

## АВТОНОМНІ СИСТЕМИ: КОГНІТИВНІ ОБЧИСЛЕННЯ НА ЗАСАДАХ ПАРАДИГМИ ГРАНИЧНИХ УЗАГАЛЬНЕНЬ

Прокопчук Ю.О. д.т.н., доцент

*Інститут технічної механіки НАН України, Україна*

**Вступ.** Дослідження в області автономних систем, зокрема когнітивних технічних систем (КТС) зосереджені на розробці машин, роботів та систем, які здатні автономно сприймати навколишнє середовище і взаємодіяти з ним, як жива істота. Ця область досліджень включає такі області, як штучний інтелект, кібер-фізичні системи, робототехніка, когнітивні мережі, машинне навчання, обробка зображень і комп'ютерна графіка, моделювання і т.д. [1 - 5] У доповіді розглядається математичне і програмне забезпечення критично важливих цілеспрямованих систем, для яких важлива гнучкість в умовах обмежених ресурсів і радикальної невизначеності, але неприйнятні відмови функціонування. Обґрунтовується необхідність глибокої інтелектуалізації автономних критичних систем космічного призначення [3]. Особливої актуальності дана проблематика набула у зв'язку з міжнародним проектом «Місячне село» (Moon Village), в реалізації якого активну участь бере і Україна.

Перспективність такого підходу підтверджує американська компанія Intuitive Machines, яка розробляє декілька пристроїв для дослідження Місяця (NASA доручила їй доставити на Місяць п'ять наукових інструментів; рік запуску 2021). Всі ці пристрої відносяться до класу КТС. Інші приклади КТС космічного призначення [1, 2]: IBM Watson IoT, CIMON - перший асистент зі штучним інтелектом в космосі (використовує IBM Watson); кооперативні та когнітивні архітектури для супутникових мереж, когнітивні супутникові сузір'я. PhD автора (1987 р) присвячена розробці крокуючих роботів для дослідження інших планет.

У 2020 році NASA була розроблена уточнена таксономія технологій [1], яка включає сімнадцять окремих дорожніх карт технологічних областей (Taxonomy Areas - TX), зокрема «TX10: Автономні системи» (10.1 Ситуаційна та самосвідомість; 10.2 Розум і дія; 10.3 Співпраця та взаємодія; 10.4 Техніка та цілісність). Розроблено «Платформу NASA для автономних систем» (NASA

Platform for Autonomous Systems – NPAS). Головною метою NPAS є забезпечення можливості багаторазового впровадження розподілених ієрархічних автономних операцій та фундаментальних можливостей на підтримку цілей Програм Gateway та Artemis. Важливо відзначити, що розвиток перспективних технологій НАСА призводить до появи додатків для населення в цілому, включаючи пристрої, що поліпшують здоров'я, медицину, транспорт, промисловість, громадську безпеку і споживчі товари.

**Основний матеріал.** Одним з головних напрямків дослідження є забезпечення максимальної автономізації функціонування складної системи космічного базування, що відповідає зокрема, загальній стратегії NASA. Розроблено загальну схему інформаційної моделі розподіленого багатоагентного обчислювального інтелекту автономної космічної системи на засадах когнітивного підходу [3]. Запропоновано новий клас моделей складних адаптивних систем космічного базування – «когнітивні технічні системи» [3]. Вивчені їх властивості. Одна з головних властивостей – це існування багато-масштабного фазового простору, який породжується мережами начерків значень тестів, задач та образів [5]. Наведемо приклад когнітивних обчислень в рамках «парадигми граничних узагальнень» (ПГУ) [4, 5].

Будь-яке число-значення будь-якого тесту має множинну інтерпретацію, що дозволяє визначити таку динамічну суб'єктивну сутність як «когнітивне число» (ког-число / cog-number). Приклад інтерпретації: «Температура тіла = 38°C» → «Темп. висока» → «Темп. неНорма». На рисунку 1 в динаміці показана структурна (фрактальна) інфляція - генерація сенсу - когнітивного числа  $x$  деякого тесту  $A$ .

