

DOI: 10.34185/1991-7848.itmm.2023.01.086

## КОГНІТИВНІ ПІДХОДИ ДО ІНТЕЛЕКТУ: АСИМПТОТИЧНА РАЦІОНАЛЬНІСТЬ ТА КОНТИНУУМ ЗАДАЧ РОЗРІЗНЕННЯ

Прокопчук Ю.О.

*Інститут технічної механіки НАН України,*

*Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, Україна*

**Вступ.** Сильний ШІ - штучний інтелект, який у всіх відносинах не поступається інтелекту людині, - все ще недосяжний. Сучасному ШІ не вистачає здорового глузду, тобто він не здатний робити висновки, розуміти чи пояснювати приховані процеси, сили та причини, що стоять за даними. У доповіді пропонуються деякі конструктивні рішення щодо подолання розриву.

Базовими актами розумового процесу є розрізнення (термін «розрізнення» – «differance» запровадив французький філософ Жак Дерріда). Акт розрізнення - це системоквант "миследії" когнітивної системи, базова функція спостерігача. Антрополог и філософ Грегори Бейтсон отмечал [1]: 'In fact what we mean by information – the elementary unit of information – is a difference which makes a difference...' В роботах [2, 3, 4] на засадах «парадигми граничних узагальнень» (ПГУ) запропоновано деякі шляхи формалізації представлення знань, а також механізмів (алгоритмів) вирішення задач розрізнення. В доповіді пропонуються уточнення формальних моделей розрізнення, зокрема використання механізму «континуум задач» з урахуванням досвіду.

Для розуміння механізмів творчості, інтуїтивного мислення принципово важливо, що на основі обмеженої первинної інформації спонтанно виникає вирішення великої кількості завдань, які усвідомлено не ставились. Цей феномен названо "континуумом задач" [2, 3]. Не всі імпліцитно вирішені завдання отримують фокус уваги («мозок» знає набагато більше, ніж ми усвідомлюємо). Така ситуація має місце у «Artificial Cognitive Systems» (ACS) з функцією «континуум задач»: перманентно «дозріває» інструментарій вирішення безлічі завдань; на основі даних нової ситуації вирішується велика кількість завдань, які користувач міг і не ставити; користувач може скористатися деякими результатами, переглядаючи список вже вирішених завдань.

Концепти «штучний коннектом», «континуум задач» та «неконтрольоване навчання» дозволяють реалізувати когнітивні обчислення та Sensemaking platform для когнітивної робототехніки [5], багатоагентних технологій та

когнітивного Інтернету.

**Основний матеріал.** Під Z-задачею розрізнення будемо розуміти встановлення результату  $z \in Z = \{1; 2; 3; \dots; N\}$ , де  $N \geq 2$ . Z-задачами розрізнення можуть бути завдання діагностики, розпізнавання, прогнозування, вибору управління, прийняття рішень (Z-task). Приклади Z-task:  $Z = \{1 - \text{Threat}; 2 - \text{Gray Area}; 3 - \text{Non-Threat}\}$ ;  $Z = \{1; 2; 3; 4\} = \{1 - \text{GREEN (I'm OK)}; 2 - \text{YELLOW (I corrected an anomaly myself)}; 3 - \text{ORANGE (I have data to transmit)}; 4 - \text{RED (Red Alert! I need help NOW!)}\}$ ;  $Z = \{1 - \text{істина}; 2 - \text{брехня}\}$ ;  $Z = \{1 - \text{свій}; 2 - \text{чужий}\}$ .

В роботі [3] пропонується досвід моделювати за допомогою «суб'єктивного простору-часу-дій» (Subjective Space-Time-Action - SSTA). SSTA формується за допомогою «локальних стріл часу» (Local 'Arrow of Time' - LAoT)  $\{Ev\}^{\wedge} = \{< \tau, \{p\}, \varepsilon >\}^{\wedge}$ , пов'язаних з думками-діями ( $\tau$  – значення-начерк деякого тесту  $\tau$ ;  $\{p\}$  – контекст, що включає просторові координати;  $\varepsilon$  – емоції). Це специфічні множини емоційно-просторових подій, які дозволяють виявляти складні причинно-наслідкові закономірності, шаблони, «схеми дій», просторові карти. Об'єднання мережі мереж начерків образів та SSTA дозволяє говорити про «духовні мережі начерків образів».

