

В. Д. Дмитрієнко, С. Ю. Леонов, В. О. Бречко

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

ВИКОРИСТАННЯ АСОЦІАТИВНОЇ ПАМ'ЯТІ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

При проектуванні технологічних процесів механообробки використовується банк даних, в якому необхідно знайти потрібну інформацію та скомпонувати її в залежності від задачі. При цьому виникає необхідність побудови багаторівневої структури обробки даних. Також необхідно забезпечити швидкий пошук необхідної інформації, яка знаходиться в банку даних. Вирішити цю проблему можна за допомогою асоціативної пам'яті, застосувати яку можна як при пошуку інформації, так і при подальшому збереженні отриманого технологічного процесу. **Метою роботи** є розробка нейронних мереж асоціативної пам'яті для проектування і зберігання технологічних процесів для високоточних і унікальних деталей. **Результати.** За допомогою запропонованих нейронних мереж асоціативної пам'яті розроблено технологічний процес для виробництва конкретної деталі. Алгоритм навчання окремих модулів багатопшарової мережі являє собою процес визначення навчального набору зображень і побудови матриць вагів зв'язків між вхідним і вихідними шарами нейронів. При використанні асоціативної пам'яті збільшується швидкість роботи з даними за рахунок паралельної обробки інформації. Математичне моделювання технологічного процесу виробництва деталі підтвердило правильність теоретичних положень. **Висновки.** Розроблені нейронні мережі для проектування і зберігання технологічних процесів для виробництва високоточних деталей.

Ключові слова: технологічний процес, асоціативна пам'ять, нейронні мережі

Постановка проблеми і аналіз літератури

Останнім часом труднощі технологічної підготовки виробництва, особливо при виготовленні унікальних високоточних виробів, значно зросли [1, 2]. Це викликано ускладненням існуючої техніки, використанням нових матеріалів, зростанням вимог до точності виготовлених деталей і т.п. Автоматизоване проектування технологічного процесу (ТП) дозволяє скоротити час на розробку операційної та маршрутно-карт ТП, на вибір обладнання, підвищити якість виробленої продукції. Сьогодні автоматизація проектування технологічного процесу базується на створенні систем "людина-машина", коли система працює в діалоговому режимі з технологом, або шаблонних систем, які вимагають адаптації на конкретну виробничу систему [3]. Для вирішення цих проблем застосовується АСУ ТП (автоматизована система управління технологічними процесами) - комплекс необхідних технічних і програмних засобів для забезпечення автоматизації управління обладнанням підприємства. Без застосування АСУ ТП в даний час не обходиться жодна галузь виробництва.

Однак існують галузі виробництва, де застосування стандартних технологічних процесів неможливе в силу унікальності вироблених деталей. Тому виникає необхідність розробки систем проектування, які дозволяють будувати технологічні процеси для унікальних деталей, з подальшим збереженням отриманого результату.

Інтерактивний або діалоговий принцип побудови автоматизованих систем комп'ютеризованого проектування технологічних процесів найбільш повно відповідає сучасним вимогам розробки технологічних процесів.

Такий принцип побудови систем проектування ТП заснований на зверненні до сукупності різних баз даних, які зберігають всю інформацію, необхід-

ну для побудови ТП (дані про технологічні операції, переходи, станочний парк підприємства, готові ТП). Структурна схема комплексної САПР ТП приведена на рис. 1.

Банк даних на схемі комплексної САПР ТП призначений для забезпечення необхідною інформацією процесів автоматизованого проектування підсистем, що розглядалися вище. Основними функціями банку даних є збір, накопичення, зберігання, заміна, пошук і перетворення всіх видів інформації, що обробляється системою, що дозволяє істотно спростити алгоритми і програми функціональних підсистем і скоротити час роботи ЕОМ.

Підсистема автоматизованої розробки технологічних процесів призначена для проектування технологічних процесів обробки деталей.

Підсистема автоматизованого програмування застосовується для розробки керуючих програм для верстатів з ЧПК і промислових роботів, які використовуються при виготовленні деталей основного виробництва і спеціального оснащення [3].

