

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БАГАТОШАРОВИХ НЕЙРОСХЕМ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ СКЛАДНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАДАЧ

У статті проведено аналіз конструктивних особливостей і можливостей нейронних схем. Доведено, що багатощарові нейронні схеми є ефективним інструментом при вирішенні широкого спектру задач. Розглянуто ряд практичних застосувань нейросхемних алгоритмів, зокрема для аналізу моделей технологічних процесів.

Не зважаючи на досить високу ефективність нейронних мереж при вирішенні ряду складних задач, експертні системи і розум живого організму є мало схожими речами. Основними недоліками нейронних мереж є складність їх реалізації та локальність застосування готових нейромережових конструкцій, а тому за останні кілька років значні зусилля в області розробки систем ШІ були перенаправлені на створення нейронних схем. У зв'язку з цим постає питання шляхів і ефективності застосування нейросхемних конструкцій для вирішення прикладних задач.

Теорія нейронних схем як напрямок ШІ [1] отримала теоретичне обґрунтування й практичний розвиток протягом останнього десятиліття, й на сучасному етапі є актуальною як для вітчизняної [2,3], так і для закордонної [4] наукової думки. На відміну від нейронних мереж, що ґрунтуються на біоадаптивній концепції (створення програмних емуляторів біологічних систем), нейронні схеми використовують програмно-апаратну концепцію (об'єктно-орієнтована адаптація програмно-апаратних модулів під функціональні характеристики біологічних аналогів).

З програмно-апаратної точки зору [5] мозок і нервова система складаються з великого набору нейронів – основної структурної і функціональної одиниці нервової системи. Причому через аксони нейрони передають електричні імпульси, а через дендрити – отримують. Тому будь-яку ділянку біологічної нервової системи можна формалізовано подати у вигляді друкованої плати, де ролі мікросхем виконують тіла нейронів, а електричними провідниками є аксони й дендрити, підключені один до одного в певній послідовності (аксон завжди передає, а дендрит завжди приймає сигнал). Відповідно, нервовий паттерн (сигнал, що передає інформацію між нейронами) являє собою команду мікропроцесора, передану по одиночному провіднику у вигляді бітової послідовності. У нервовому паттерні закодований код операції, тип операндів і самі операнди, що подібні роботі мікропроцесорів у комп'ютерах. Відтак, програмно-апаратна концепція розглядає кожен нейрон як мініатюрний мікропроцесор.

Нейронні схеми базуються на використанні базових класів компонентів-примітивів, оскільки мають фрактальну структуру (всі складні елементи утворюються комбінацією більш простих компонентів за єдиним принципом). Як правило, у головному типі реалізовані всі функції основних схемних взаємодій мікросхем у нейронних схемах. Методи типу розділені на особисті, захищені і загальнодоступні. Особисті методи використовуються винятково для внутрішніх цілей, щоб правильно працювали основні схемні взаємодії мікросхем, незалежно від їх можливої приналежності до різних класів нейронних мікросхем. У захищених методах розташовані всі методи, що перекриваються в наслідуваних класах, які впливають на розходження у виконуваних мікросхемами операціях; різні класи мікросхем створюються перекриттям даних методів і вписанням у них характерних для відповідного класу мікросхем алгоритмів базових операцій. Загальнодоступні методи використовуються для загального керування мікросхемою. Захищені методи доступні тільки з наслідуваних класів, загальнодоступні методи – з будь-якої позиції.

Звичайно нейросхемні компоненти містять в своєму складі набір або масив компонентів нижчих рівнів. Оскільки функціональні елементи нейросхем є класами головного типу, то, в залежності від максимального порядку використовуваних у їх складі інших класів, можна виділити три рівня (або категорії) нейросхемних компонентів.

Елементи першого рівня призначені для виконання окремих простих функцій. Основним критерієм відношення до першого рівня є наявність допоміжних, а не функціональних (з точки зору вирішуваних нейросхемою задач) властивостей. Прикладами нейросхемних елементів першого рівня є мікросхеми булевої логіки, математичної логіки, підсилювача нервових сигналів й інші.

