

УДК 004.85:004.81

А.О. Каргін, О.С. Тимчук, К.О. Ісаєнков, Г.Б. Галич

Донецький національний університет, Вінниця

## МОДЕЛЬ СЕНСОРНОЇ ПАМ'ЯТІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ МАШИНИ З МЕХАНІЗМАМИ УЗАГАЛЬНЕННЯ ТА АБСТРАГУВАННЯ

Стаття присвячена удосконаленню технологій обчислювального інтелекту щодо розробки інтелектуальних машин, які використовуються в керуванні автономними технічними системами, у тому числі системами воєнного призначення з розвинутими сенсорами. Наведено формальну модель сенсорної пам'яті, яка підтримує наведений механізм узагальнення. Розглянуто комп'ютерні експерименти, які демонструють переваги технології обробки сенсорної інформації із застосуванням механізму узагальнення даних.

**Ключові слова:** обчислювальний інтелект, нечіткий фактор впевненості, сенсорна пам'ять, інтелектуальна машина.

### Вступ

Удосконалення технологій обчислювального інтелекту щодо розробки інтелектуальних машин, які використовуються в керуванні автономними технічними системами, у тому числі системами воєнного призначення з розвинутими сенсорами, є актуальною задачею. Головна проблема інтелектуальних машин, які використовують правила в якості моделі представлення знань при виведенні керуючого рішення – розрив між моделями представлення фактів у вигляді сенсорних даних у базі даних і фактів у полі ЯКІЩО правил бази знань [1].

На рис. 1 наведено ілюстрацію цієї проблеми.

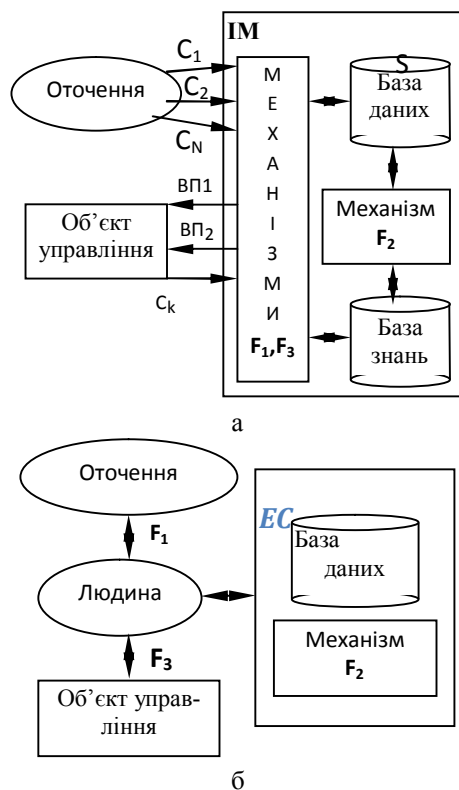


Рис. 1. Порівняння експертної системи (а) з інтелектуальною машиною (б)

### Основний матеріал статті

Модель сенсорної пам'яті уявляє множину інформаційних елементів (ІЕ), що організовані у вигляді шарів. Нульовий шар – це підмножина ІЕ, характеристики яких визначаються у реальному часі на підставі сенсорних даних. Усі інші шари – перший, другий і так далі – це ІЕ, що уявляють прототиپی ситуацій, у тому числі і динамічних ситуацій (послідовність подій із часовими характеристиками). Інформаційні елементи усіх шарів мають однакову модель. ІЕ-прототиپی мають структуру у вигляді відношення, яким він зв'язаний з ІЕ нижчих шарів.

Введено і формалізовано три виду відношень: «УСІ», «ХОЧА БИ ОДИН ІЗ» та «ЕЛЕМЕНТАРНА ПОДІЯ».

За допомогою цих відношень обчислюються нечіткі характеристики будь яких понять, що по сенсу є узагальненням та абстрагуванням понять нижчих рівнів.