Але при роботі зі складними високоточними деталями (рис. 2), виробництво яких не є поточним, необхідно проектувати технологічний процес індивідуально для кожної деталі. Наведена деталь має більше 60 поверхонь, частина з яких позначена на рис. 2. Деталь має внутрішні і зовнішні циліндричні поверхні, а також канавки складної форми (поверхня 9), ділянку конусної поверхні (поверхня 6). Є нетехнологічний шестигранний отвір, отвори з радіальним биттям і внутрішні отвори.

Використовуючи інформацію, яка знаходиться в банку даних технологічного процесу, можна вибрати і скомпонувати її в один ТП. При цьому виникає необхідність побудови багаторівневої структури обробки даних, коли результати роботи кожного рівня залежать від даних попереднього рівня і впливають на наступний. Також необхідно забезпечити швидкий пошук необхідної інформації, яка знаходиться в банку даних.



Рис. 1. Структурна схема комплексної САПР ТП

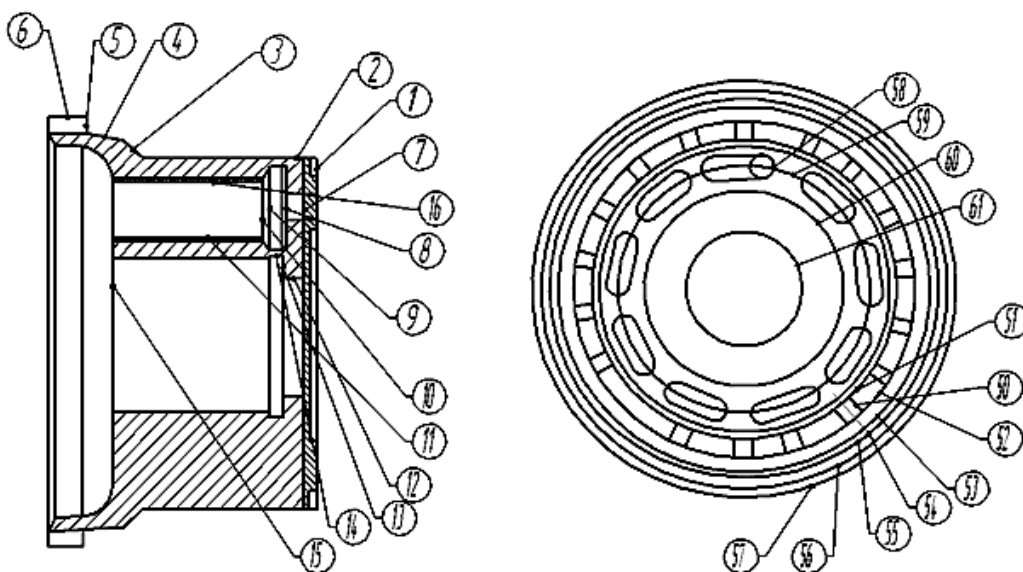


Рис. 2. Нумерація поверхонь на корпусній деталі "Блок циліндрів"

Вирішити цю проблему можна за допомогою асоціативної пам'яті, застосувати яку можна як при пошуку інформації, так і при подальшому збереженні отриманого технологічного процесу.

Сучасні системи для більш ефективного обробки інформації потребують досить високого рівня швидкодії. Однак виникає проблема зв'язку пам'яті і процесора, так як швидкодія процесора на порядок більше ніж пам'яті, в результаті чого пам'ять не встигає забезпечити процесор необхідною інформа-

цією в потрібному темпі. За рахунок ієрархічної організації пам'яті, використання кеш-пам'яті можна прискорити передачу інформації, але такий підхід вимагає великих витрат ресурсів.

Найбільш ефективним способом вирішення цієї проблеми є комбінування функцій зберігання і обробки інформації з використанням асоціативного методу доступу.

