтелектуальна система (ІС) використовує цю базу для формування своєї поведінки, що складається з послідовно розв'язуваних завдань.

Але за своєю ідеєю ІС мають бути досить складними. Вони повинні створювати необхідні алгоритми, а потім перевіряти їх відповідність

для вирішення задач в конкретному середовищі за умови існування різноманітної інформації. Проблему можна дещо спростити, якщо вважати за можливе обмежитися системами, для яких попередньо задані алгоритми аналізу та синтезу, необхідні для роботи ІС. Такі системи адаптуються до ПО, використовуючи закладені в них алгоритми обробки зовнішньої інформації. В цьому плані вони простіші від ІС, але зберігають багато рис, пов'язаних з інтелектуальністю. Назвемо їх напівінтелектуальними системами (НІС).

Загальна технологія створення НІС заснована на розробці таких напрямів побудови окремих компонент цієї системи, що реалізують складові процеси для забезпечення функціонування системи.

1. Розробка структури і засобів подання знань, на основі яких створюється і функціонує НІС. До знань належать поняття і зв'язки між ними, організовані в твердження про предметні області, способи з'єднання цих тверджень між собою, методи перетворення знань, що відображають можливі зв'язки елементів ПО.

2. Створення бази знань, яка поповнює, зберігає і узгоджує нові та існуючі знання системи, здійснює їх ефективний пошук і видачу та корегування у випадку необхідності.

3. На основі знань, що містяться в базі знань, будуються методи створення моделей ПО. Ці моделі лежать в основі формування поведінки системи.

4. Накопичення інформації про засоби формування знань і методи побудови моделей ПО. Ця інформація є основою для побудови процесів адаптації ІС до зовнішнього оточення.

Сформулюємо проблеми, пов'язані з розробкою інтелектуальних технологій, що потребують вирішення.

Перша група проблем визначається *вибором форми подання інформації*, з якою працює НІС. У цій формі задаються знання, пов'язані з розглянутою ПО, на ній засновані перетворення і отримання нових знань, тверджень, наслідків, на ній базуються механізми перетворень та висновків. Форма подання повинна відображати властивості ПО і максимально спрощувати роботу зі складовими областями, щоб забезпечити ефективне вирішення завдань.

Описом такої форми зазвичай є деяка мова, якою подається інформація, або спосіб, пристрій, механізм, за допомогою якого реалізуються окремі елементи мови подання інформації. Прикладами таких мов можуть служити використання:

– логічних числень, наприклад у вигляді мови вузького числення предикатів і класичної логіки;

– логічні числення, засновані на некласичних логіках, на імовірнісних моделях, на численнях, що включають поняття достовірності, нечіткості та інших варіантах, що не гарантують істинності висновків;

– різні варіанти нейронних мереж і пов'язаних з ними процедур;

– системи агентів як способу завдання та накопичення інформації про середовище, спрямовані на спільне вирішення заданих агенту завдань;

– семантичні мережі та концептуальні графи;

– способи, засновані на використанні онтологічних уявлень і залежностей, характерних для природних мов, та ін.

Друга група проблем – це *проблеми вибору* адекватних механізмів перетворень інформації, які відповідають відносинам та властивостям ПО. Прикладом таких механізмів залежно від форми завдання знань служать відомі в психології інтелектуальні функції або різноманітні методи отримання висновку для логічної форми завдання відношень.

Існування цих проблем визначається необхідністю переходу від відомої інформації, заданих знань, умов, тверджень, до нових тверджень про оточуюче середовище (наприклад, дедуктивні та індуктивні висновки).

Сюди ж відносяться і проблеми, пов'язані з плануванням порядку дій по перетворенню інформації. Йдеться про те, щоб, коли це можливо, здійснювати не випадковий перебір, а спрямовані дії з отримання необхідного результату. Або, якщо напрямок таких дій відсутній, сформулювати критерії, за якими виконується випадковий перебір (наприклад, принципи селекції в генетичних алгоритмах).

Третя група проблем – це *проблеми невизначеності*. Цей клас проблем пов'язаний з неповнотою і неточністю мови, в якому людина представляє знання і факти або засоби отримання достовірної інформації про ПО. Тому розробляються спеціальні мови, побудовані за аксіоматичним принципом, наприклад мова математики, в якій вирази мають точне значення. Але в цьому, ймовірно, і полягає складність освоєння математики для людини, орієнтованої у своєму мисленні на інформаційне сприйняття за аналогією, за асоціацією та образно.

Чим формальніша мова подання знань, тим менша невизначеність цих уявлень, але складніші механізми виведення в цій мові. Тому дуже

часто математик, виходячи з деяких загальних асоціацій і аналогій, спочатку формулює певний результат, а вже потім шукає формальне обґрунтування цього результату, його логічний доказ. І не завжди знаходить його самостійно, формулюючи передбачуваний результат як відкриту проблему і залучаючи до неї увагу усього співтовариства дослідників.

Проблеми невизначеності якраз пов'язані з пошуком методів, що дозволяють знаходити неформальні результати, спираючись на механізми, що враховують зв'язки між близькими за

характером знаннями, наприклад, механізм індуктивного виводу або існування висновків, заснованих на відносинах подібності, асоціації, аналогії. Або, нарешті, використовуючи в одному висновку різні форми подання знань та опис завдань зі своїми засобами обробки цих знань.

Сама методика розробки інтелектуальної технології (ІНТ) може ґрунтуватися на виборі деякої системи гіпотез як основи, за допомогою якої вирішуються розглянуті проблеми, або використанні багатозначної логіки для оцінки можливостей отримання неточних висновків.

V. Meitusc

CREATING SEMI-INTELLIGENT COMPUTER SYSTEMS: BASIC PROBLEMS

The paper deals with the problems associated with the creation of semi-intelligent computer systems. The main objective of such systems is to adapt their behavior to the environment with which they interact. To implement such adaptation uses algorithms of analysis and synthesis incorporated in its (unlike intelligent). Behavior of the system is determined in the process of solving a sequence of tasks associated with the dynamically changing external environment. And intelligence is manifested in the correct understanding and solving these problems, taking into account possible changes in the environment. The problem of creating semi-intelligent systems is to develop methods for monitoring changes in the system's environment and take into account these changes in the formation of its behavior.

Keywords: computer systems, intelligence, domain model, semi-intelligent system technology.

Матеріал надійшов 11.05.2014