Обробка сенсорної інформації у такій структурованій сенсорній пам'яті – процес обчислювання нечітких характеристик прототипів, починаючи знизу до верху: від показань сенсорних пристроїв до понять різного рівня абстракції. Нечітка характеристика виходу ІЕ – це нечіткий фактор впевненості [3] (нечітка множина, задана на універсальній множині, що представляє шкалу можливих значень впевненості)

$$\mu_{\Theta}(\theta) = \omega \cdot e^{-(\theta - \alpha)^2 / 2\beta_c^2} + (1 - \omega) \cdot e^{-(\theta - \alpha)^2 / 2\beta_d^2}, \quad (1)$$

де  $\alpha, \theta \in [-1, +1]$ ,  $\omega = \begin{cases} 1, & \text{для } -\infty < x \leq \alpha, \\ 0, & \text{в інших випадках.} \end{cases}$

Висока впевненість у присутності ознаки в спостережуваній ситуації чи схожості прототипу з поточною ситуацією оцінюється числом, близьким

до  $\alpha = +1$ , а висока впевненість у відсутності – числом, близьким до  $\alpha = -1$ . Повна невпевненість, тобто з рівною мірою відзначається можливість як присутності, так і відсутності, оцінюється числом, близьким до  $\alpha = 0$  («байдуже» значення).

Нечіткий фактор впевненості дозволяє при обробці врахувати ще і актуальність інформації [3, 4] (оперативність або старіння інформації, достовірність або значимість джерела інформації, інерційність або динамічність інформації). Кількісна характеристика актуальності – це значення параметра  $\beta_c$  (старіння) та  $\beta_d$  (динамічність) у (1).

Чим менша актуальність інформації, тим більше значення  $\beta_c$  та  $\beta_d$ .

Комп'ютерні експерименти проводились з моделлю мобільного роботу, який виконує функцію поводири для сліпих людей.

Робот оснащений системою сканування перешкоди.

При моделюванні використовувались тільки дві підсистеми: ультразвуковий датчик дальності та група датчиків відображення. Фрагмент структури сенсорної пам'яті щодо ультразвукового датчика перешкоди наведено на рис. 2.

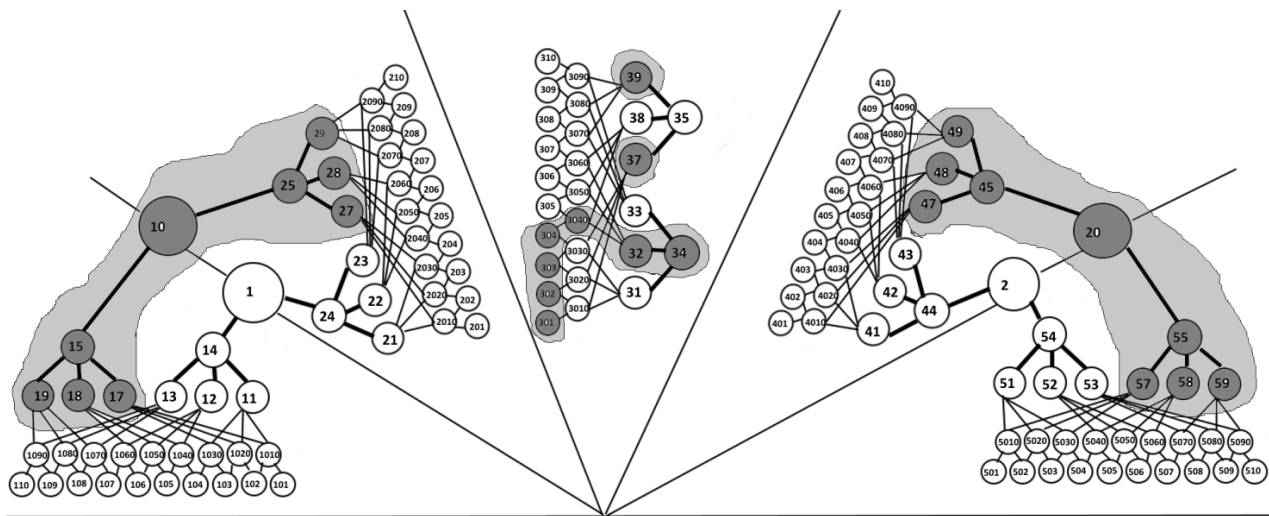


Рис. 2. Фрагмент сенсорної пам'яті ультразвукового датчика перешкоди

Фрагмент складається з п'яти рівнів сенсорних елементів та віртуально розділено на п'ять секторів, котрі відбивають розподіл простору перед роботом.