У повністю асоціативних запам'ятовуючих пристроях (АЗП) операції порівняння реалізуються

безпосередньо в самих елементах пам'яті, що дозволяє досягти виключно високої продуктивності при асоціативній вибірці даних, хоча при цьому збільшуються витрати на зберігання одного біта інформації. На такі АЗП покладаються основні надії при створенні інтелектуальних систем. Їх розробка орієнтується на використання нових системотехнічних і технологічних принципів проектування. З метою прискорення пошуку даних використовується адресація за змістом, яка здійснюється шляхом одночасного доступу до всіх елементів пам'яті [4].

В сучасних обчислювальних системах часто використовується операція пошуку інформації. При використанні звичайної пам'яті з адресним принципом доступу до даних ця операція займає багато часу, так як операнди зчитуються з пам'яті по черзі (послідовно), після чого над кожним операндом проводиться операція порівняння. Ця обставина є чинником, що збільшує час пошуку. Рішення проблеми полягає в тому, щоб ці операції виконувалися одночасно (паралельно) [5]. Одним із способів реалізації АЗП є програмна організація (моделювання), яка полягає в тому, що асоціативні зв'язки між інформацією, що зберігається в пам'яті, встановлюються шляхом впорядкованого розташування їх у вигляді послідовних ланцюжків або груп (списків), пов'язаних адресами зв'язку (вказівниками), коди яких зберігаються в тих же елементах пам'яті (рис. 3). Цей спосіб зручний для практичної реалізації при великих обсягах інформації, так як забезпечує застосування звичайних накопичувачів з адресним зверненням.

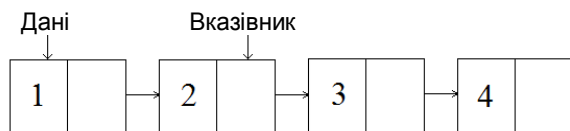


Рис. 3. Розташування даних в пам'яті у вигляді списку

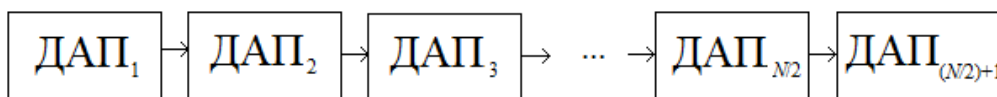


Рис. 4. Список, елементами якого є двонаправлена асоціативна пам'ять

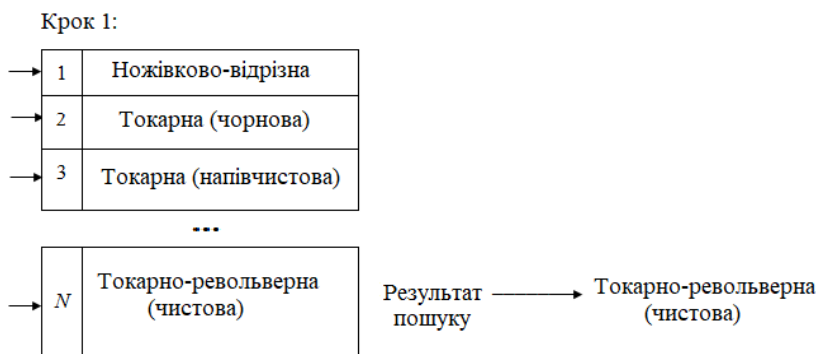


Рис. 5. Пошук операції за допомогою асоціативної пам'яті

При використанні асоціативної пам'яті збільшується швидкість роботи з даними за рахунок паралельної обробки інформації. Після побудо-

Метою роботи є розробка нейронних мереж асоціативної пам'яті для проектування і зберігання технологічних процесів для високоточних і унікальних деталей.

Результати досліджень

При проектуванні ТП будується операційна карта, яка складається з послідовності операцій, які необхідно виконати для виготовлення деталі. Для цього необхідно знайти потрібні операції з наявних і побудувати правильну їх послідовність. Побудовою операційної карти займається технолог в діалоговому режимі з системою, виконуючи пошук потрібної операції. Для цього необхідно організувати швидкий пошук інформації по банку даних, що передбачає створення більш ефективної системи зберігання ТП.

