

З. Л. Рабинович, Ю. А. Белов

Пам'ять людини й мислення — образне й символічне (концептуальне модельне відтворення)

(Представлено академіком НАН України О. В. Палагіним)

Розглядаються основні принципи структурної організації пам'яті в мозку людини й процесів мислення в ній, орієнтованих на розпізнавання образів і вирішення проблем. Викладений матеріал має подвійне значення — прикладне та пізнавальне. Перше — вельми важливе для ефективного застосування в підвищенні інтелектуальності високоефективних ЕОМ з використанням біонічного підходу. Друге — відкриває подальші перспективи для глибшого пізнання структури мозку та процесів обробки інформації в ньому з принципово кібернетичних позицій і цілеспрямованих наукових досліджень у цьому напрямі.

Вихідний постулат повідомлення — мислення, що відтворюють інформаційні процеси, які відбуваються в пам'яті людини як сховищі знань (пам'ять). Ці знання охоплюють усі ті, що накопичуються протягом життя, а також ті, що генетично були зафіксовані в пам'яті.

Пам'ять розглядається як нейронне середовище, яке знаходиться в мозку під черепом, що не виключає можливостей розширеного її тлумачення, але разом з тим обмежує всі викладені положення тільки такими, які можуть опиратися на добре відомі, безсумнівні науково-експериментальні факти.

Базуючись на одержаних нами раніше результатах, основні з яких наведені в [1–7], у тому числі отриманих у співробітництві з доцентом МДУ нейрофізіологом Г. С. Воронковим, проаналізуємо основні принципи структурної організації пам'яті. При цьому методологічно доцільно виходити з найбільш загального її визначення, даного Дж. Хокінсом (США) [8], яке за змістом цілком узгоджується з уявленнями авторів. Формулювання цього визначення наділяє пам'ять трьома фундаментальними (достатніми для додання їй глобальності) властивостями — концептуальністю, ієрархічністю й асоціативністю. Розглянемо кожне з них відповідно до предмета роботи.

Концептуальність означає, що в пам'яті переробка інформації, яка надходить із зовнішнього відносно неї середовища, здійснюється структурними засобами, у своїй основі подібними для всіх її джерел, а функціональна специфіка цих структур визначається вже типами та місцем компонент нейронного середовища пам'яті, у базисі яких вони реалізуються, тобто ці структури і являють собою різні образи, отримані із середовища організму (органів почуттів, руху, травлення і т. д.). Концептуальність також означає інваріантність сприйняття образів пам'яттю як понять про об'єкти, які вони виражають.

Ієрархічність пам'яті здійснюється фіксацією в ній понять як сукупностей складових їхніх атрибутів, які також можуть виражати більш дрібні поняття — аж до “крапкових” сигналів, що з'являються безпосередньо нервовими волокнами (зоровий нерв, наприклад, містить їх ~ 500 тис. [9]). Здійснюється така ієрархічність багатопшаровою її побудовою в частині кожного зафіксованого в ній поняття, що приводить до пірамідальних значенневих структур, які виражають поняття образів. Основами цих структур є сукупності компонентів

середовища пам'яті, що передають образи в цілому. Дані пірамідальні структури можуть бути модельно відтворені за допомогою математичного апарата — так званих зростаючих пірамідальних мереж [10].

Асоціативність пам'яті означає наявність у структур (пірамід) окремих образів загальних компонентів, що визначає ці образи як асоціативно зв'язані між собою. Отже, дана властивість характеризує пам'ять як семантичну мережу взаємозалежних пірамід окремих образів, реалізовану в нейронному середовищі. Ця мережа і є сховищем знань, використовуваних у процесах мислення та взаємодії із зовнішнім стосовно пам'яті середовищем.

Вищевикладене уявлення про пам'ять є найзагальнішим і мінімально необхідним. Однак відзначимо, що для пояснення функціонування пам'яті необхідно деталізувати її структурну організацію. Проведемо глибоке проникнення в структуру пам'яті та принципи її становлення (навчання), а також обробки інформації в ній.

Відправною позицією для такого проникнення є головна гіпотеза, яка з кібернетичних позицій розкриває поняття пам'яті і інформаційних процесів, що в ній відбуваються, до самої глибини [3, 7]. Згідно з цією гіпотезою (у гранично стислому формулюванні) “відтворення будь-якого зафіксованого в пам'яті поняття (образу, знання) здійснюється збудженням усіх компонентів її нейронного середовища, що склали в сукупності це поняття”. Це означає, що відповідно до вищевикладеної властивості ієрархічності пам'яті відтворення якого-небудь образу в ній, який є в цілому верхівкою його піраміди, вимагає порушення компонентів усіх її рівнів, для чого ця верхівка повинна бути зв'язана з усіма розташованими нижче компонентами збуджувальними зв'язками. Ці зв'язки є зворотними стосовно конвергентних зв'язків, якими піраміда була утворена.