Кожен із секторів розділено на десять сегментів.

Кожному сегменту поставлено у відповідність сенсорний елемент нульового рівня так, що вони повністю охоплюють контрольований роботом простір.

На рис. 2, окрім сенсорних елементів нульового рівня (позначені номерами 101-110, 201-210, 301-310, 401-410, 501-510), відображено сенсорні елементи вищих рівнів.

Так, сенсорні елементи другого рівня є прототипами подій «предмет з'явився / зник та сцена далеко / близько / на середній відстані від робота.

Елементи третього рівня є прототипами понять вищих рівнів узагальнення: «предмет знаходиться / відсутній поблизу».

Сенсорні елементи 4 рівня – «предмет знаходиться / відсутній ліворуч / праворуч / по центру». Розглянемо ситуацію, коли прямо перед роботом,

на відстані приблизно в 40 сантиметрів, знаходиться перешкода. Тоді сенсорні елементи нульового рівня з номерами 301-304 активуються, значення параметру  $\alpha$  стає близьким до одиниці, інформація має високу актуальність.

На першому рівні активується елемент з номером 3040, на другому – 32, що значить, що перешкода знаходиться на середній відстані від робота.

Разом з цим активуються елементи 17, 18, 19, 27, 28, 29, 37, 39, 47, 48, 49, 57, 58, 59, говорячи, що перешкоди немає близько, на середній відстані та далеко в 1, 2, 4, 5 секторах, та близько і далеко в 3 секторі.

На третьому рівні активованими будуть ІЕ-ти 34 (перешкода у третьому секторі), та 15, 25, 45, 55 (перешкоди немає у 1, 2, 4, 5 секторах).

На четвертому рівні активованими будуть інформаційні елементи 10 та 20 (прототипи понять перешкоди немає ліворуч та праворуч).

Структура сенсорної пам'яті формально записується у вигляді відносин MIN та MAX, наприклад, фрагмент сектору 3 визначено структурованими прототипами:

$$\begin{aligned}
 &< (\Gamma^{\text{MAX}} \{31\} = \{3010, 3020, 3030\}), ((1, \check{\beta}), (1, \check{\beta}), (1, \check{\beta})) >; \\
 &< (\Gamma^{\text{MAX}} \{32\} = \{3040, 3050, 3060\}), ((1, \check{\beta}), (1, \check{\beta}), (1, \check{\beta})) >; \\
 &< (\Gamma^{\text{MAX}} \{33\} = \{3070, 3080, 3090\}), ((1, \check{\beta}), (1, \check{\beta}), (1, \check{\beta})) >; \\
 &< (\Gamma \{37\} = \{3010, 3020, 3030\}), ((-1, \check{\beta}), (-1, \check{\beta}), (-1, \check{\beta})) >; \\
 &< (\Gamma \{38\} = \{3040, 3050, 3060\}), ((-1, \check{\beta}), (-1, \check{\beta}), (-1, \check{\beta})) >; \\
 &< (\Gamma \{39\} = \{3070, 3080, 3090\}), ((-1, \check{\beta}), (-1, \check{\beta}), (-1, \check{\beta})) >; \\
 &< (\Gamma^{\text{MAX}} \{34\} = \{31, 32, 33\}), ((1, \check{\beta}), (1, \check{\beta}), (1, \check{\beta})) >. \\
 &< (\Gamma \{35\} = \{37, 38, 39\}), ((-1, \check{\beta}), (-1, \check{\beta}), (-1, \check{\beta})) >.
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Імітаційний комплекс, за допомогою якого проводились комп'ютерні експерименти, складається із трьох модулів:

- 1 – імітації руху робота-поводиря,
- 2 – створення та редагування структури і параметрів сенсорної пам'яті,
- 3 – обробки сенсорної інформації на підставі знань, що зберігаються у прототипах.

Екранну форму додатка (на рис. 3 показано у графічному вигляді положення роботу та стан сенсорної пам'яті на певний час експерименту) розділено на дві умовні частини.

Ліворуч знаходиться поле дії – віртуальна площина, на котрій розташовані робот та навколишні предмети. Для того щоб керувати роботом, достатньо перетягнути курсор миші у будь-яку точку

простору.