Мікросхема булевої логіки аналогічна відповідним комп'ютерним мікросхем й призначена для виконання булевих операцій *or*, *xor*, *and* і *not* над вхідними нервовими сигналами.

Мікросхема математичної логіки виконує математичні операції над вхідними нервовими сигналами. Оскільки математичних операцій може бути безліч, то внесено в мікросхему тільки невеликий набір стандартних операцій. Як і мікросхема булевої логіки, мікросхема математичної логіки може працювати тільки в одному з доступних режимів.

Мікросхема підсилювача нервових сигналів забезпечує функцію тренуємості, яка означає здатність нервових кліток по-різному ставитися до тих самих вхідних нервових сигналів, тобто придушувати їх або посилювати. За допомогою підсилювача нервових сигналів кожен дендрит здатен змінювати свій опір. В більшості випадків, без наступного підживлення входу підсилювача ідентичними нервовими сигналами, його вихідний сигнал починає поступово втрачати свою силу.

Інтегратор, здатний до узагальнення інформації, – найважливіша ланка в нейронних схемах. Інтегратор узагальнює інформацію до образу й зберігає у своїй пам'яті всі образи, що коли-небудь отримували. На кожен образ, що надійшов із зовнішнього середовища, інтегратор самостійно виробляє код образу, причому для цього не координується з іншими елементами схеми. Тобто інтегратор фіксує в себе в пам'яті кожен образ, а іншим елементам передає тільки його код, і цьому коду інші елементи схеми зіставляють відповідні знання, події, відповідні реакції.

Елементи другого рівня звичайно мають в своєму складі деяку кількість елементів першого рівня, й здатні до виконання простих інтелектуальних операцій. Елементів другого рівня може бути створено безліч; із відомих найбільш використовуваними є рецептор, перколятор і ефектор.

Рецептор – найпростіший елемент в нейронних схемах. На кожен рецептор нейронної схеми може бути призначена своя зовнішня процедура, що читає векторний нервовий сигнал ззовні схеми.

Ефектор виконує зворотну до рецептора функцію, передаючи сигнали зі схеми в зовнішнє середовище. Ефектор завжди підключається до виходу іншої мікросхеми, причому один ефектор може бути підключений до виходів відразу кількох мікросхем.

Перколятор – інтелектуальний інтегратор, що володіє можливістю самонавчання, стійкий до зміни порядку його підключення в загальній схемі й зсувів образу, а також може мати будь-яку кількість вхідних дендритів.

Не зважаючи на певну простоту, елементи другого рівня дозволяють компонувати нейросхеми, що здатні вирішувати складні практичні задачі. Так, на базі нейронних схем було розроблено програми, здатні ефективно розпізнавати друковані й рукописні тексти зі значним ступенем спотвореності [6]. Найчастіше нейросхеми другого рівня конструюються з блоків рецепторів (наприклад, матриць графічних зображень, в яких один рецептор приймає сигнал зі співставленого йому пікселя), які, групуючись за деякою схемою, передають сигнали до перколяторів, а перколятори виводять із схеми результат своєї роботи через єдиний ефектор [7].

Елементи третього рівня можуть мати в своєму складі елементи першого й другого рівнів, що дає їм можливість роботи зі складними об'єктами. Як і елементів другого рівня, елементів третього рівня може бути безліч. На поточному етапі найбільше практичне застосування отримали полірецептор, мультиперколятор, ітератор і пост-ефектор.

Полірецептор, як і рецептор, приймає сигнали із зовнішнього середовища, однак на відміну від рецептора полірецептор приймає не єдиний бітовий сигнал, а вектор сигналів. Важливою особливістю полірецептора є можливість підключення в якості елементів вхідного вектора інших полірецепторів; зрештою, це дає нейросхемі можливість сприймати багатомірні об'єкти.

Мультиперколятор – це комплексний інтелектуальний інтегратор, що здатен обробляти мультипозиційні сигнали, тобто ідентифікувати, запам'ятовувати й аналізувати багатомірні образи.

Ітератор розбиває образи довільної мірності на автономні логічно замкнені об'єкти змінного рівня складності. Для цього проводиться пошук локальних мінімумів ідентифікації серед образів, які пам'ятають мультиперколятори. В залежності від мети, образ може бути розділений на сегменти певного класу, однак пошук підсегментів можливий лише на наступних ітераціях і роздільно.