Інформація про операції ТП зберігатися в банку даних у вигляді списків (рис. 4), кожен елемент якого зберігає інформацію про одну операцію ТП. Але при побудові ТП використовувати список (послідовність груп) неефективно, тому в якості елемента цього списку можна використовувати асоціативний осередок, на вхід якого подається інформація про деталь, яку необхідно обробити за допомогою певної операції, а на виході отримати результат виконання цієї операції.

Кожен елемент списку являє собою деяку операцію ТП. При використанні асоціативної пам'яті в технологічному процесі при виборі необхідної послідовності операцій зі списку, що складається з N множин операцій, аналізуються відразу всі N операцій, які знаходяться в базі знань, тому результат пошуку отримується на першому кроці.

Приклад пошуку однієї операції наведено на рис. 5.

При звичайній послідовній обробці множини з N операцій пошук виконується, в гіршому випадку, за N кроків, де N дорівнює кількості елементів в базі знань (рис. 6).

ви операційної карти будується маршрутна карта ТП, в якій міститься інформація про послідовність використання обладнання при виготовленні деталі.

При цьому необхідно враховувати безліч факторів (вид оброблюваної поверхні, інформацію про операції, розміри заготовки і т.п.), що потребує побудови багаторівневої структури обробки даних, коли результати роботи кожного рівня залежать від даних і результатів попереднього рівня і впливають на наступний.

В даний час відомий цілий ряд штучних нейронних мереж (ШНМ), що моделюють різні властивості асоціативної пам'яті людини [6–8].

Однак при моделюванні за допомогою штучних нейронних мереж множинних асоціацій, ланцюжків асоціацій або деревовидних структур, породжених асоціаціями, виникають суттєві труднощі, пов'язані з відсутністю відповідних нейронних мереж (НМ).

Ці труднощі можна обійти, якщо використовувати ієрархічні нейронні мережі асоціативної пам'яті.

Наприклад, при визначенні станка і інструмента для виконання конкретної операції запропонована ієрархічна мережа, зображена на рис. 7 [9].

Блоки №1-3 являють собою багатощарову асоціативну пам'ять з керуючими нейронами, що дозволяє коригувати дані в процесі проектування, блок "Вибір інструмента" - *N*-спрямовану асоціативну пам'ять, дозволяє обрати з наявного обладнання на підприємстві безліч інструментів із заданими параметрами, які можуть виконати конкретну задачу.

В якості вхідних даних блоку №1 виступають дані про виконувану операцію і вид поверхні, що обробляється. На виході блоку №1 отримують тип станка, інформація про який виступає в якості вхідних даних на другий шар нейронної мережі разом з керуючими сигналами блоку №2 про габаритні розміри заготовки і станочний парк.

На виході другого шару отримують клас станка. Дані про клас станка і керуючий сигнал про якість поверхні на вході блоку №3 мережі визначають групу верстатів, які можуть виконувати конкретну операцію.

Після вибору станка, в залежності від керуючих сигналів, операції і виду інструменту, вибирається інструмент з необхідними параметрами.

В якості керуючого сигналу може виступати, наприклад, величина діаметра отвору, який необхідно розточити.

При зміні діаметра отвору в ході проектування технологічного процесу зміниться виконання тільки однієї операції (рис. 8)

На рис. 8 показана операція розточування отвору технологічного процесу виготовлення деталі, в першому випадку показана операція без керуючого сигналу, у другому – з керуючим сигналом, який

