

**В.А. Кирилович, к.т.н., доц.
К.Г. Біденко, магістрант
Н.В. Макаренко, магістрант**

Житомирський державний технологічний університет

ЩОДО АНАЛІЗУ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ МОДУЛЬНИХ РОБОТИЗОВАНИХ МЕХАНОСКЛАДАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Розглянуто можливість реалізації нейронних мереж для проектування модульних роботизованих механоскладальних технологій. Для цього наведено класифікацію рухів схвату промислових роботів технологічного змісту і призначення. Елементи класифікації представлені у вигляді технологічних модулів.

Постановка проблеми. На сьогодні технології стали одними з інтенсивно використовуваних та економічно ефективних інвестиційно-інноваційних засобів автоматизації виробництва і підвищення якості продукції, у першу чергу в умовах серійного випуску виробів, частого їхнього відновлення і масового багатоменклатурного виготовлення модифікацій.

При виготовленні продукції невеликої серійності та різних модифікацій особливий інтерес викликають функціонально гнучкі методи і засоби, призначені для автоматичного виконання операцій і які не потребують перебудови конструкції обладнання при заміні виробів у межах визначеного класу. В гнучкому автоматизованому виробництві (ГАВ) механообробки та складання головним структурним елементом, що забезпечує універсальність та гнучкість механоскладальних комплексів при виконанні технологічних процесів (ТП), є промислові роботи (ПР).

На сьогодні особливий інтерес у галузі автоматизованого виробництва становлять майже недосліджувані і тому недосліджені в науковому та прикладному аспектах модульні роботизовані механоскладальні технології (МРМСТ). Перспективи розвитку останніх пов'язані з усе більш масштабною інтеграцією в складі однієї технологічної системи різних виробничих функцій технологічного обладнання та автоматизованою підготовкою виробництва.

Аналіз інформаційних джерел. На сьогодні найбільш поширеною в обчислювальній техніці є так звана архітектура фон Неймана – широко відомий принцип спільного зберігання програм та даних в пам'яті комп'ютера. Подібна технологія послідовного обчислення підійшла до межі своїх технічних можливостей. На теперешній час гостро стоїть проблема розвитку методів паралельного програмування і створення паралельних комп'ютерів [8, 9].

Нейронні мережі (НМ) в аспекті вирішення технологічних задач являють собою відносно нову та цілком перспективну обчислювальну технологію, яка в наш час стає більш розповсюдженою і застосовуваною в різних галузях. Під штучними нейронами розуміють моделювання структури й функцій біологічних нейронів, а архітектура та особливості отриманих мереж залежать від конкретних завдань, які мають бути вирішені з їхньою допомогою [5, 13]. Можливість навчання, знаходження коефіцієнтів зв'язку між нейронами – одна з головних переваг НМ порівняно з традиційними алгоритмами. В процесі навчання НМ здатна виявляти складні залежності між вхідними і вихідними даними, а також виконувати узагальнення. Це означає, що у випадку навчання НМ здатна видати вірний результат на основі даних, які були відсутні в навчальній вибірці.

Нейрон, що є складовою частиною НМ, в цілому реалізує скалярну функцію векторного аргументу. Математична модель нейрона описується співвідношеннями:

$$s = \sum_{i=1}^n \omega_i x_i + b; y = f(x), \quad (1)$$

де ω_i – вага множника (структурного елемента нейрона);

b – значення зміщення; s – результат сумування сигналів;

x_i – компонента вхідного вектора (вхідний сигнал) ($i = 1, \dots, n$);

y – вихідний сигнал нейрона; n – число входів нейрона;

f – нелінійне перетворення (функція активації чи передатна функція).

В загальному випадку вхідний сигнал, вагові коефіцієнти і значення зміщення можуть приймати дійсні значення.

Класичні НМ можуть бути застосовувані, коли задача їх реалізації чітко визначена і має математичний характер. Але більшість комплексних процесів являють собою багатопараметричні системи (системи процесів) і є істотно нелінійними, а в ряді випадків – нелінійними в часі. Для застосування більш складних методів керування такими системами процесів часто не вистачає інформації про процес і надійні математичні моделі, що описують процес, або така інформація слабо

формалізована. В таких випадках доречним є застосування апарату нечітких множин та нечіткої логіки. Так, знання про хід процесу, на який спирається оператор, реалізується ним у вигляді правил «якщо – то», що мають нечіткий інформаційний зміст [12, 14, 19].

Метод нечіткого логічного висновку побудований на введенні деяких правил-висловів, що ставлять результат в залежність від умов [17]. Умови та результат описуються лінгвістичними параметрами. Для змінних системи обирається форма і вводиться кодування значень лінгвістичних змінних у вигляді номерів термів (значень) множин. Значення параметрів системи утворюють матрицю Q об'єкт-властивість:

$$Q = \left\| q_{ij} \right\|; i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}, \quad (2)$$

де m – кількість змінних системи u_i ;
 n – кількість станів системи.