Передбачається, що довільний стан ACS або процес можна описати за допомогою безлічі елементарних тестів  $\{\tau\}$  (аналог змінних). Загальну схему конфігуратора тестів (мережі начерків або когнітивної моделі сигналу) з використанням синтаксису лексичних дерев можна представити таким чином (мультиформалізм):

```
Test [ ^ Test... ] [ # TestX... ] [ { a/A } ] [ Context ] {  
  Dn [ ^ Dn... ] [ # Dx... ] { ; ; }   [ { On }n ] [ { Sg }n ] [ { S, R }n ] [ { NN }n ] [ { Ag }n ] [ { LAoT }n ]  
  ...  
  D2 [ ^ D2... ] [ # Dy... ] { ; ; }   [ { On }2 ] [ { Sg }2 ] [ { S, R }2 ] [ { NN }2 ] [ { Ag }2 ] [ { LAoT }2 ]  
  D1 [ ^ D1... ] { ; ; }               [ { On }1 ] [ { Sg }1 ] [ { S, R }1 ] [ { NN }1 ] [ { Ag }1 ] [ { LAoT }1 ],  
   $\forall \{ ; ; \} = \{ z_1 [ ^ x_1... ] [ Int_1 ] [ \{ g/\mu \}_1 ]; \dots; z_k [ ^ x_k... ] [ Int_k ] [ \{ g/\mu \}_k ] \}$ ,  
  де 'Test' – назва тесту; ' ^ Test...' – список умовних позначень тесту;  
  '# TestX...' – список посилань на більш загальні тести;
```

$\{a/A\}$  – множина зовнішніх тестів, які впливають на перетворення в рамках Test; [Context] – контекст, у межах якого дійсна дана модель тесту (приклад, Z-задача);

'Dj' – назва j-го домену (узагальнення доменів знизу доверху); ' ^ Dj...' – список умовних позначень j-го домену; '# Dx...' – посилання на домени предки;

{ ; ; } – список альтернативних елементів домену;

{ { On }<sub>j</sub> } – онтологічні угоди; { Sg }<sub>j</sub> – сурогатні моделі; { { S, R }<sub>j</sub> } –

---

автоасоціативні моделі знань або індукторний простір ( $S$  – коди-евристики,  $R$  – провісники);  $\{Ag\}_j$  – агенти (соціум, рій агентів, експертне середовище);  $\{NN\}_j$  – нейронні мережі, вихідний шар яких збігається з  $D_j$  (Morphological computation);

$\{LAoT\}_z$  – всі локальні "стріли часу", яки пов'язані з  $Z$ -задачею розрізнення-управління; можуть відображати як особистий досвід агента, так і досвід соціуму  $\{Ag\}_z$ ;

$z_j$  – елементи домену,  $[\wedge x_j \dots]$  – аліаси  $j$ -го елемента;  $[Int_j]$  – числові інтервали, залежать від  $\{a/A\}$  (зазвичай, лише для першого дискретного домену); якщо значення будь-яких тестів з  $\{a/A\}$  не визначено, то й схеми відповідних перетворень також не визначено.

Для кожного значення будь-якого домену задані як мінімум шість класів індукторів: транзитивні обчислення по ієрархії доменів (узагальнюють дані первинних вимірювань); обчислення на основі онтологічних угод; обчислення на основі автоасоціативних моделей знань; обчислення на основі безлічі нейронних мереж; обчислення на основі багатоагентних технологій (аутсорсинг); обчислення на основі досвіду («стріли часу» та «стріли причинності»). Розрахункове значення тесту на будь-якому рівні узагальнення повинно бути погоджено за сигналами від різних індукторів і це накладає обмеження на сукупність можливих станів всієї системи, забезпечуючи системну цілісність. Якщо має місце конфлікт значень будь-якого домену, то система контролю повинна інформувати про це користувача, що істотно підвищує функціональну стійкість критичних технологій. Модель допускає також застосування квантово-подібних технологій (суперпозиція начерків, ре/де-когеренція) [3].

Модель тесту (параметру, сигналу) демонструє, що ключова властивість ACS – це існування тотального аудиту всіх інформаційних потоків, що дозволяє реалізувати «м'яке» вимірювання та прогнозування (Predictive Processing) будь-якого сигналу навіть в умовах відмови датчика (основа забезпечення відмовостійкості, катастрофостійкості та антихрупкості). Механізми прогнозування або "штучної інтуїції" удосконалюються с досвідом і стають більш економними, втіленими та швидкими [3].