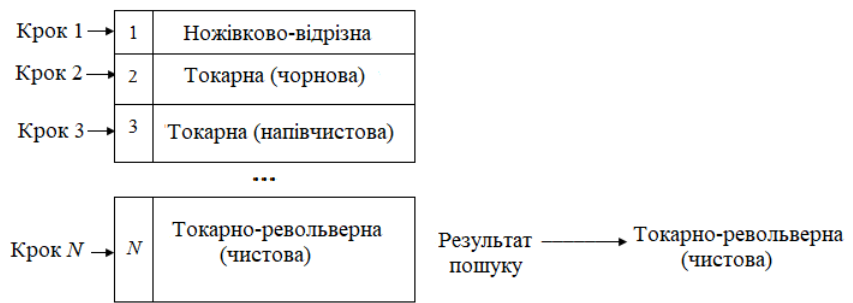


Рис. 6. Пошук операції за допомогою послідовного перебору

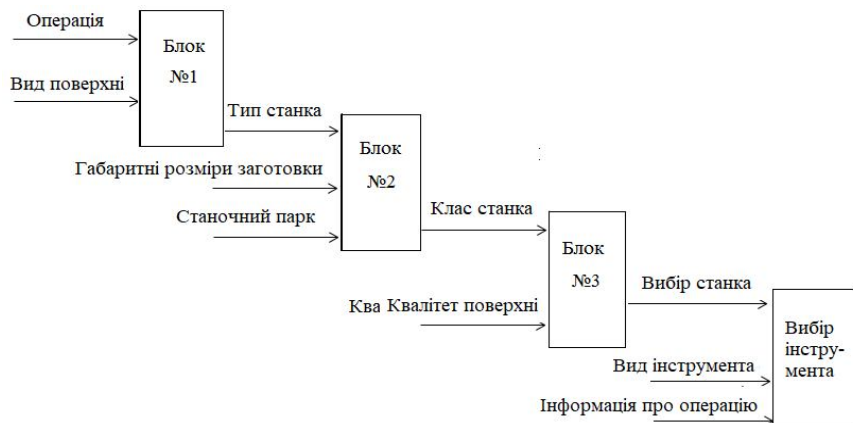


Рис. 7. Структурна схема вибору інструменту для виконання однієї операції

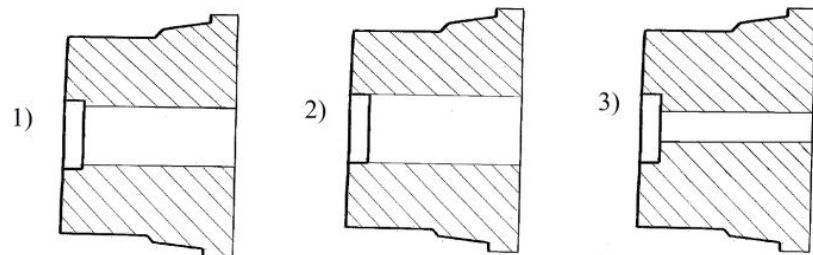


Рис. 8. Операція стандартного ТП з різними керуючими сигналами

задає більший діаметр розточування, в третьому – з керуючим сигналом, який задає менший діаметр розточування.

Таким чином, за допомогою багатощарової нейронної мережі, побудованої на основі одношарових нейронних мереж асоціативної пам'яті, можна вибрати станок та інструмент для виконання певної операції технологічного процесу з можливістю коригування даних в процесі роботи. Потім цю інформацію використовувати при виконанні ТП виробництва конкретної деталі.

Алгоритм навчання окремих модулів багатощарової мережі (рис. 7) являє собою процес визначення навчального набору зображень і побудови матриць ваг зв'язків між вхідним і вихідними шарами нейронів.

За допомогою запропонованих нейронних мереж розроблено ТП для виробництва деталі, наведеної на рис. 2.

Математичне моделювання технологічного процесу виробництва деталі підтвердило правильність теоретичних положень.