Стовпчики матриці Q утворюють значення змінних $x_i = k, k = \overline{0, K}; i = \overline{1, m}$, де k, K – номер терма і кількість термів для змінної u_i . Однакові стовпчики групуються в правила (3):

$$P_j : x_k = Z_{kj} \left\{ x_1 = Z_{1j}, \dots, x_i = Z_{ij}, \dots, x_m = Z_{mj} \right\}, j = \overline{1, N}; N \leq n. \quad (3)$$

Наступним етапом є задання функцій належності на кожній термі $\mu_j(u_k^0) = \min_{i \neq k} [\mu_i(u_i^0)]$. Проводиться коригування функції належності, що відповідає змінній u_k , за відношенням:

$$\mu_c(u_k) = \bigcup_{l=0}^L \mu_{kl}(u_k) b_l, \quad (4)$$

де $b_l = b_{l-1} + \mu_j(u_k) - b_{l-1} \mu_j(u_k), l = \overline{1, L}$ L – кількість правил з однаковою правою частиною.

Використовуючи скориговану функцію належності (4), визначається точкова оцінка змінної u_k :

$$u_k^0 = \frac{\int_{u_k} \mu_c(u) u du}{\int_{u_k} \mu_c(u) du}. \quad (5)$$

Результатом алгоритму точкової оцінки є результат u_k^0 , що залежить від правил і параметрів функції належності. Таким чином, визначається функція $U = U(Y)$, де Y – вектор, що складається із змінних, якими є параметри функції належності.

Для виконання процесу навчання будується цільова функція:

$$F(Y) = \left[\sum_{j=1}^n (U(u_i^j, Y) - u_i^j)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \Rightarrow \min, \quad (6)$$

яка мінімізує середньоквадратичне відхилення між фактичними значеннями u_i^j і отриманими точковими оцінками $U(Y)$ за рахунок зміни параметрів Y .

Якщо в базі даних є записи, в яких відсутні дані про параметр $u_i, i \neq k$, то значення цього параметра можна визначити на системі, що пройшла навчання. Відновлення невідомого значення визначається за виразом:

$$u_i^r = \arg \min_{u_i^r} \left| u_i^r - U(u_i, Y) \right|, i \neq I; i \neq k. \quad (7)$$

Відомо, що, порівняно з класичними НМ, нечітка логіка має ряд переваг, а саме: опис умов і методів розв'язку задачі на мові, близькій до природної, тобто введення лінгвістичних змінних; універсальність (будь-яка математична система може бути апроксимована системою, що базується на нечіткій логіці); ефективність (пов'язана з універсальністю).

Разом з тим, для нечітких систем характерні й певні недоліки: вхідний набір поставлених нечітких правил, що формалізуються експертом-людиною, може виявитися неповним чи суперечливим; вигляд та параметри функції належності, що описують вхідні та вихідні змінні системи, вибирають суб'єктивно і можуть виявитися такими, що не повною мірою віддзеркалюють реальну дійсність.

Для усунення зазначених недоліків було запропоновано створювати нечіткі нейронні мережі (ННМ) або їх ще називають “гібридні мережі (ГМ)” [14]. Такі мережі поєднують у собі переваги НМ та нечіткої логіки. Під ННМ розуміють мережу, в якій висновки виконуються на основі апарату нечіткої логіки, але відповідні функції належності підстроюються з використанням алгоритмів навчання НМ. Крім того, вони (ННМ) здатні до швидкого навчання. Отримані системи в процесі їх використання можуть не тільки використовувати апріорну інформацію, але й набувати нові знання, які для користувача є логічно прозорими.

За своєю сутністю ГМ – це мережа з чіткими сигналами, вагами і активаційною функцією, але з об'єднанням входів і ваг, часткової інформації (добутку) з використанням деяких неперервних операцій. Входи, виходи і ваги ГМ є дійсними числами, що належать відрізьку [0;1].

ННМ формально за структурою ідентична багатошаровій НМ з навчанням, але приховані шари в ній відповідають етапам функціонування нечіткої системи: перший шар нейронів виконує функцію введення нечіткості (fuzzyfication) на основі заданих функцій належності входів; другий шар відображає сукупність нечітких правил; третій шар виконує функцію приведення до чіткості (defuzzyfication). Кожен з цих шарів характеризується набором параметрів (функцією належності, нечіткими вирішувальними правилами, вагами зв'язків, активаційними функціями), настройка яких виконується, по суті, так, як і для звичайних НМ [7, 14].

Інтегрування нейронних структур в систему управління ТП дає можливість вийти на якісно новий рівень створення інтелектуальних робототехнічних систем. Можна вважати, що в майбутньому класичні системи будуть, ймовірно, повністю замінені нейронними. В управлінні ПР це стосується насамперед таких рівнів, як формалізація задачі, планування рухів і регулювання приводів. Основною ознакою інтелектуальності робототехнічних систем може вважатися їх здатність самостійно вирішувати поставлені задачі на основі сигналів великої кількості сенсорів.

