

УДК 004.94

DOI:

Богданова Л. М., Аносов В. Л.**ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ МЕТАЛОРІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ**

Розвиток автоматизованого виробництва, верстатів з ЧПУ пред'являє нові вимоги до різального інструменту і процесу його проектування.

Складність конструкції збірного інструменту, різноманіття його видів викликають проблеми із забезпеченням ефективності його роботи. Один із методів розв'язання цього завдання – визначення зон найбільш ефективного використання конкретної конструкції інструменту, тобто виділення технологічних ніш (ТН).

В свою чергу, особливо на початковому етапі, це вимагає широкого аналізу багатовимірних виробничих даних про експлуатацію інструменту. Згадані питання викликають потребу в їх автоматизації, що обумовлює застосування системного підходу як на етапі проектування, так і експлуатації різального інструменту.

Аналіз багатовимірних даних проводиться різними методами. Одним з таких засобів є використання кластеризації на основі карт ознак, що самоорганізуються (self organizing map - SOM). Вони являють собою не тільки ефективний алгоритм кластеризації, а й дозволяють представляти її результати у вигляді двовимірних карт, де відстані між об'єктами відповідають відстані між векторами в багатовимірному просторі, а самі значення ознак відображаються різними відтінками. Тобто двовимірна карта дозволяє за рахунок різних кольорних відтінків показувати три виміри.

Аналіз літературних джерел

Генерування ідей є необхідним етапом розробки нового інструменту. Існує багато спеціальних методів для пошуку нових рішень [1, 2]. Процес генерування ідей, що стосуються створення моделей конструктивних рішень (рис. 1) [3], відбувається на трьох рівнях конструкторської розробки [4]:

- структура системи інструменту (етапи 1, 2);
- структура інструменту, що входить в систему (етапи 3, 4);
- тип конструкції кожного з модулів, які складають інструмент (етапи 5 - 7).

Розглянемо вирішення завдання для фрез. Для проектування інструменту необхідні дані про заготовку, деталь, верстат. Вживаність фрез залежить від розміру верстата, тобто велике значення має розподіл їх числа по діаметрах D_f .

Але необхідно враховувати і інформацію про минулий досвід експлуатації інструменту, тому що на виробництві діє велика кількість випадкових чинників і їх вплив врахувати важко. Співвідношення кількості видів фрез з різною геометрією різальної частини залежить від галузі промисловості і конфігурації типових деталей, їх матеріалу, якості заготовки, вимог до точності і якості оброблюваної поверхні [4].

На кожному рівні конструювання інструменту значимими для аналізу є різні групи чинників. Так для проектування типорозмірного ряду інструменту, автори [4] пропонують розглядати сімейства розподілів глибин різання, подач, тощо.

Вивчення комплексу технологічних завдань підприємств-споживачів, функцій інструменту, визначає потребу у кількості інструменту конкретних типорозмірів. Вказаний комплекс завдань це n-мірний технологічний простір, що характеризується набором функціональних показників.