Швидкість пересування курсору перераховується у реальну швидкість робота. Тому в експериментах досліджуються і динамічні властивості системи.

Праворуч розташована моніторингова панель, де користувач у будь-яку мить може отримати інформацію о характеристиках інформаційних елементів.

По-перше, це два графіка, котрі у реальному часі графічно показують  $\alpha$ - та  $\beta$ -характеристики обраного елемента.

По-друге, два текстових поля, що відображають момент часу, та ті ж самі характеристики у числовому форматі.

Оновлення інформації в сенсорній пам'яті відбувається з періодичністю в 0.2 секунди.

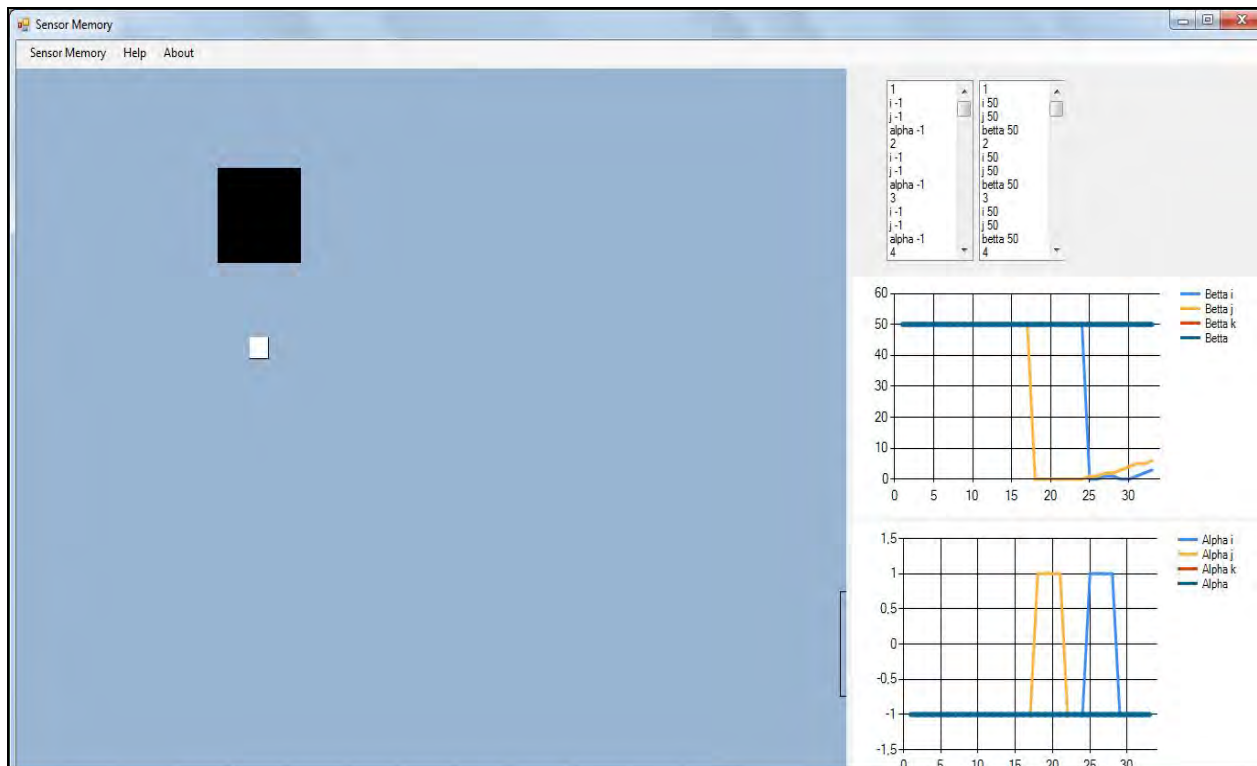


Рис. 3. Екранна форма імітаційного комплексу

Створення структури сенсорної пам'яті можливо декількома шляхами.

Перший – це додавання сенсорних елементів та встановлення зв'язків між ними за допомогою спеціального додатка до основної програми, де користувач обирає кількість рівнів сенсорних елементів, їх кількість у кожному рівні, після чого встановлює зв'язки між ними.