За допомогою ГМ можна вирішувати такі завдання: ідентифікація, оптимізація, управління складними процесами, класифікація тощо. Найбільш поширеним є завдання нечіткої класифікації. Така задача розв'язується в результаті представлення на вхід лінгвістично сформованих правил та отримання на виході результату, який сформований як ступінь належності представленого об'єкта до певного класу [13, 14].

Автоматизація виробничих процесів – це не тільки комплекс технічного забезпечення, але й відповідні програмні пакети [16]. На сьогодні існує багато програмних пакетів, які дозволяють побудувати НМ для певної задачі. Для ННМ найбільш ефективним є використання пакета Fuzzy Logic Toolbox (FLT) [7, 13, 16]. FLT використовується в системі MatLab і являє собою пакет прикладних програм, що належить до теорії нечітких множин і дозволяє конструювати так звані нечіткі експертні або управляючі системи. Основні можливості пакета: побудова системи нечіткого висновку (експертних систем, нечітких регуляторів, апроксиматорів залежностей); побудова адаптивних нечітких систем (нечітких нейронних мереж); інтерактивне динамічне моделювання в Simulink.

В пакеті FLT системи MatLab ГМ реалізовані у формі адаптивної системи нейрон-нечіткого висновку ANFIS. З однієї сторони, гібридна мережа ANFIS являє собою НМ з одним виходом і декількома входами, які являють собою нечіткі лінгвістичні змінні. При цьому терми вхідних лінгвістичних змінних описуються стандартними для системи MatLab функціями належності, а терми вихідної змінної представляються лінійною чи постійною функцією належності.

З іншої сторони, гібридна мережа ANFIS являє собою систему нечіткого висновку FIS типу чи першого порядку, в якій кожне правило нечітких виводів має постійну вагу, що дорівнює 1. В системі MatLab користувач має можливість редагувати і настроювати гібридні мережі ANFIS аналітично системам нечіткого висновку, використовуючи засоби пакета FLT. Доцільно підкреслити, що на сьогодні інформація щодо використання ANFIS при вирішенні ряду задач проектування механоскладальних технологій відсутня.

Мета статті. На підставі детального аналізу можливостей ГМ (ННМ) та детальної класифікації технологічних модулів РМСВ обґрунтувати можливість та доцільність використання ГМ при автоматизованому проектуванні МРМСТ.

Основний матеріал. Розглядання питання щодо використання ННМ при автоматизованому проектуванні МРМСТ можливий у випадку чіткого визначення понять “модульності”, а також детальної класифікації рухів ПР як основи поняття “технологічний модуль”, що в подальшому може бути використане при прийнятті технологічних рішень з використанням ННМ [1–4, 6, 15, 18, 20, 21]. Під модульністю слід розуміти принципи побудов технічних систем, згідно з якими функціонально поєднані частини технологічного обладнання групуються в закінчені вузли – модулі [1, 4, 15, 18]. Під технологічним модулем у контексті розглядуваної проблеми розуміється упорядкований набір переміщень схвата та/або ланок ПР (СхПР) певного технологічного змісту та цільового призначення з/чи без об'єкта маніпулювання (ОМ) у схваті [11].

В основу методики формування МРМСТ покладено такий ланцюжок дій щодо рухів схвата ПР: аналіз вхідних даних → модуляризація переміщень схвата ПР (систематизація → типізація → класифікація) → параметризація траєкторних модулів → автоматизоване формування упорядкованого відпрацювання технологічних модулів як результату модуляризації та параметризації, а також відповідно до технологічних маршрутів технологічної дії на ОМ та переміщення схвата ПР.

Враховуючи вищесказане, очевидно є доцільність співставлення можливостей та задач, що вирішуються із застосуванням ННМ, та задач, які вирішуються при проектуванні МРМСТ (рис. 1).