Пост-ефектор виводить сигнали з нейросхеми із можливістю класифікації вивідних даних. Класифікація є вкладеною властивістю й може бути як ієрархічною, так і статистичною (або ієрархічною і статистичною паралельно).

Описані елементи третього рівня використовуються, як правило, в єдиному комплексі. При цьому матриці полірецепторів передають інформацію мультиперколяторам, які за допомогою ітераторів сегментують її та обробляють (в залежності від мети), а сигнали передають у єдиний пост-ефектор, який видає її в ієрархічній послідовності (деякі складні об'єкти при цьому „збудовуються” заново).

Нейросхемні елементи третього рівня здатні обробляти інформацію будь-якої складності й розмірності, а обмеження мають місце лише операційні, які усуваються шляхом конструювання спеціалізованих елементів третього рівня. Наприклад, з метою пошуку оптимального варіанту технологічного процесу (як єдиного складного багатомірного об'єкту) було розроблено технологію розпізнавання структурних одиниць техпроцесів на базі нейронних схем і використано технологію застосування методологічного апарату ланцюгів Маркова для порівняння прогнозованих оптимальних ТП із існуючими [7]. Зокрема, нейросхемний комплекс дозволив визначати основні елементи техпроцесів (як техоперації, так і їх складові) й створювати на їх базі вузлові моделі технологічних процесів, аналогічні генерованим за допомогою САПР ТП. Порівняння отриманих вузлових моделей із моделями, автоматично згенерованими для вирішення ідентичної задачі, дало можливість робити висновки щодо різниці між практично існуючими та теоретично оптимальними ТП (Рисунок 1). Даний

підхід дозволив генерувати за допомогою САПР ТП техпроцеси, які враховують специфіку існуючого виробництва [7].

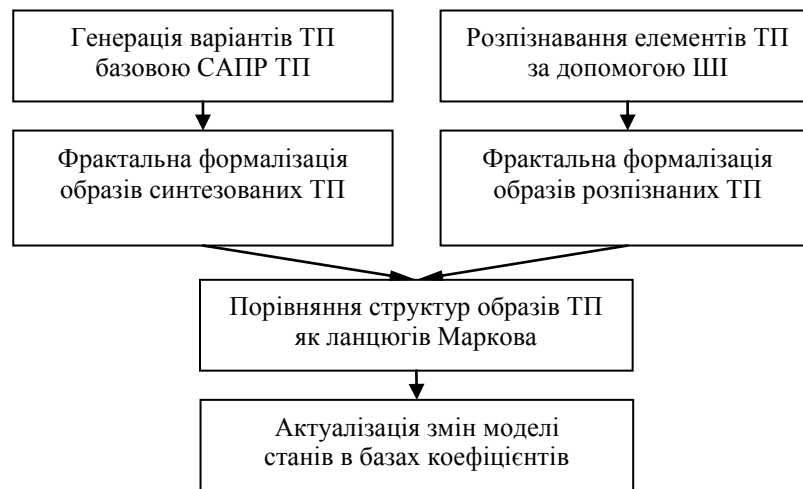


Рис. 1. Загальна схема процедури порівняння техпроцесів як приклад застосування нейросхемних елементів третього рівня

Внаслідок фрактального підходу до конструювання нейронних мікросхем як елементарних одиниць нейронних схем, створення й функціонування компонентів більш високих рівнів, ніж наведені, проводиться за єдиними принципами. Властивістю нейронних схем у цілому є можливість функціонального застосування компонентів нижніх рівнів в якості компонентів вищого рівня із операційними можливостями нижнього рівня. Наприклад, при неможливості опрацювання дробних чисел компонентами другого рівня, існує можливість представлення їх як двомірної дискретної матриці (Рисунок 2), що може бути сприйнята матрицею рецепторів і передана до перколяторів.