Висновок

Таким чином, у статті запропоновані нейронні мережі асоціативної пам'яті для проектування і збе-

рігання технологічних процесів для виробництва високоточних деталей. Використання запропонованого підходу дозволить підвищити швидкість роботи з даними.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Петраков Ю.В. Теорія автоматичного управління в металообробці: навч. посібник / Ю.В. Петраков. – К.: ІЗМН, 1999. – 212 с.
2. Бунаков П. Технологическая подготовка производства в САПР / П. Бунаков, Э. Широких. – Москва : ДМК Пресс, 2012. – 208 с.
3. Токликишвили А.Г., Рогулин А.Г., Колесникова О.В., Лелюхин В.Е. Организация технологической подготовки производства на производственных предприятиях [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-1. – Режим доступа к статье: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=21346>
4. Таненбаум Э. Архитектура компьютера. 5-е изд. СПб.: Питер, 2007. 844 с.
5. Хмелевский И.В., Битюцкий В.П. Организация ЭВМ и систем. Однопроцессорные ЭВМ. Часть 3.: Конспект лекций. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005. 100 с.
6. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин. М.: Изд. дом "Вильямс", 2016. 1104 с.
7. Kosko B. Optical bi-directional associative memories/ Kosko B. // SPIE Proceedings: Image Understanding, 1987. – 758 с.
8. Charu C. Aggarwal Neural Networks and Deep Learning: A Textbook / Charu C. Aggarwal – IMB T.J. Watson Research Center, 2018. – 94 с.
9. Дмитриенко В.Д. Гибридная иерархическая нейронная сеть для хранения знаний технологического процесса механообработки / В.Д. Дмитриенко, И.П. Хавина // Вісник НТУ «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Інформатика та моделювання. Харків: НТУ "ХПІ", 2013. № 39 (1012). С. 68-72.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О. О. Можасьв,
Харківський національний університет внутрішніх справ, Харків
Received (Надійшла) 10.04.2019
Accepted for publication (Прийнята до друку) 22.05.2019

Использование ассоциативной памяти при проектировании технологических процессов

В. Д. Дмитриенко, С. Ю. Леонов, В. О. Бречко

При проектировании технологических процессов механообработки используется банк данных, в котором необходимо найти нужную информацию и скомпоновать ее в зависимости от задачи. При этом возникает необходимость построения многоуровневой структуры обработки данных. Также необходимо обеспечить быстрый поиск необходимой информации, которая находится в банке данных. Решить эту проблему можно с помощью ассоциативной памяти, применить которую можно как при поиске информации, так и при дальнейшем сохранении полученного технологического процесса. **Целью работы** является разработка нейронных сетей ассоциативной памяти для проектирования и хранения технологических процессов для высокоточных и уникальных деталей. **Результаты.** С помощью предложенных нейронных сетей ассоциативной памяти разработан технологический процесс для производства конкретной детали. Алгоритм обучения отдельных модулей многослойной сети представляет собой процесс определения учебного набора изображений и построения матриц весов связей между входным и выходным ядрами нейронов. При использовании ассоциативной памяти увеличивается скорость работы с данными за счет параллельной обработки информации. Математическое моделирование технологического процесса производства детали подтвердило правильность теоретических положений. **Выводы.** Разработаны нейронные сети для проектирования и хранения технологических процессов для производства высокоточных деталей.

Ключевые слова: технологический процесс, ассоциативная память, нейронные сети.

Use of associative memory for projecting technological process

V. Dmitrienko, S. Leonov, V. Brechko

A data bank is using during designing technological processes of machining, in which it is necessary to find the required information and put it together depending on the task. This process raises the need to build a multi-level structure of data processing. It is also necessary to provide a quick search for the required information in the data bank. This problem can be solved with the help of an associative memory, which can be applied as during searching for information and while further saving the obtained technological process. **The aim of the article** is the development of neural networks of associative memory for the design and saving of technological processes for high-precision and unique parts. **Results.** A technological process for the production of a specific part with the using of the proposed neural networks of associative memory has been developed. The algorithm for training individual modules of a multilayer network is the process of determining the training set of images and constructing the weight matrices of the links between the input and output layers of the neurons. When using associative memory, the speed of data work is increased due to the parallel processing of information. Mathematical modeling of the production process details confirmed the correctness of the theoretical principles. **Conclusions.** The neural networks for the design and saving of technological processes for the production of high-precision parts have been developed.

Keywords: technological process, associative memory, neural networks.