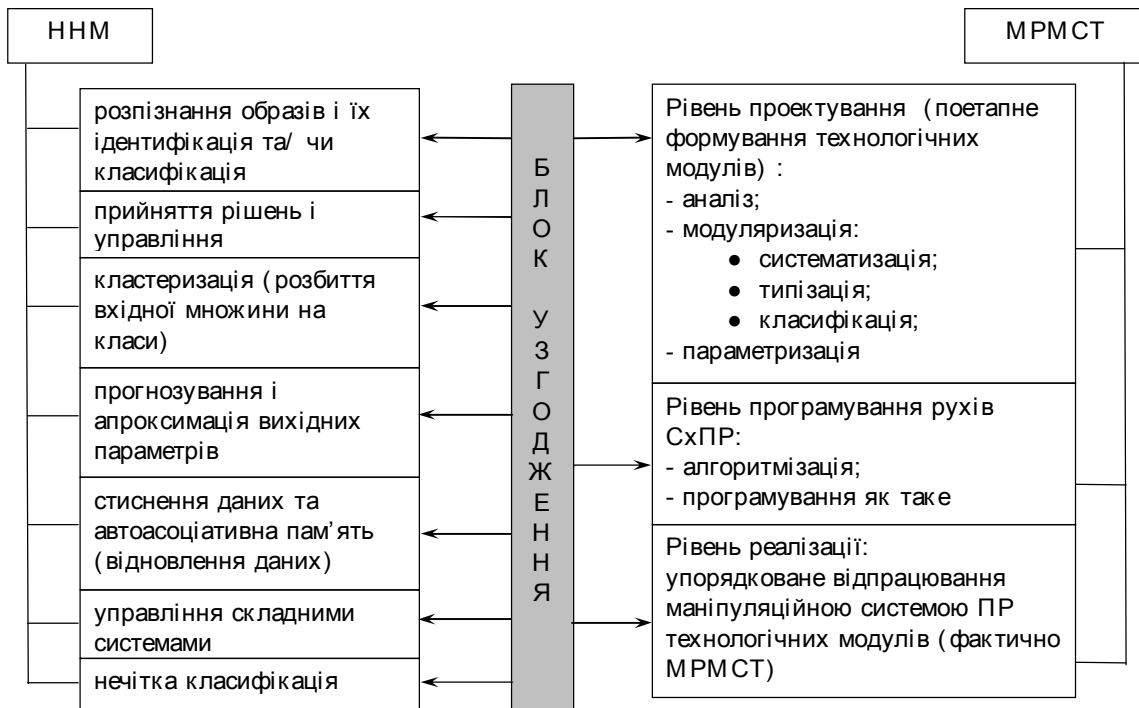


Рис. 1. Схематичний зв'язок основних задач ННМ та складовими МРМСТ

Використання ННМ при автоматизованому проектуванні МРМСТ супроводжується забезпеченням інформаційного взаємозв'язку складових роботизованої технологічної системи [10, 11] (рис. 2). Формування МРМСТ виконується порівнево. При аналізі даних детально опрацьовується інформація щодо наявних видів ДТО, ОТО, ПР і ОМ та основних відомостей про їх характеристики та параметри. У випадку автоматизованого проектування вхідні дані про ДТО, ОТО, ПР і ОМ повинні бути представлені у формалізованому вигляді. Аналіз необхідних вимог та наявних можливостей дозволяє перейти до наступного етапу – етапу модуляризації, що включає в себе систематизацію, типізацію та класифікацію наборів рухів ПР. Етап модуляризації закінчується отриманням вихідних даних – формалізованого опису множин рухів ПР, необхідних для реалізації ТМОРП. На етапі параметризації вихідними є множини конкретних значень рухів переміщення СхПР. Таким чином, сформований набір рухів ПР (у формалізованому вигляді) дозволяє їх використання для подальшого проектування МРМСТ.

