

КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ, МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

D.O. Skachko, O.O. Tymashov

DECISION-MAKING BASED ON THE ANALYSIS OF DISPLACEMENTS WITHIN SPATIAL OBJECTS

On the basis of the use of intelligent touch systems as one of the technical means of a smart enterprise, the task of creating a new intelligent technology – navigation within the premises is solved.

Key words: intelligent sensory systems, CBR algorithm, navigation, decision making.

На основе использования интеллектуальных сенсорных систем как одного из технических средств разумного предприятия решается задача создания новой интеллектуальной технологии – навигация внутри помещения.

Ключевые слова: интеллектуальные сенсорные системы, алгоритм CBR, навигация, принятие решений.

На основе использования интеллектуальных сенсорных систем как одного из технических средств разумного предприятия решается задача создания новой интеллектуальной технологии – навигация всередине помещения.

Ключевые слова: интеллектуальные сенсорные системы, алгоритм CBR, навигация, принятие решений.

© Д.О. Скачко, О.О. Тимашов,
2017

УДК 519.21

Д.О. СКАЧКО, О.О. ТИМАШОВ

ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ПЕРЕМІЩЕНЬ У СЕРЕДИНІ ПРОСТОРОВИХ ОБ'ЄКТІВ

Вступ. Інтелектуалізація – це головний напрямок розвитку сучасних технологій, а властивість інтелектуальності притаманне всім новітнім інформаційно-керуючим системам. Досвід останнього десятиріччя рішення множини практичних завдань і створення сотень практично діючих систем показав, що саме інтелектуальні технології виявляються найбільш конструктивними і економічно виправданими при розробці сучасних цифрових систем автоматизованого керування.

Одним з підходів підвищення ефективності діяльності є технології створення «розумного підприємства» (РП) як виробничої інновації, що базується на високому рівні знань про систему, високопродуктивних методах інтелектуалізації процесів керування. Відмінність такої технології від традиційних полягає у наданні їй нових можливостей для управління, здатних змінити продуктивність, а також концепцію, модель та спосіб функціонування.

Перспективний напрямок розвитку РП – це повністю автоматизована система моніторингу роботи пристроїв і людей у режимі реального часу, найважливішою характеристикою якої є мобільність, можливість доступу до потрібної інформації у будь-який час, у будь-якому місці і з будь-яких пристроїв. У такій системі, крім повсюдного використання мініатюрних мобільних пристроїв, бездротових мереж, супутникової навігації, хмарних обчислень, сховищ інформації, електронного середовища, що створює образ навколишніх об'єктів і процесів. Базовою складовою є гнуч-

ка розподілена модель керування всіма процесами в реальному часі, що відображає процеси мислення, підтримувані потужним програмним інструментарієм [1].

Щоб зробити підприємство по-справжньому "розумним", потрібно навчитися збирати повсюдно різну інформацію про те, що відбувається з процесами, що швидше за все реально в умовах єдиної мережі великої множини давачів (сенсорних мереж), на території підприємства.

Розподілені сенсорні системи – це безумовно новий напрямок в традиційній області збору, обробки і передачі даних. Що стосується концепції розумного підприємства, то сенсорні системи це ідеальна інформаційна технологія інфраструктурного типу, пов'язана з інтелектуалізацією РП, як об'єкта керування.

Сьогодні з використанням цифрових технологій реалізовується концепція РП, які, отримуючи дані від великої кількості сенсорів, здійснюють контроль і моніторинг усіх процесів на підприємстві для їх удосконалення. Це означає можливість практично спостерігати і прогнозувати наперед все стадії процесу з метою внесення необхідних коригувань в реальному часі для підвищення ефективності.

Для процесів реалізації виробленої продукції у великих торгових центрах становить інтерес навігація всередині приміщень. Це дозволить значною мірою автоматизувати прийняття рішень в керуванні. В даний час, коли у багатьох людей є мобільні пристрої, а торговельні центри мають все необхідне для організації внутрішньої навігації, розробка сервісу на базі інтелектуальних сенсорних систем для мобільних пристроїв видається актуальним завданням.

Механізм навігації, запропонований в статті, розроблений для навігації усередині приміщень, і ґрунтується на комунікаційній технології Wi-Fi. Для роботи сервісу потрібно розгорнута сенсорна мережа бездротового доступу, підтримуючий її клієнтський мобільний пристрій на платформі Android або iOS.