Другий спосіб – це додавання та коректування структури безпосередньо в базі даних у вигляді (2). Там можна додавати як нові елементи, так і змінювати параметри старих.

Програма дає змогу користувачу проводити експерименти з сенсорною пам'яттю робота, використовуючи при цьому різні структури із сенсорних елементів.

Крім ультразвукового датчика моделюється ідентифікація перешкод від підсистеми датчиків відображення (прямокутної форми), на якій розташовані 15 датчиків.

Датчики розташовані наступним чином: у три ряди по п'ять датчиків.

Кожен датчик сприяє при моделюванні квадрат 5x5 пікселів.

Перешкода відрізняється від «нормальної» поверхні великим значенням коду пікселя.

При розробці програми та її складових були використані:

Microsoft Visual Studio 2013,  
Microsoft Office Access 2007,  
технологія .NET,  
мова програмування C#.

## Висновки

У роботі запропонована нова модель сенсорної пам'яті з механізмом узагальнення сенсорних даних і абстрагування.

Розроблена модель представлена у вигляді множини інформаційних елементів з нечіткими характеристиками, які дозволяють враховувати впевненість у відповідності поточної ситуації певному прототипу та актуальність інформації (оперативність / старіння, достовірність / значимість джерела, інерційність / динамічність інформації). Проведені комп'ютерні експерименти з моделлю мобільного робота, що виконує функцію поводири для сліпих людей і оснащеного сенсорною системою сканування перешкоди, проілюстрували високу гнучкість в сенсі можливості сенсорної пам'яті надавати різні рівні узагальнення сенсорних даних і абстрагування у вигляді понять.

## Список літератури

1. Каргин А.А. Нечёткие модели в задачах ситуационного управления / А.А. Петренко, Т.Г. Петренко // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 2010. – № 4. – С. 66-69.
2. Каргин А.А. Модель динамических свойств ситуации, используемых в управлении мобильным роботом / А.А. Каргин, А.Г. Ломонос, А.И. Парамонов // Автоматика-2014, Матер. 21-й міжн. конф. з автоматичного управління, м. Київ, 23-27 вересня 2014. – С. 88-90.
3. Каргин А.А. Введение в интеллектуальные машины. Книга 1. Интеллектуальные регуляторы / А.А. Каргин. – Донецк: Норд-Пресс, ДонНУ. – 2010. – 526 с.
4. Каргин А.А. Модель ситуационного управления роботом, учитывающая актуальность сенсорной информации / Интеллектуальные системы принятия решений и проблемы обчислювального інтелекту: матеріали наук. міжн. конференції. – Херсон: ХНТУ, 2013. – С. 155-157.

Поступила в редколлегию 27.08.2015

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. И.В. Рубан, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

## МОДЕЛЬ СЕНСОРНОЙ ПАМЯТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ МАШИНЫ С МЕХАНИЗМАМИ ОБОБЩЕНИЯ И АБСТРАГИРОВАНИЯ

А.А. Каргин, О.С. Тимчук, К.А. Исаенков, Г.Б. Галич

*Статья посвящена совершенствованию технологий вычислительного интеллекта по разработке интеллектуальных машин, которые используются в управлении автономными техническими системами, в том числе системами военного назначения с развитыми сенсорами. Представлена формальная модель сенсорной памяти, которая поддерживает приведенный механизм обобщения. Рассмотрены компьютерные эксперименты, демонстрирующие преимущества технологии обработки сенсорной информации с применением механизма обобщения данных.*

**Ключевые слова:** вычислительный интеллект, нечеткий фактор уверенности, сенсорная память, интеллектуальная машина.

## SENSORY MEMORY MODEL FOR INTELLECTUAL MACHINE WITH GENERALIZATION AND ABSTRACTION PROCESSING

A.A. Kargin, O.S. Tymchuk, K.O. Isayenkov, G.B. Galich

*The paper is dedicated to the improvement of computational intelligence technology at developing intelligent machines that are used in autonomous driving technical systems, including military systems with advanced sensors. The sensory memory model with generalization processing is presented in the paper. We consider computer experiments, which demonstrate benefits of processing of sensory information using data generalization.*

**Keywords:** computational intelligence technology, fuzzy confidence factor, sensory memory, intellectual machine, sensory element.