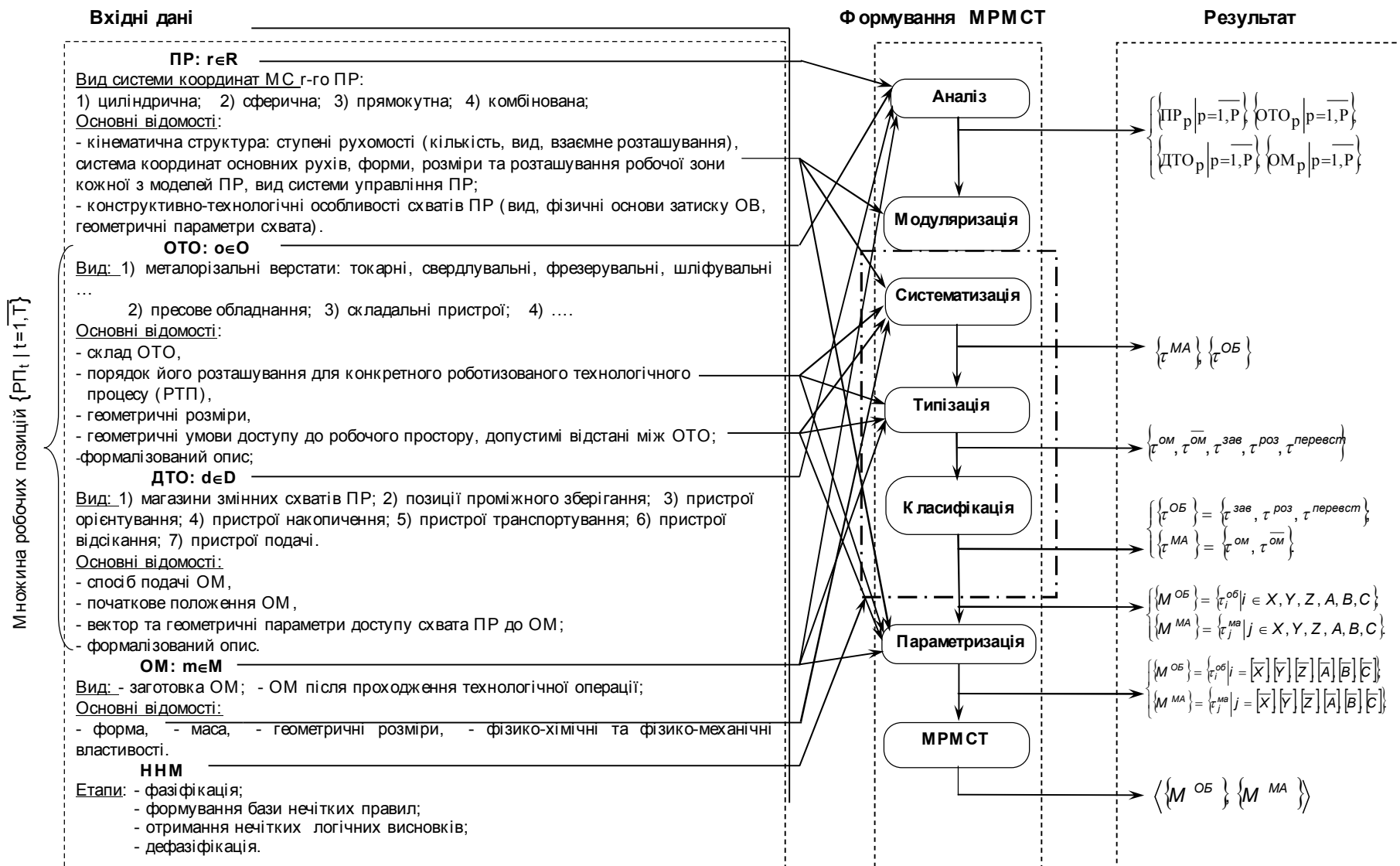


Рис. 2. Інформаційний взаємозв'язок складових роботизованої технологічної системи при автоматизованому проектуванні МРМСТ з використанням ННМ

Додатково слід зазначити, що вхідні дані (вхідну інформацію) доцільно поділити на постійні та змінні [11]. Так, постійні дані містять основні відомості про:

- ОТО, наприклад, преси, металорізальні верстати, складальні пристрої тощо, а саме: склад ОТО, порядок його (їх) розташування для конкретного РТП, розміри, геометричні умови доступу до робочого простору, допустимі відстані між ОТО; при цьому використовується формалізований опис ОТО у вигляді його просторово-конструктивних характеристик (ПКХ);
- ДТО, яке обслуговується ПР, наприклад, засоби упорядкування середовища (ЗУС), позиції проміжкового зберігання (ППЗ) тощо; спосіб подачі ОВ, початкове положення ОВ, вектор та геометричні параметри доступу схвата ПР до ОВ на виході ЗУС;
- ПР, а саме їх кінематичну структуру: ступені рухомості (кількість, вид, взаємне розташування), система координат основних рухів, форми, розміри та розташування робочої зони кожної з аналізованих моделей ПР, вид системи управління ПР; при цьому використовується формалізований опис ПР; а також конструктивно-технологічні особливості схватів ПР (вид, фізичні основи затиску ОВ, геометричні параметри схвата тощо).

Змінні дані містять інформацію про:

- прийнятий РТП, послідовність переміщення ОВ між РП, тобто між одиницями ОТО, ЗУС, ППЗ; послідовність обслуговування РП (маршрут обслуговування РП–МОРП) схватом ПР;
- ОМ, наприклад, заготовку – деталь при металообробці різанням, а саме: форму, масу, геометричні розміри, фізико-хімічні та фізико-механічні властивості, можливі поверхні затиску схватом ПР.

Розгляд можливості використання ННМ при автоматизованому проектуванні МРМСТ слід починати з головної ланки в контексті розглядуваних задач – ПР. Для проектування МРМСТ необхідно мати інформацію про кількість та вид ступенів рухомості, вид системи координат наявного ПР та інші характеристики ПР [20, 21]. Дані кінематичні та геометричні характеристики ПР формалізовано описуються відомими методами [20].

Аналіз технологічних функцій, які виконують ПР при реалізації механоскладальних ТП, вказує на те, що відомі технологічні функції можуть бути описані на підставі виконуваних наборів рухів схвата ПР.

Графічне представлення наборів технологічних рухів ПР, що виконують певні технологічні функції в РМСВ, для випадку однорукого односхватого ПР зображено на рис. 3.