Отримані дані дозволяють класифікувати відвідувачів, що дає можливість робити цільові акції для потрібної аудиторії. Розуміння переміщення людей, а так само цілей їх відвідувань відкриває величезні можливості з оптимізації прийняття рішень при управлінні великими торговельними центрами.

Загальна частина. Принцип роботи сервісу полягає у наступному. Коли клієнтський пристрій знаходиться між декількома Wi-Fi-джерелами, за відносним рівнем сигналу що отримується від них, можна з прийнятною точністю визначити його місце розташування. Причому самі Wi-Fi-точки можуть бути закриті: потрібно тільки знати відносний рівень сигналу, отриманого користувачем, і порівнювати його з радіообстановкою у контрольних точках будівель. Чим більше щільність покриття області точками, тим вище точність навігації. Наприклад, проводиться позиціонування, додаток відображає плани поверхів будівлі з зазначенням місця розташування мобільного пристрою. Координати мобільного пристрою відслідковуються безперервно. Користувач може скористатися функцією прокладання оптимального маршруту до місця інтересу (магазину, офісного приміщення, виходу і т. п.), веденням по маршруту. Вибір об'єкта, що цікавить, здійснюється або безпосередньо на плані, або через вбудо-

вану пошукову систему. Представлений сервіс навігації використовує найпростіший і найдоступніший тип карт. Фактично це зображення місцевості, до якого прив'язуються географічні координати [2, 3].

Аналіз даних. Система збирає всі дані про переміщення користувача, а також фіксує місця, де користувач проводить більше часу, місця інтересу. Попередній аналіз даних виконується за допомогою технології виведення, що заснована на прецедентах (Case-Based Reasoning, або CBR), і, в подальшому - до створення програмних продуктів, що реалізують цю технологію. CBR-методи базуються на тезі, що подібні завдання (проблеми) вирішуються подібним чином. Одним з аспектів цього процесу є накопичення в пам'яті системи стандартних, типових, тобто тих, що часто зустрічаються (повторюваних) ситуацій і відповідних їм ефективних рішень. Ефективність забезпечується вирішенням завдань оптимізації евристичними методами «проб і помилок», результатами моделювання, експериментів. В цілому, це дозволяє для стандартних або близьких до них, ситуацій, що зустрічалися раніше, формувати ефективні рішення, пропускаючи або мінімізуючи проміжні операції, пов'язані з витратами часу, інтелектуальних і матеріальних ресурсів. У ряді ситуацій метод виведення за аналогіями особливо ефективний, коли: основним джерелом знань про завдання є досвід, а не теорія; рішення не унікальні для конкретної ситуації і можуть бути використані в інших випадках; метою є не гарантоване правильне рішення, а краще з можливих. CBR-методи включають чотири основні етапи, що утворюють так званий CBR-цикл або цикл навчання по прецедентах [6], структура якого показана на рисунку.

Таким чином, висновок, заснований за аналогіями, являє собою метод за допомогою якого робляться висновки щодо даної проблеми або ситуації за результатами їх пошуку, що зберігаються в базі аналогій, але він не створює будь-яких моделей або правил, узагальнюючих попередній досвід у виборі рішення, і ґрунтується на всьому масиві доступних історичних даних, тому неможливо сказати, на основі яких конкретно факторів, роблячи виведення за аналогіями, буде свої конкретні рішення.

Проблеми, з якими стикається ця методологія: пошук найбільш придатних аналогій і подальша адаптація знайденого рішення. В основі всіх підходів до відбору аналогій лежить той чи інший спосіб вимірювання ступеня близькості аналогії і поточного випадку. За таких вимірах обчислюється чисельне значення деякої міри, що визначає склад множини аналогій, які потрібно обробити для досягнення задовільної класифікації або прогнозу. В зв'язку з недостатності знань не представляється можливим отримати точну модель поведінки об'єкта. Це збігається з трьома складовими поняття "аналогія" – описом проблеми, застосованим рішенням і результатом застосування цього рішення. Наповнення бази аналогій може відбуватися на основі апріорної інформації, за допомогою реальних або змодельованих аналогій. При реалізації приведенного алгоритму однією з найважливіших є проблема вибору відповідної аналогії. Після того, як аналогії вилучені, потрібно вибрати "найбільш підходящу" з них. Це визначається порівнянням ознак у поточній ситуації і у вибраних прецедентах. Визначення