Ще раз необхідно підкреслити, що без зворотних (дивергентних) зв'язків образ у пам'яті взагалі не фіксується, тобто вони повинні бути вже сформовані під безпосереднім впливом вхідного об'єкта, образ якого фіксується в пам'яті. Саме таким чином і здійснюється навчання пам'яті, інакше кажучи, її становлення.

Збудження компонентів піраміди образу по зворотних зв'язках будемо називати внутрішнім поглядом. Закінчується ця операція, збуджена верхівкою піраміди, збудженням компонентів на її дні, яке дублює всю сукупність сигналів-рецепторів, що виникають у пам'яті об'єкта. Ця особливість структури пам'яті (дублювання), експериментально підтверджена, є необхідною для здійснення операції внутрішнього погляду, інакше виникали б неправильні збудження (міражі) рецепторів відтвореного з пам'яті образу.

Із зазначеної сукупності компонентів власне й починається пам'ять, що фіксується зворотними зв'язками, що надходять на них знизу. Інакше кажучи, пам'ять у нейронному середовищі мозку починається саме там, де закінчуються зворотні зв'язки від її вищих рівнів. Інші компоненти цього середовища (не пам'ять) служать для взаємодії пам'яті з організмом у цілому.

На рис. 1 зображено дві найпростіші локальні структури образів — ще не зафіксовану в пам'яті й уже зафіксовану в ній (відповідно з рецепторами-атрибутами cdef і abcd). Обидві структури мають загальний компонент cd, що асоціативно з'єднує ці образи, чим вже забезпечується їхнє повне запам'ятовування в пам'яті (зрозуміло, при побудованому образі cdef). Ось так у локально деталізованому вигляді уявляється структура пам'яті, що характеризується вищевказаними трьома властивостями.

Неймовірним здається те, наскільки ефективно й економічно, завдяки описаній локально-глобальній організації пам'яті, природа забезпечила виконання її динамічної головної функції — розпізнавання образів. Дійсно, пред'явлення пам'яті образу, зафіксованого в ній,

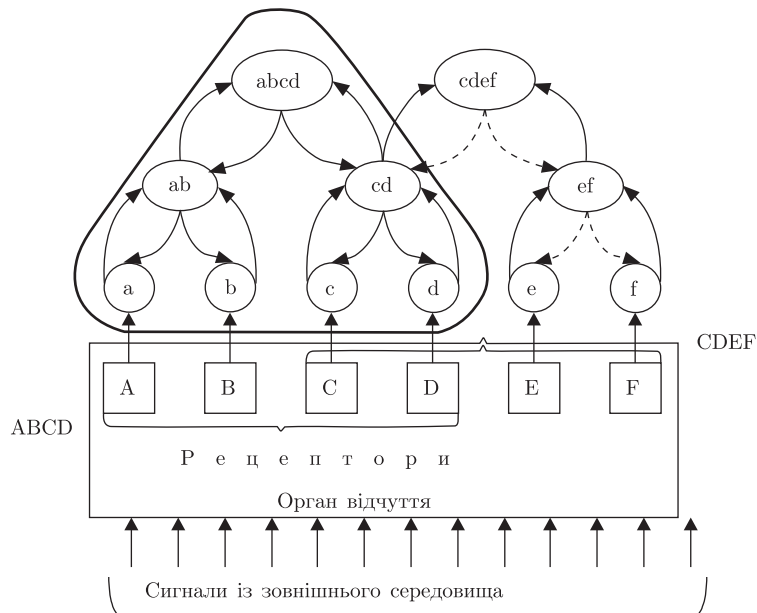


Рис. 1. Елементарні структури сприйняття образу, запам'ятовування і розпізнавання

спочатку викличе процес побудови його піраміди конвергентними висхідними зв'язками. Але його повне розпізнавання здійсниться лише коли виникне внутрішній погляд як порушення всіх дивергентних спадних зв'язків у піраміді образу, а збудження цих зв'язків відбуватиметься в міру утворення прямих зв'язків і закінчуватиметься з деяким тимчасовим збудженням після порушення верхівки піраміди образу.