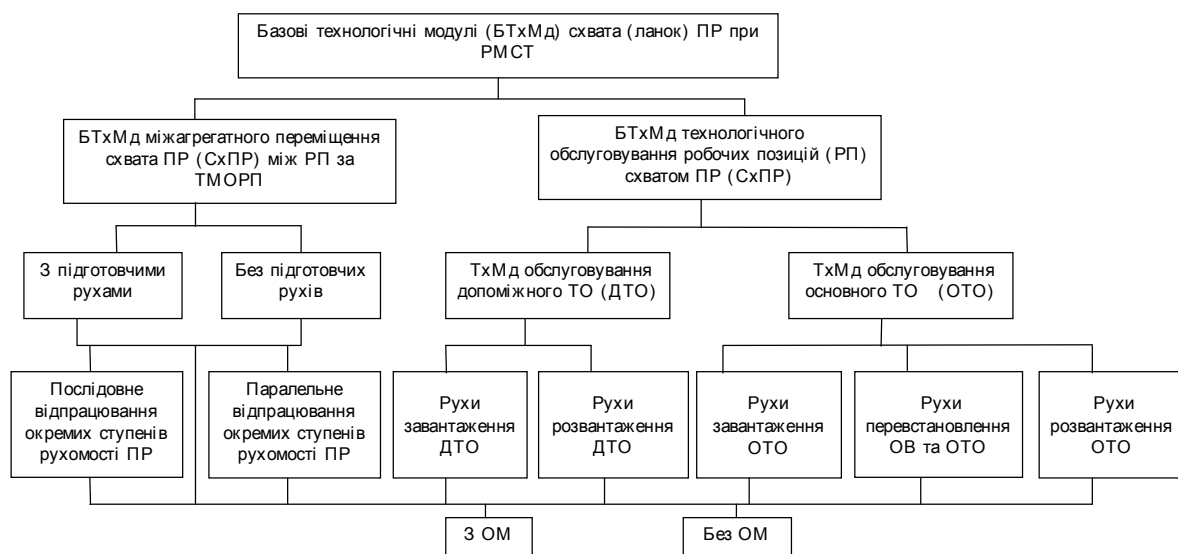


Рис. 3. Графічне представлення базових технологічних модулів РМСТ як результат систематизації рухів переміщення СхПР

Згідно із схемою рис. 3 в результаті систематизації виділено такі базові технологічні модулі (БТхМд): міжагрегатне переміщення СхПР та технологічне обслуговування робочих позицій СхПР. Кожен з окремих технологічних модулів за своєю сутністю та проявом має певну ієрархію та може бути поданий графічно. На прикладі розглянемо структуру рухів завантаження ОТО.

За рис. 4 рухи завантаження ОТО можуть виконуватись як з ОМ, так і без нього. На подальшому етапі їх (рухів ПР) структурованого представлення виділено наступні рухи СхПР: вхід СхПР з ОМ в РЗРП; рух встановлення геометрично-силових зв'язків (ОМ – ПрТО) (рух встановлення ОМ в пристосуванні обладнання (ПрО) – базування ОМ та його затиск); рух зняття геометрично-силових зв'язків (СхПР – ОМ); вихід СхПР без ОМ з РЗРП. Залежно від виду руху характер описаних вище

переміщень може бути різним, що визначається робочими та геометричними параметрами ОТО, ДТО, ПР та їх (одиниць обладнання) відносною орієнтацією.

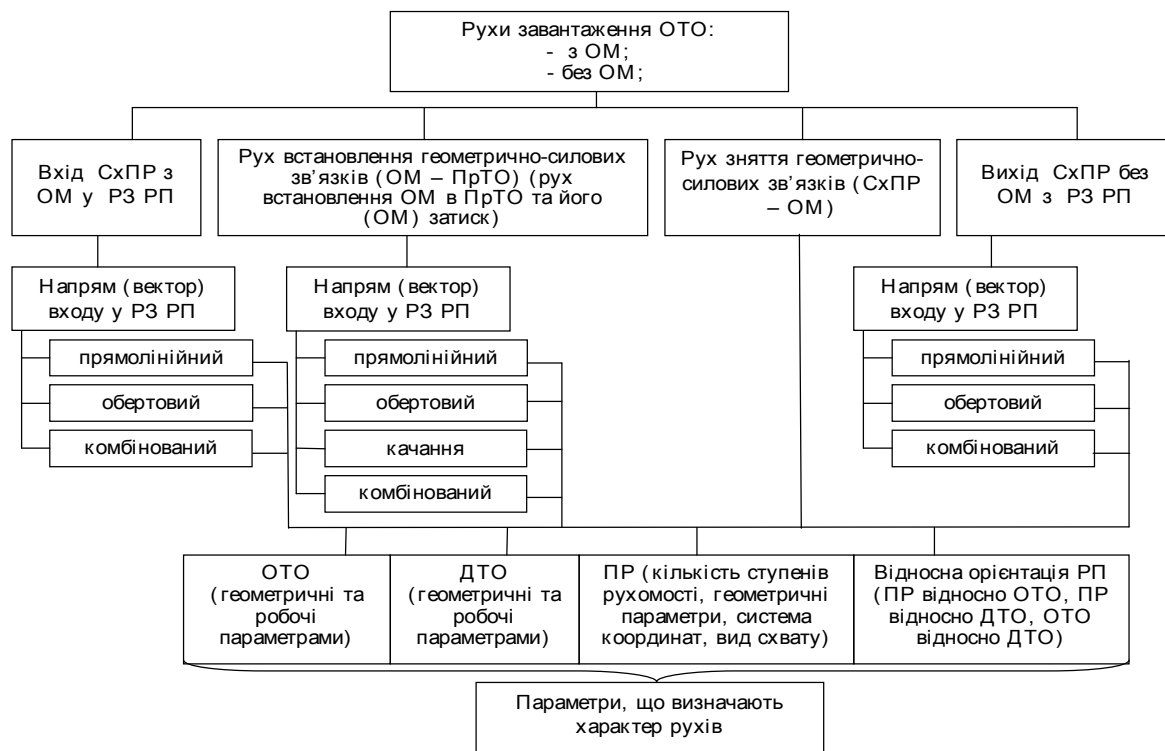


Рис. 4. Графічне представлення рухів завантаження ОТО РМСТ як результат типізації