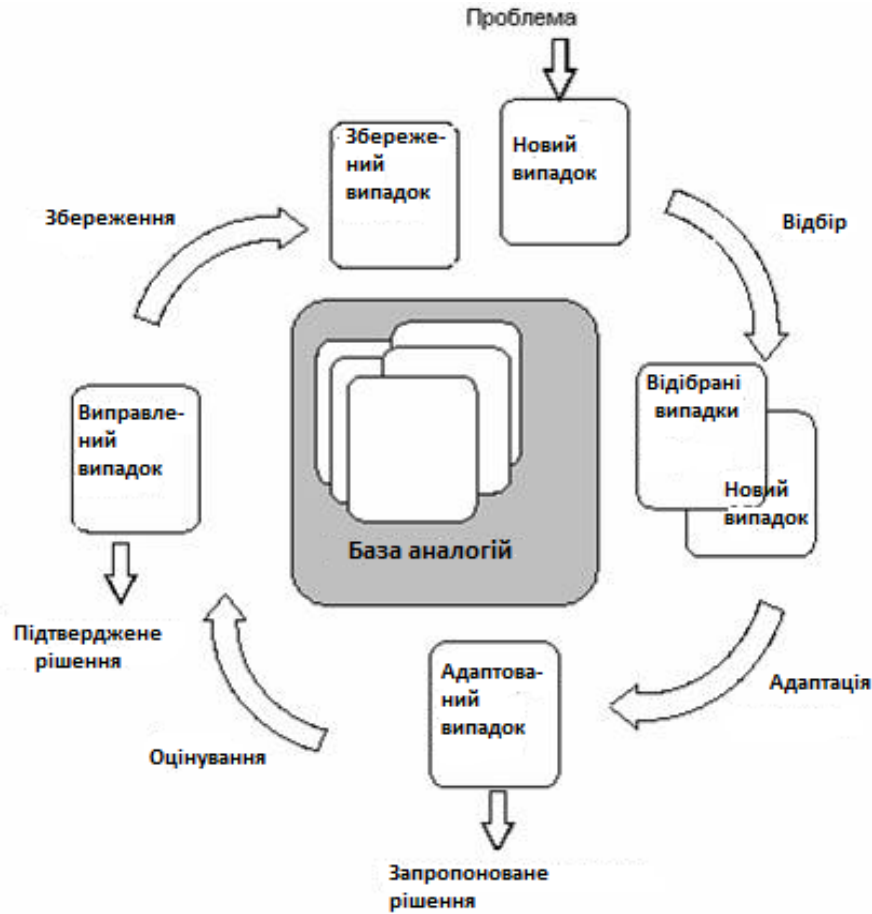


РИСУНОК. Цикл висновку на основі аналогій

методу, на якому буде ґрунтуватися знаходження міри схожості прецедентів, вирішується під час створення системи її розробниками. Найбільш популярним і часто використовуваним є метод "найближчого сусіда" [7]. У його основі лежить той чи інший спосіб вимірювання ступеня близькості аналогії і поточного випадку за кожною ознакою (будь це текстовий, числовий або булевський), який вважається корисним для досягнення мети, тобто вводиться метрика на просторі всіх ознак, в цьому просторі визначається точка, що відповідає поточній нагоді, і в рамках цієї метрики знаходиться найближча до неї точка з точок, що представляють аналогії. Зазвичай прогноз робиться на основі декількох найближчих точок, а не однієї (K-nearest neighbours). Такий метод більш стійкий, оскільки дозволяє згладити окремі викиди, випадковий шум, завжди присутній в даних.

Кожної ознаки призначається вага, що враховує його відносну цінність. Повністю ступінь близькості аналогії за всіма ознаками можна обчислити, використовуючи узагальнену формулу вигляду:

$$\frac{\sum_j W_j * sim(x_{ij}, x_{kj})}{\sum_j W_j},$$

де w_j – вага j -ї ознаки, sim – функція подібності (метрика), x_{ij} та x_{ik} – значення ознаки x_j для поточного випадку і аналогії, відповідно.

Формально, необхідно ввести метрику на просторі параметрів (ознак, властивостей) для опису прецедентів і поточної ситуації, а потім, визначити на основі обраної метрики відстань між точками, відповідними прецедентів, і точкою, що відповідає поточній ситуації, в підсумку слід вибрати найближчу точку (прецедент) до поточної ситуації. Безумовно, ефективність методу найближчого сусіда багато в чому залежить від вибору метрики (таблиця). Наприклад, однією з основних метрик для визначення відстані між двома точками [4]: Евклідова відстань; Манхеттенська метрика; Відстань Чебишева; Відстань Журавльова; Міра подібності за Хеммінгом та інше.