Модельне відтворення даного процесу розпізнавання, як поточного [4, 5], саме й виявило закінчення внутрішнього погляду у вигляді сплеску повторного порушення компоненти основи піраміди (тобто на вході до пам'яті). Це явище підтверджує істинність викладеного уявлення про структуру пам'яті і її функціонування в частині розпізнавання образів (і підкріплює відомі догми типу “бачить не око, а мозок”).

Таким чином, внутрішній погляд людини є основою так званого образного мислення. І не тільки його, але й логічного. Викладене уявлення про пам'ять ще не є для цього достатнім, але воно цілком достатнє лише для застосування до тварин, що мають центральну нервову систему. Для застосування до концепції пам'яті людини дане уявлення повинне бути доповнене засобами реалізації в ній функцій інтелекту. Такі якості притаманні спеціальній пам'яті для відображення й обробки символічної інформації на основі вже вищевикладених загальних принципів. Таким чином, знання в пам'яті людини виражаються у двох формах — сенсоріума (почуттєва) і мовної системи (МС) як символічної [2, 3]. Ці дві форми знань безпосередньо зв'язані між собою спільними компонентами, причому при становленні пам'яті МС формується вже услід за сенсоріумом.

Співвідношення між інформаційними діями в сенсоріумі та МС і визначають процеси мислення — неусвідомлювані й усвідомлювані. Приклад першого процесу — автоматичне (тобто без міркувань) упізнавання пропонованого пам'яті образу. Усвідомлюване ж мислення вимагає різних дій над символічною інформацією (наприклад, міркувань), тобто участі МС, яка оглядає те, що діється в сенсоріумі, де при цьому відбувається порушення різних образів.

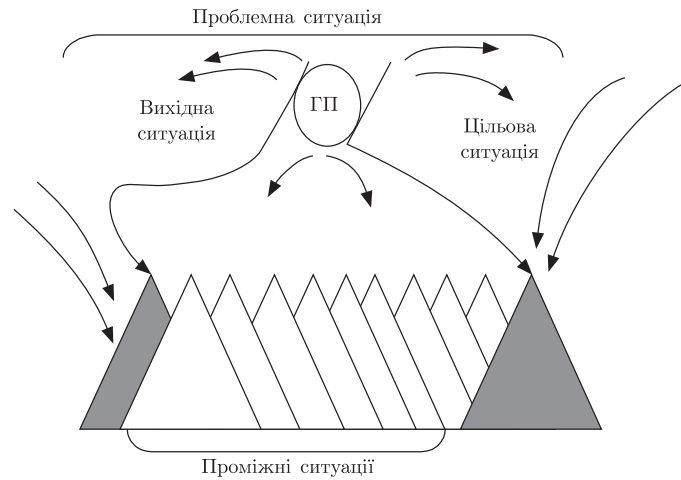


Рис. 2. Мета вирішення проблеми як перетворення образних ситуацій

Отже, у цілому процес мислення є комбінацією неусвідомлюваного й усвідомлюваного. Досить природно це можна показати на моделі процесу вирішення проблем, що є основним завданням природного й штучного інтелекту [3, 6]. Таке завдання зводиться до знаходження причинно-наслідкового ланцюга дій, цілеспрямованого на перетворення вихідної ситуації в цільову. Ці ситуації модельно втілюються в пам'яті, і весь ланцюг дій відображається послідовністю проміжних ситуацій шляхом від вихідної до цільової. Сукупність цих ситуацій наочно модельно відображена (як проблемна ситуація в цілому) так званим генератором проблем (ГП), полюсами якого є вихідна й цільова ситуації, замикання яких і реалізує вирішення проблеми [1] (рис. 2). Це замикання здійснюється на рівні усвідомлюваних логічних міркувань у МС і неусвідомлюваного спонтанного поширення збуджень у нейронному середовищі пам'яті й може сприйматися як раптове осяяння [1].

Викладені уявлення про структурну організацію пам'яті та процеси мислення, як роботу зі знаннями (змістами), можуть бути ефективно використані для подальшого підвищення рівня машинного інтелекту високопродуктивних ЕОМ [3], а також для розширення структурними засобами сфери функціональних застосувань ЕОМ (у плані передбачуваного в перспективі створення так званих спеціальних думаючих машин [8]). В обох цих використаннях ефективність мислення досягається за рахунок одночасності процесів обробки інформації, а також їх розподіленості.