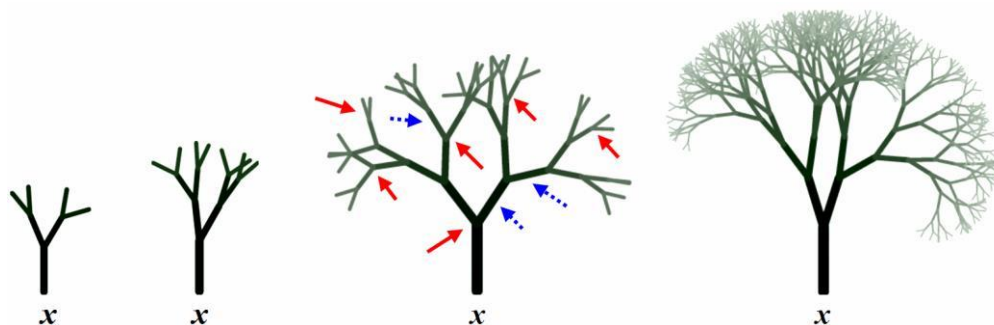


Рисунок 1 - Структурна інфляція когнітивного числа  $x$

Вузли 'дерева' / мережі начерків задають внутрішню інтерпретацію початкового числа / значення. В процесі суб'єктивної інфляції ког-число «зростає». На середньому зображенні для прикладу показані індуктори, які також «дозрівають» в процесі накопичення досвіду і є частиною ког-числа [5]. Причому індуктори є і для вузлів і для зв'язків (стрілки різного кольору і типів). Індуктори реалізують інтуїцію. Порівняйте концепції «ког-числа», «нечіткого числа», «р-адичного числа» і «сірого числа». Будь який природний сенсор формує ког-числа або ког-знаки.

На кожній стадії розвитку версії ког-числа формально відрізняються між собою (мають різну схему інтерпретації або схему смислового моделювання). За схожою причини ког-числа  $x$  близьких за змістом тестів відрізняються у різних суб'єктів.

Візуалізація ког-числа нагадує деревовидні р-адичні структури (застосування даних структур до психоаналізу розвивав, наприклад А.Ю.Хренніков), але суть їх абсолютно різна. Хренніков розглядав «р-адичну систему духовних координат». В рамках ПГУ роль «духовних / ментальних координат» виконують мережі начерків.

Описуючи стан довільної динамічної системи вектором когнітивних чисел, отримаємо ПГУ-концепцію багато-масштабного фазового простору динамічної системи. Кожен масштабний рівень формує свій малюнок поведінки динамічної системи на основі власної фізики [5].

Кожне ког-число в рамках заданого тесту має власну мережу начерків-інтерпретацій. Об'єднавши в кожен момент часу мережі начерків всіх чисел-значень тесту  $A$ , отримаємо загальну мережу начерків тесту, яку, в ряді випадків, можна представити у вигляді орграфу доменів тесту  $G(A)$  (приклад на рис. 2; кола - це домени, знизу вгору йде узагальнення; базовий/нижній домен числовий) [5]. Більш детально даний вид мереж начерків розглядається в новій монографії «Інтуїція: досвід формального дослідження» (2021 рік). Інфляція орграфу доменів означає інфляцію задач розрізнення цілеспрямованої системи. Актуалізація будь якої задачі автоматично та імпліцитно запускає всі узагальнені задачі як в дозрівання, так і в пошук рішення (концепції «континууму задач», «стріла пізнання», «штучний коннектом») [5].