Змістовний аналіз зазначеної схеми формування МРМСТ показує, що на рівнях та етапах їх (технологій) проектування має місце нечіткість, що, крім того, в ряді випадків характеризується багатопараметричністю та слабкою формалізацією. А саме така нечіткість проявляється на етапах введення вхідних даних та отримання результатів після кожної дії ланцюжка щодо рухів ПР. Узагальнені прояви нечіткості в цьому випадку мають місце при:

- аналізі напрямку входу-виходу СхПР в/з робочу зону РП; проблема є ускладненою при необхідності синтезу МРМСТ для групової обробки деталей (на сьогодні фактично дослідження в цьому напрямку не проводяться);
- визначенні складу рухів СхПР/ланок при маніпулюванні ОМ (або без нього). В ряді випадків, наприклад за наявності позиційної системи ЧПУ, необхідно виконувати підготовчі рухи безпосередньо при виконанні міжагрегатних переміщень СхПР для запобігання аварійних зіткнень СхПР з конструктивними елементами ОТО та ДТО при відпрацюванні "чистих" міжагрегатних переміщень;
- визначенні всіх видів переміщень, що об'єднані терміном "технологічний модуль", фактично взаємодіючі й значною мірою залежать від системи координат маніпуляційної системи ПР та геометричних параметрів останнього, геометричних розмірів робочого простору ОТО та ДТО та його (робочого простору) розташування в загальній конструкції ОТО та ДТО тощо.

Тому є доцільним використання нечітких (лінгвістичних) правил при формуванні технології та дій, пов'язаних з цим, що значно скоротить тривалість проектування та підвищить ефективність МРМСТ.

Висновки. За результатами аналізу інформаційних джерел визначено можливість використання ННМ при проектуванні МРМСТ, а саме в частині вирішення задач кластеризації та нечіткої класифікації, для чого було введено поняття технологічного модуля, а також проведена класифікація рухів ПР технологічного змісту.

ННМ через набір визначених вище параметрів МРМСТ та за лінгвістичним представленням модулів дозволять отримати на виході формалізовану множину рухів ПР. У подальшому застосування ННМ для умов роботизованого механоскладального виробництва дозволить не тільки класифікувати, а й автоматизовано синтезувати модульні роботизовані технології на базі структурованого їх представлення без прямого втручання проектувальника, що значно підвищить ефективність автоматизованих систем технологічної підготовки роботизованих механоскладальних виробництв.

Формування МРМСТ у перспективі дозволить автоматизувати ТП роботизованого механоскладального виробництва (ТМРМСВ), а також підвищити організаційну та технологічну гнучкості РМСВ за рахунок зменшення часу на переналагодження складових елементів роботизованої