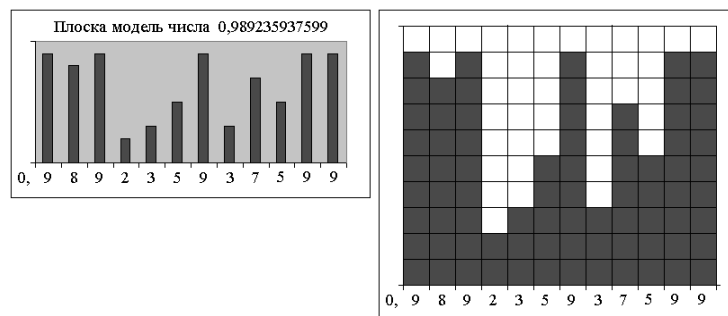


Рис. 2. Формалізований і рецепторний образ числа 0,989235937599

Відповідним чином всередину схеми можуть бути передані об'ємні моделі топографічного типу (Рисунок 3), однак обробка їх як образів із мультипозиційними зв'язками буде проблематичною [8] без застосування мікросхем третього рівня.

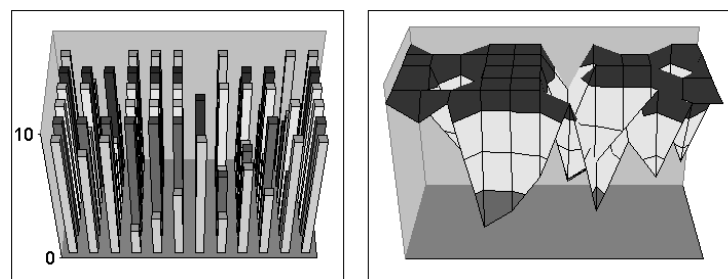


Рис. 3. Топографічна інтерпретація складних образів

В залежності від принципу об'єднання однотипних мікросхем у блоки, розрізняють наступні конструкції багатопарових нейросхем, що утворюються:

- *Надрівневі багатопшарові мікросхеми* – конструкції, що утворюються при створенні необхідних зв'язків між елементами й доданні нових функціональних і операційних властивостей. В результаті утворюється нейросхемний елемент більш високого рівня.
- *Композитні багатопшарові нейросхеми* – блоки елементів, які утворюються при створенні необхідних зв'язків між елементами, що забезпечує появу нових функціональних властивостей. Результатом є створення нейронної схеми із елементів використовуваного рівня.

Наприклад, застосування нейросхем третього рівня для компонування генетичних алгоритмів призводить до створення надрівневої мікросхеми (елементу четвертого рівня) [1], а результатом використання нейросхем третього рівня для моделювання діяльності нейронної мережі (наприклад, Хопфілда) буде створення композитної нейросхеми. Моделювання діяльності біологічних нейронних мереж як природної, так і формалізаційної групи (Хеммінга, Хопфілда, Кохенена та ін.) для вирішення прикладних задач (Рисунок 4) є перспективним напрямком застосування багатопшарових нейросхемних конструкцій.

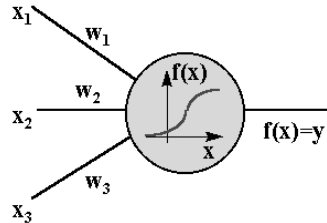


Рис. 4. Формалізована математична модель біологічного нейрону

Перевагами нейронних схем над іншими технологіями штучного інтелекту є:

- 1.) Модульність: кожний компонент нейросхеми складається з компонентів більш низького рівня, створюваних окремо, що підвищує зручність і ефективність їх використання.
- 2.) Об'єктно-орієнтований підхід: використання компонентів як класів базового типу, що значно економить час при конструюванні нейросхем.
- 3.) Фрактальність: єдність принципів створення та застосування компонентів різних рівнів знижує інформаційне й функціональне навантаження при роботі з нейронними схемами.
- 4.) Універсальність: з нейросхемних компонентів можуть бути спроектовані нейронні схеми для вирішення будь-яких задач (від пошуку рішення математичних рівнянь до аналізу складних багатомірних об'єктів), причому швидше і легше.
- 5.) Функціональність: компоненти, спроектовані для вирішення певних задач, можуть бути використані в подальшому для виконання аналогічних функцій; створена нейронна схема може бути модифікована шляхом внесення змін як в архітектуру нейронної схеми, так і в механізм роботи окремих компонентів.