Конфігуратор тесту демонструє, що досягти кінцевої мети (заданого рівня точності) можливо поступово (часова логіка "підрулювання" або суб'єктивна динамічна логіка - SDL; SDL is a process-logic; its salient property is evolution of vague representations into crisp; Iterative Temporal Planning / Distinguishing in Uncertain Environments). Це значно знижує витрати ресурсів на когнітивний

контроль, обчислення та дії по досягненню мети. Це також дозволяє емпіричним шляхом визначити достатню точність для задоволення потреб. На кожному часовому «відрізку підрулювання» можна застосовувати ти чи інші автоматичні процедури (навички) та аутсорс (делегувати виконання деяких завдань іншим агентам).

Реалізація еволюційного оператора інкубації / адаптації когнітивної системи в рамках будь-якої Z-задачі розрізнення описується схемою (Asymptotic rationality; Intelligent-in-Time Logics) [3]:

$$\{V\}_0 \rightarrow W_Z(\{V\}_0) \rightarrow \dots \rightarrow \{S^*\}_{Full} \rightarrow \{\{S^*\}_{Min}\}_{Full}, E_Z \geq 0,$$

де  $E_Z$  – енергія, мотивація (параметр порядку);

$\{V\}_0$  – база прецедентів,  $V$  – евристики виду  $V = (f/\mu: \{a/A\} \rightarrow_e z/Z)$ ,  $S^*$  – граничні евристики, які неможливо редукувати та узагальнити;  $W_Z$  – оператор категоризації;

$\{\{S^*\}_{Min}\}_{Full}$  – базис граничних моделей знань (ГМЗ), або «тонкій зріз».

Фінальні базиси ГМЗ є інваріантами високого порядку в структурі задачі. Заміна однієї ГМЗ на іншу веде до повної перебудови включеної в рішення задачі функціональної системи. Рухома динамічна структура базисів ГМЗ сформована імовірнісною участю в них окремих елементів, що обумовлює велику гнучкість і легкість перебудов між елементних зв'язків. У роботі [3] розглянуто процес автоматичного і імпліцитного формування системної моделі інформаційних потоків на основі банку тестів  $\{G(\tau)\}$  (The Extended Body-Connectome-Cognitome-Interactome).

Дамо формалізований опис одного з типових завдань розрізнення на основі досвіду: потрібно віднести довільний начерк  $P$  (результат спостереження) до будь-якої ситуації з бази прецедентів  $\Omega = \{\alpha\}$ . Начерком може бути малий фрагмент образу.

Кожна ситуація-образ  $\alpha$  представлена мережею начерків (емоційно та фактуально навантажених начерків в межах SSTA). З нею також пов'язаний континуум вирішених раніше завдань розрізнення  $\{z/Z\}_\alpha$ , а точніше  $\{z/Z\}_{\{LAoT\}_z}_\alpha$  з урахуванням досвіду вирішення кожної Z-задачі, наприклад, частотного профілю використання евристик (склад задач розрізнення залежить від  $\Omega$ , тобто предметної області). Для начерку  $P$  також вирішується (якийсь) континуум завдань розрізнення  $\{z/Z\}_P$ . Розв'язанням задачі розрізнення буде наступна множина ситуацій-образів:

$$\{\alpha\}_P = \{\alpha \mid \{z/Z\}_\alpha \cap \{z/Z\}_P \neq \emptyset \ \& \ \neg \exists \text{ Z-task: } (z/Z)_\alpha \neq (z/Z)_P\}.$$

Шлях та швидкість встановлення множини  $\{\alpha\}_P$  залежить від досвіду, тобто від  $\{\{z/Z\}_{\{LAoT\}_z}_\alpha\}$  (Cognitive Computing). С часом цей шлях

---

вдосконалюється і стає більш економним та швидким (Asymptotic rationality). Чим більше задач розрізнення  $\{z/Z\}_\alpha$  (для всіх  $\alpha$ ) і  $\{z/Z\}_p$  та чим більший досвід, тим надійніше і точніше розв'язання цільової задачі. З точки зору економії ресурсів та швидкості важливо, що «континуум задач» виконується підсвідомо (автоматично). Може усвідомлюватися лише результат.