Найбільший інтерес сьогодні, мабуть, становить перше використання, що стосується універсальних ЕОМ. Тут безсумнівний прояв позитивних відмінностей кластерної архітектури таких машин, причому й для побудови систем моделювання самих механізмів природного інтелекту, пов'язаного з обробкою різного роду інформації, а також з різними за специфікою інформаційними технологіями. На нашу думку, досить ефективними повинні виявитися високопродуктивні мультимікропроцесорні ЕОМ, які мають розвинені властивості налаштування на різні інформаційні технології, реалізовані, зокрема, з використанням кластерної організації [11, 12].

Однак при повному фундаментальному пізнанні пам'яті необхідно враховувати її особливу властивість, яку назвемо емоційністю. Ця властивість реалізується емоційними компонентами, впливаючи на зв'язки між базисними елементами пам'яті, активізуючи їх або пригнічуючи й викликаючи цим позитивні та негативні емоції (у певних межах).

Отже, пам'ять за своїми фізичними характеристиками є змінною й (можна вважати) має два функціональні класи функцій виходу, один з яких розглянутий у роботі — значенневий, а інший — настроєвий [7]. Процеси цих двох класів взаємно впливають один на одного в тому розумінні, що значенневі результати, з одного боку, мають так зване в літературі емоційне забарвлення, а з іншого — можуть викликати ті або інші емоції. Але це вже стосується проблематики пізнання душі людини й не має безпосереднього відношення до предмета повідомлення.

1. Рабинович З. Л. Некоторый бионический подход к структурному моделированию целенаправленного мышления // Кибернетика. – 1979. – № 2. – С. 114–118.
2. Рабинович З. Л. О механизмах мышления и интеллектуальных ЭВМ // Кибернетика и систем. анализ. – 1993. – № 3. – С. 69–78.
3. Рабинович З. Л. О думающих машинах и интеллектуальных ЭВМ // Кибернетика. – 2003. – № 5. – С. 83–88.
4. Belov Y. A., Tkachuk S. V., Iamborak R. V. Mathematical and Computer Modelling and Research of Cognitive Processes in Human Brain. Pt. I. System Compositional Approach to Modelling and Research of Natural Hierarchical Neuron Networks // XI Intern. Conf. Knowledge-Dialogue-Solution, June 20–30, 2005, Varna: Proc. Vol. 1. – Sophia: FOI-Commerce, 2005.
5. Belov Y. A., Tkachuk S. V., Iamborak R. V. Mathematical and Computer Modelling and Research of Cognitive Processes in Human Brain. Pt. II. Applying of Computer Toolbox to Modelling of Perception and Recognition of Mental Pattern by the Example of Odor Information Processing // Ibid. – P. 23–36.
6. Rabinovich Z. L., Belov Y. A. Conceptual Idea of Natural Mechanism of Recognition, Purposeful Thinking and Potential of Its Technical Application // Mechanisms, Symbols, and Models Underlying Cognition First International Work-Conference on the Interplay Between Natural and Artificial Computation IWINAC – 2005, Las Palmas, Canary Islands, Spain, June, 2005: Proc. Pt. I. – Springer, 2005. – P. 48–57.
7. Рабинович З. Л., Белов Ю. А. Сознание, подсознание и эмоции, душа и КДС // XII Intern. Conf., KDS – 2006, June, 2006, Varna, Bulgaria: Proc. – Sophia: FOI-Commerce, 2006. – С. 11–18.
8. Хокинс Дж., Блейксли С. Об интеллекте: Пер. с англ. – Москва: ООО “Вильямс”, 2007. – 240 с.
9. Хакен Г. М., Хакен-Крелль. Тайны восприятия. Синергетика как ключ к мозгу. – Москва: Изд. Ин-та комплексных исследований, 2002. – 272 с.
10. Gladun V. P. Decision planning. – Kiev: Nauk. Dumka, 1987. – 167 p.
11. Сергієнко І., Коваль В. СКІТ – український суперкомп'ютер // Вісн. НАН України. – 2005. – № 8. – С. 3–13.
12. Коваль В. Н., Рябчук С. Г., Сергеенко И. В., Якуба А. А. Суперкомпьютерные кластерные системы – организация вычислительных процессов // Журн. проблем программирования. – 2006. – № 2/3. – С. 197–210.

Інститут кібернетики ім. В. М. Глушкова
НАН України, Київ

Надійшло до редакції 23.07.2008

Z. L. Rabinovych, Yu. A. Belov

Human memory and thinking — figurative and symbolic (conceptual model reproduction)

Basic principles of the structural organization of the memory in the human brain and thinking processes in it oriented to the recognition and the decision of problems are examined. The applied aspect of our work is essential for the increase of intellectuality of high-performance computers using the bionic approach. The cognitive aspect opens further prospects for the comprehension of the brain structure and the processes of treatment of information.