технологічної механоскладальної системи. В свою чергу, ГМ з вищевказаними перевагами дозволяють проектувати МРМСТ, враховуючи всі особливості такої технології, та мають перспективи для подальших їх досліджень та розвитку. А саме: розробка блоку узгодження ННМ та МРМСТ; удосконалення формалізованого опису ПР щодо його універсалізму; формування нечітких правил на базі отриманої класифікації МРМСТ для безпосереднього навчання ННМ; автоматизованої класифікації та/або проведення кластеризації складових МРМСТ із застосуванням ННМ.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Аверьянов О.И.* Модульный принцип построения станков с ЧПУ. – М.: Машиностроение, 1987. – 232 с.
2. *Базров Б.М.* Модульная технология в машиностроении. – М.: Машиностроение, 2001. – 368 с.
3. *Божидарнік В.В., Григор'єва Н.С., Шабайкович В.В.* Автоматичне складання виробів: Навч. посібник. – Луцьк: Настир'я, 2005. – 388 с.
4. *Воробьев Е.И. и др.* Промышленные роботы агрегатно-модульного типа / Под общ. ред. Е.П. Попова. – М.: Машиностроение, 1988. – 240 с.
5. *Вороновский Г.К., Махорило К.В., Петрашев С.Н., Сергеев С.А.* Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности. – Х.: Основа, 1997. – 112 с.
6. *Григор'єва Н.С.* Теоретичні підходи, принципи і закономірності формування наукових основ модульних технологій автоматичного складання // Материалы международной научно-технической конференции: 8–12 сентября 2008 года. – г. Севастополь. – С. 55–62.
7. Електронний ресурс: <http://www.basegroup.ru/glossary>
8. Електронний ресурс: <http://ru.wikipedia.org>
9. Електронний ресурс: http://svarog.in.ua/article_info.php?articles_id=59
10. *Жолобов О.О., Кирилович В.А., Мельничук П.П., Яновський В.А.* Технологія автоматизованого виробництва: Підручник. – Житомир: ЖДТУ, 2008. – 1014 с.
11. *Кирилович В.А., Коваль А.В., Шиш В.В.* До питання інформаційно-методичного забезпечення автоматизованого синтезу модульних роботизованих механоскладальних технологій // Тези міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів, молодих вчених “Прогресивные направления развития машино-приборостроительных отраслей и транспорта”. – Севастополь: Видавництво СевДТУ, 12–16 травня 2008 року. – С. 15.
12. *Кирилович В.А., Черепанська І.Ю.* Використання нейромереж для задач класифікації об'єктів виробництва гнучких виробничих систем // Вісник ЖДТУ. – № 4 (39). – Житомир, 2006. – С. 185–196.
13. *Круглов В.В., Борисов В.В.* Искусственные нейронные сети. Теория и практика. – 2-е изд., стереотип. – М.: Горячая линия-Телеком, 2002. – 382 с.
14. *Круглов В.В., Дли М.И., Годунов Р.Ю.* Нечёткая логика и искусственные нейронные сети. – М.: Физматлит, 2004. – 224 с.
15. *Кузнецов Ю.Н., Крыжановский В.А.* Агрегатно-модульное технологическое оборудование нового поколения. – К.:ООО "ЗМОК" – ПП "ГНОЗИС", 2001. – 258 с.
16. *Леоленков А.В.* Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – БВХ-Петербург, 2005. – 736 с.
17. *Паклин Н.Б., Тенев В.А., Якимович Б.А.* Применение нечеткой логики в интеллектуальных системах технологического нормирования // Компьютерное и математическое моделирование в естественных и технических науках: Мат-лы IV Всерос. науч. Internet-конференции (апрель-май 2002 г.). – Тамбов: ИМФИ ТГУ им. Г.Р. Державина. – 2002. – Вып. 20. – С. 66–69.
18. *Сафраган Р.Э., Крикунов Г.А., Татаренко В.Н. и др.* Модульное оборудование для гибких производственных систем механической обработки: Справочник/ Под ред. к.т.н. Р.Э. Сафрагана. – К.: Техника, 1989. – 175 с.
19. *Рутковская Д., Пилинский М., Рутковский Л.* Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Пер. с польск. И.Д. Рудинского. – М.: Горячая линия-Телеком, 2006. – 452 с.
20. *Ямпольский Л.С., Калинин О.М., Ткач М.М.* Автоматизированные системы технологической подготовки робототехнического производства. – К.: Выща шк., 1987. – 271 с.
21. *Ямпольський Л.С., Мельничук П.П., Ткач М.М., Остапенко К.Б., Лісовиченко О.І.* Гнучкі комп'ютеризовані системи: проектування, моделювання і управління: Підручник. – Житомир: ЖДТУ, 2005. – 680 с.

КИРИЛОВИЧ Валерій Анатолійович – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри автоматизації і комп'ютеризованих технологій Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– автоматизація технологічної підготовки роботизованих механоскладальних виробництв;
– автоматизований синтез роботизованих механоскладальних технологій машино- та приладобудування.

Тел. (роб.): 8-0412-24-14-17.

E-mail: kiril_v@mail.ru

БІДЕНКО Катерина Геннадіївна – магістрант кафедри автоматизації і комп'ютеризованих технологій Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– автоматизовані виробництва;
– нечіткі нейронні мережі.

Тел.: 8-0412-24-14-17.

E-mail: bikag@bk.ru

МАКАРЕНКО Наталія Володимирівна – магістрант кафедри автоматизації і комп'ютеризованих технологій Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– нечіткі нейронні мережі;
– роботизовані технології.

Тел.: 8-0412-24-14-17.

E-mail: kennimore@mail.ru

Подано 18.05.2009

Кирилович В.А., Біденко К.Г., Макаренко Н.В. Щодо аналізу можливості використання нейронних мереж для автоматизованого проектування модульних роботизованих механоскладальних технологій.

Кирилович В.А., Біденко К.Г., Макаренко Н.В. Анализ возможности использования нейронных сетей для автоматизированного проектирования модульных роботизированных механоскладывательных технологий

Kyrylovych V.A., Bidenko K.G., Makarenko N.V. Analysis of possibility of the use of neuron networks for the automated planning of modular robotic mechanic-assembling technologies

УДК 621.865.8:004.032.26

Анализ возможности использования нейронных сетей для автоматизированного проектирования модульных роботизированных механоскладывательных технологий / В.А. Кирилович, К.Г. Біденко, Н.В. Макаренко

Рассмотрена возможность реализации нейронных сетей для проектирования модульных роботизированных механоскладывательных технологий. Для чего проведена классификация движений схвата промышленных роботов технологического содержания и назначения. Элементы классификации представлены в виде технологических модулей.

УДК 621.865.8:004.032.26

Analysis of possibility of the use of neuron networks for the automated planning of modular robotic mechanic-assembling technologies / V.A. Kyrylovych, K.G. Bidenko, N.V. Makarenko

The opportunity of realization neuron networks for design of modular robotic mechanical-assembling technologies is considered. What classification of the technological modular on the basis of set of motions of industrial robots is conducted for. The elements of classification are submitted as technological modules.