В доповіді обґрунтовується теза, що один із ключових інструментів інтуїтивного (швидкого, миттєвого) розв'язання задач розрізнення – це «Creative Stirring / Mixing Layer» в межах «континууму задач» (Dynamic Competition Mechanism of Instant Decision). Стверджується, що концепти «Creative Stirring / Mixing Layer», «Mixed Layer Depth» відіграють важливу роль при вирішенні задач розрізнення та моделюванні реакції на події-спостереження в рамках SSTA [3]. В доповіді розглядається практичний механізм «Creative Stirring / Mixing Layer» при рішенні будь якої задачі розрізнення. Запропонована схема реалізує динамічний конкурентний механізм миттєвого прийняття рішень, завдання якого забезпечити «виживання» та досягнення цілей когнітивної системи в агресивному та невизначеному середовищі. Таким чином, модель демонструє як використання стохастичності може стати основою креативного агентства (creative agency). Модель може вирішити очевидний конфлікт між редукціоністськими (мікрорівневими) уявленнями про поведінку та поведінкою як результат раціональних і заснованих на цінностях (макрорівневих) рішень. Загальний висновок збігається з висновком роботи [6] про те, що організми використовують як свідому, так і несвідому стохастичність. В організмах стохастичний резонанс на локальному рівні можна використовувати для самоорганізації на глобальному рівні (рівня окремого базису ГМЗ або Глобального робочого простору в цілому).

Розум піддається навчанню і його логіка змінюватиметься в залежності від того, чому він навчився з часом, включно з внутрішніми процесами інкубації. Асимптотична раціональність означає, що разом з досвідом зростає і ступінь поінформованості, проникливості, мудрості агента/робота, зокрема, для вирішення завдань розрізнення використовуються все більш узагальнені та економні евристики (евристики «тонкого зрізу»). Крім того, вибираються евристики з кращими характеристиками, які підтверджені досвідом (меншим ризиком, вищим рівнем задоволення тощо).

**Висновки.** Застосування запропонованої технології в транспортних та авіакосмічних системах дозволяє запобігти багатьом катастрофам, як наслідок значно подовжити функціонування, зокрема, автономних систем. Крім того,

підхід дозволяє створювати системні моделі технологічних процесів в металургії та хімічній індустрії.

## COGNITIVE APPROACHES TO INTELLIGENCE: ASYMPTOTIC RATIONALITY AND CONTINUUM OF DISTINCTION TASKS

Prokopchuk Yurii

**Abstract.** Having artificially intelligent machines that think, learn, reason, experience, and can function autonomously, without supervision, is one of the most intriguing goals in all of Computer Science. The goal of this paper is to outline some basic principles and concepts that are the backbone of real, autonomous Artificial Intelligence. The design of hybrid artificial intelligence methods and algorithms is presented using the limiting generalization paradigm. The results of the study can be used to create cognitive agents and robots, as well as the cognitive Internet.

**Keywords:** Human-Like Intelligence, Cognitive Computing, Distinction Tasks, Paradigm of Limiting Generalizations, Creative Agency, Asymptotic Rationality, Subjective Space-Time-Action.

### Література / Reference

1. Bateson G. (2015). Form, Substance and Difference. A Review of General Semantics. Vol. 72, No. 1, pp. 90-104.
2. Prokopchuk Y. (2017). Sketch of the Formal Theory of Creativity. Dnepr, Ukraine: PSACEA Press. 452 p. (in RU)
3. Prokopchuk Y. (2022). Intuition: The Experience of Formal Research. Dnepr, Ukraine : PSACEA Press. 724 p. (in RU)
4. Prokopchuk Y., Ben A., Ponomaryova V., Nosov P. (2022). A cognitive approach to intelligent control theory: competencies / learning modules for distinction tasks. Materials of the 14th Scientific and Practical Conference «Modern Information and Innovative Technologies in Transport (MINTT-2022)». Kherson, Ukraine: XSMA.
5. Taniguchi T., Murata S., Suzuki M., Ognibene D., Lanillos P., Ugur E., Jamone L., Nakamura T., Ciria A., Lara B., Pezzulo G. (2023). World Models and Predictive Coding for Cognitive and Developmental Robotics: Frontiers and Challenges. 10.48550/arXiv.2301.05832.
6. Noble R., Noble D. (2021). Can Reasons and Values Influence Action: How Might Intentional Agency Work Physiologically?. Journal for General Philosophy of Science. 52. 10.1007/s10838-020-09525-3.