Застосування нейросхемних технологій показало їх високу ефективність і широкі можливості при вирішенні ряду інших прикладних задач, зокрема для адаптивного аналізу спектральної інформації при оптимізації розпізнавання зашумлених образів 9, для підтримки аналітичного апарату об'єктно-орієнтованого підходу проектування технологічних процесів виготовлення деталей машин 10, для декомпозитивного розпізнавання креслень 11, для створення підсистеми прийняття рішень системи багатокритеріальної оптимізації проектування технологічних процесів 12 та ін..

Таким чином, в результаті проведеного аналізу можливостей і переваг нейронних схем доведено, що багатопшарові нейронні схеми є ефективним інструментом при вирішенні широкого спектру задач як в області штучного інтелекту, так і в інших напрямках застосування. Розгляд прикладного застосування нейронних схем для розпізнавання образів та аналізу технологічних процесів виготовлення деталей машин показав функціональні та апаратні переваги нейросхем над іншими технологіями штучного інтелекту. Наукова та практична цінність технології нейронних схем надає підставу для її перспективного розвитку та застосування при вирішенні складних технологічних задач.

Література

1. Мазурець О.В., Ковальчук С.С. Застосування багатопшарових нейронних схем для вирішення складних технологічних задач // Збірник наукових праць за матеріалами другої всеукраїнської науково-технічної конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних технологій 2008» – Хмельницький – ХНУ, 2008. – Том 2 – С.27–35.
2. Мазурець О.В. Застосування нейросхемних технологій для мультикоефіцієнтної оптимізації проектування технологічних процесів виготовлення деталей машин // Збірник наукових праць за матеріалами науково-технічної конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних технологій 2006». Хмельницький – 2006. – С.15–23.

3. www.aimatrix.mn.ru.
4. www.lsm.tugraz.at.
5. Дудкин К.Б. Зрительное восприятие и память. Л.: Наука, 1986. 249стр.
6. Ковальчук С.С., Рыбак Л.П., Мазурец А.В. Создание системы для распознавания рукописных текстов на базе нейронных схем // Сборник трудов Международной научной конференции «Нейросетевые технологии и их применение». Краматорск – 2004. – С.89–103.
7. Мазурець О.В. Розпізнавання та аналіз структури технологічних процесів з використанням моделей Маркова на базі нейронних схем. // Матеріали сьомої Всеукраїнської молодіжної науково-технічної конференції «Машинобудування України очима молодих: Прогресивні ідеї – наука – виробництво». Одеса – 2007. – С.8–11.
8. Ковальчук С.С., Мазурець О.В. Використання моделей станів для мультикоефіцієнтної оптимізації проектування технологічних процесів виготовлення деталей машин засобами нейросхемних алгоритмів // Сборник докладов Международной научной конференции «Нейросетевые технологии и их применение». Краматорск – 2007.
9. Кондратюк А.В., Мазурець О.В. Розробка системи адаптивного аналізу спектральної інформації для оптимізації розпізнавання зашумлених образів за допомогою нейронних схем // Збірник наукових праць за матеріалами другої всеукраїнської науково-технічної конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних технологій 2008» – Хмельницький – ХНУ, 2008. – Том 1 – С.127–135.
10. Ковальчук С.С., Багрій Р.О. Реалізація об'єктно-орієнтованого підходу проектування технологічних процесів на прикладі деталей типу „вал” // Вісник Технологічного університету Поділля. – №5. – 2001.
11. Кубик О.О., Мазурець О.В., Ковальчук С.С. Декомпозиційне розпізнавання символічної інформації з креслень із використанням технологій штучного інтелекту // Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія: Технічні науки: зб. наук. праць / Кам'янець-Подільський національний університет, Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова Національної академії наук України – Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет, 2008. – Вип. 1. – С.109–119.
12. Ковальчук С.С., Мазурець О.В. Теоретичні засади розробки системи багатокритеріальної оптимізації проектування технологічних процесів // Науковий журнал „Вісник Хмельницького національного університету”. Хмельницький, 2008, №2(108), Том 2. – С.26-34.