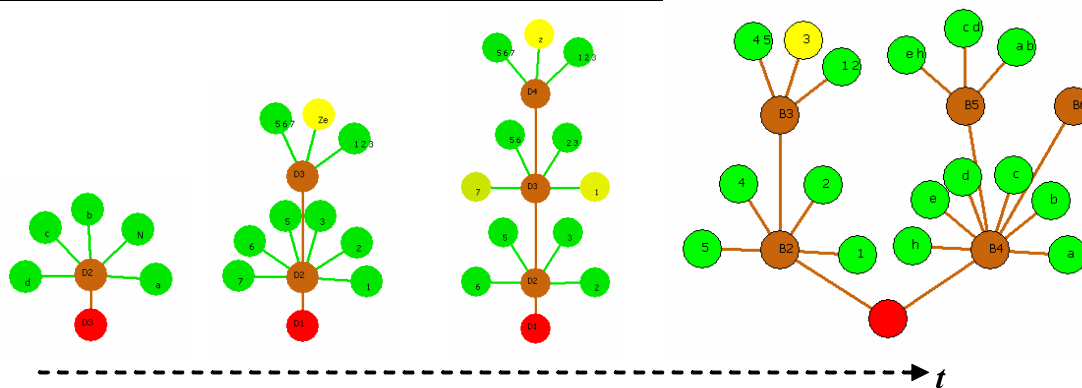


Рисунок 2 - Приклад стадій структурної інфляції орграфу доменів тесту  $G(A)$

Орграф значень/доменів тесту або мережа радикалів позиціонується як найпростіша знаннева (когнітивна) структура/архітектура когнітивної обчислювальної системи (Cognitive computing systems are autonomous systems that are based on machine cognition) [5].

**Висновки.** Основна мета когнітивних обчислень - розробити цифрову модель, здатну імітувати процеси мислення людини. Когнітивний движок (cognitive engine) відповідає за реалізацію функціональності когнітивної системи. У доповіді обговорюється нова методологія побудови когнітивної операційної системи (COS), яка заснована на парадигмі граничних узагальнень. Методологія включає машину аналізу та інтеграції даних, що імітує людську інтуїцію. Основою COS є «штучний коннектор - когнітом» КТС, який забезпечує тотальний аудит, м'яке вимірювання та прогноз інформаційних потоків. Основне завдання COS - забезпечити максимальну гнучкість, швидкість реакції і живучість в умовах обмежених ресурсів, деградації і радикальної невизначеності (коли невідомі статистичні закономірності).

### Література / References

1. 2020 NASA Technology Taxonomy <https://techport.nasa.gov/view/taxonomy>
2. Girimonte D., Izzo D. (2007). Artificial Intelligence for Space Applications. In: Schuster A.J. (eds). Intelligent Computing Everywhere. London: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-84628-943-9\\_12](https://doi.org/10.1007/978-1-84628-943-9_12)
3. Prokopchuk Y., Ryzhkov I., Savonik O., Samoilov S. (2019). Cognitive technical systems - a strategic resource of programs for the colonization of planets. Proceedings of the 7th

International Conference “Space Technologies: Present and Future” (Dnipro, Ukraine).  
Dnipro: Yuzhnoye SDO. P. 193.

4. Nosov P. S., Popovych I. S., Cherniavskiy V. V., Zinchenko S. M., Prokopchuk Y. A., Makarchuk D. V. (2020). Automated Identification Of An Operator Anticipation On Marine Transport. Radio electronics, Computer science, Control, № 3 (54). P. 158–172. DOI: 10.15588/1607-3274-2020-3-15

5. Prokopchuk Y.A. (2017). Sketch of the Formal Theory of Creativity. Dnepr, UA: PSACEA Press. 452 p. (in RU)

## **AUTONOMOUS SYSTEMS: COGNITIVE CALCULATIONS ON THE PRINCIPLES OF THE BOUNDARY GENERALIZATIONS PARADIGM**

Prokopchuk Yuri

**Abstract.** Research in the field of Autonomous Systems focuses on the development of machines and robots that are able to perceive their environment autonomously and to interact with it like a living being. This field of research includes such areas as Autonomous Intelligent Systems, Cognitive Technical Systems, Autonomous Perception and Decision Making, Cognitive/Urgent Computation, Cyber-Physical Systems, Artificial Intelligence (AI), AI Assistants, Sense-Making Platform, Cognitive Operational Systems, Cognitive Networks/Internet, Autonomous Space Robotics, Machine Learning, Big Data Calculus, Data Science Machine Eliminates Human Intuition, and simulation. The report examines the mathematical and software support of autonomous systems. The necessity of deep intellectualization of autonomous systems for space purposes is substantiated.

**Keywords:** autonomous systems, cognitive technical systems, cognitive computing, the paradigm of limiting generalizations.