ТАБЛИЦЯ. Основні типи метрик

Найменування метрики	Тип ознак	Формула для оцінки міри близькості (метрики)
1	2	3
Евклідова відстань	Кількісні	$d_{ik} = \left(\sum_{j=1}^N (x_{ij} - x_{kj})^2 \right)^{1/2}$
Манхеттенська метрика	Кількісні	$d_{ik}^l = \sum_{j=1}^N x_{ij} - x_{kj} $
Міра подібності Хеммінга	Номинальні (якісні)	$\mu_{ij}^H = \frac{n_{ik}}{N}$, де n_{ik} – число співпадаючих ознак у зразків X_i і X_k

1	2	3
Міра подібності Роджерса – Танімото	Номінальні шкали	$\mu_{ij}^{R-T} = n_{ik}'' (n_i' + n_k' + n_{ik}'')$, де n_{ik} – число співпадаючих одиничних ознак у зразків X_i і X_k ; n_i, n_k – загальне число одиничних ознак у зразків X_i й X_k відповідно
Відстань Махалонобиса	Кількісні	$d_{ik}^M = (x_{ij} - x_{kj})^T W^{-1} (x_{ij} - x_{kj})$, W – ковариаційна матриця виборки, $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$
Відстань Журавльова	Змішані	$d_{ik} = \sum_{j=1}^N I_{ik}^j,$ де $I_{ik}^j = \begin{cases} 1, & \text{якщо } x_{ij} - x_{kj} < s \\ 0 & \text{інакше} \end{cases}$

Вибір відповідної метрики трудомістке завдання, від успішного вирішення якої безпосередньо залежить результативність пошуку рішення.

Після обчислення ступенів близькості всі аналогії вишиковуються в єдиний ранжируваний список. Процес адаптації може бути досить складним; у великій мірі він залежить від структури конкретного об'єкту. При обчисленні відстані кожній аналогії ставляться у відповідність певні набори параметрів опису: найменування властивості; значення властивості; важливість або інформаційна вага властивості; обмеження на інтервал допустимих значень, що визначає інтервал, в рамках якого значення властивості може визначати значення подоби. Кожній властивості (або розмірності) присвоюється певна вага, відповідний ступінь "важливості" цієї властивості. З бази аналогій вибирається та, яка "заслужує" найвищу оцінку. Обчислення значення – це агрегована оцінка збігу. У разі якщо знайдена аналогія не є повним аналогом поточної ситуації, повинна виконуватися адаптація – модифікація рішення, яке є у вибраної аналогії і спрямоване на вирішення цільової проблеми. Алгоритми адаптації припускають наявність залежності між ознаками аналогій і ознаками рішень, що в них містяться. Такі залежності можуть задаватися людиною при побудові бази аналогій чи виявлятися в базі автоматично методами видобутку знань.

1. Гриценко В.И., Тимашова Л.А. «Умное предприятие» как базовый объект цифровой экономики». *УСум*. 2016. № 5. С. 54–66.
2. Bill R., Cap C., Kofahl M., Mundt T. Indoor and Outdoor Positioning in Mobile Environments. *Geographical Information Sciences*. 2004. Vol. 10, N 2. P. 91–98.
3. Indoor Atlas. [Электронный ресурс]. [Режим доступа: <http://www.indooratlas.com/>].
4. Варшавский П.Р., Еремеев А.П. Методы правдоподобных рассуждений на основе аналогий и прецедентов для интеллектуальных систем поддержки принятия решений. *Новости искусственного интеллекта*. 2006. № 3. С. 39–62.
5. Карпов Л.Е., Юдин В.Н. Адаптивное управление по прецедентам, основанное на классификации состояний управляемых объектов. Труды Института системного программирования РАН. 2007. Том 13, Ч. 2. С. 37–58.
6. Aamodt A., Plaza E. Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches. *Artificial Intelligence Communications*. IOS Press. 1994. Vol. 7, N 1. P. 39–59.
7. Anand S.S., Hughes J.G., Bell D.A. and Hamilton P. "Utilising Censored Neighbours in Prognostication", Workshop on Prognostic Models in Medicine, Eds. Ameen Abu-Hanna and Peter Lucas, Aalborg, (AIMDM'99), Denmark. 1999. P. 15–20.

Одержано 12.09.2017