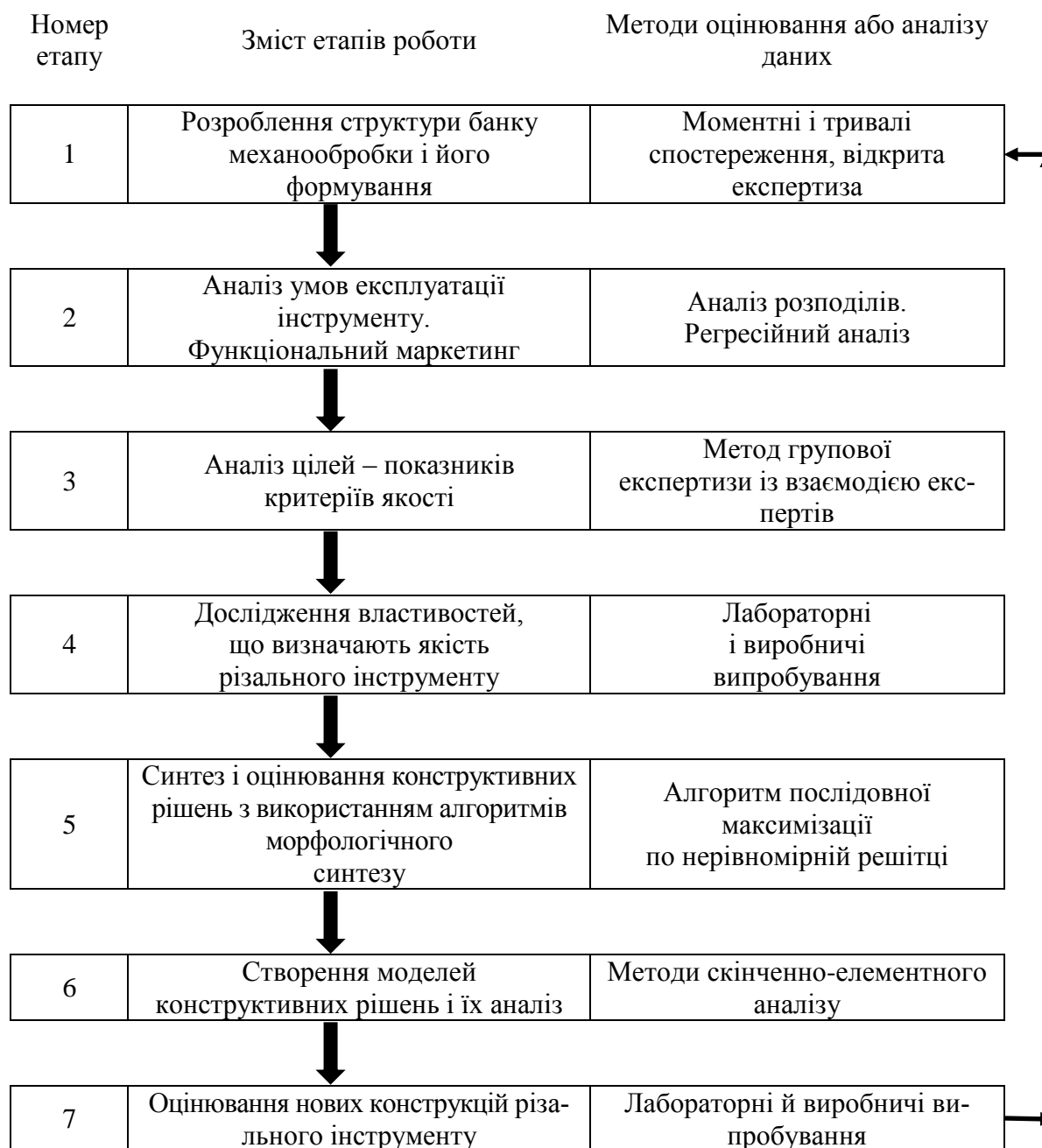


Рис. 1. Етапи системи проектування різального інструменту і їх методичне забезпечення

Мінімальна частина цього простору розглядається як сегмент технологічного простору, для якого доцільно використати конкретний вид, розмір і тип конструкції інструменту. Декілька сегментів або один з них, оптимальні для інструментів, що проектуються і планованих до випуску підприємством-виготівником, складають технологічну нішу (ТН).

Ділення технологічного простору на сегменти, а тим більше визначення ТН вимагає серйозного аналізу, а в деяких випадках – оптимізації між сегментами і відповідними конструктивними параметрами інструменту. Особливо це відноситься до найбільш важливих безперервних параметрів. Для пошуку ТН автор [5] пропонує використати розподіли значимих параметрів. По розподілах зручно розраховувати місткість ТН у будь-якому діапазоні параметрів.

Відомі багатовимірні класичні методи обробки даних: аналіз головних компонент, кластерний, факторний, дискримінантний, регресійний аналіз [6]. У даній роботі для виділення ТН використаний кластерний аналіз, який реалізовано з використанням карт Кохонена (SOM), які самоорганізуються [7, 8]. Алгоритм функціонування самонавчальних карт дозволяє провести кластеризацію багатовимірних векторів. Прикладом таких алгоритмів може служити алгоритм k -найближчих середніх [9]. Важливою відмінністю алгоритму є те, що в ньому всі нейрони (центри класів) впорядковані зазвичай в двовимірну сітку. Мережа Кохонена навчається без вчителя методом послідовних наближень. На вхід подаються дані і мережа при цьому налаштовується по закономірностям у вхідних даних.

Постановка завдання

Для задачі проектування різального інструменту велике значення має обробка великих об'ємів багатовимірної інформації і забезпечення підтримки ухвалення рішень на кожному етапі проектування і експлуатації інструменту.

В роботі досліджується вплив технологічних параметрів, які визначають розміри поверхні яка оброблюється, фізико-механічні властивості матеріалу деталі і ріжучої частини інструменту, а також режимів різання на вибір конструкції фрези методом кластеризації даних.

Формально задача кластеризації описується наступним чином [10]. Дана множина об'єктів $I = \{i_1, i_2, \dots, i_n\}$, кожен з яких характеризується вектором атрибутів (параметрів): $x_j = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$. Потрібно побудувати множину кластерів C і відображення F множини I на множину C .

Завдання кластеризації полягає в побудові множини $C = \{c_1, c_2, \dots, c_g\}$, c_g - кластер, що містить "схожі" об'єкти з множини I .

$I: c_g = \{i_j, i_w | i_j \in I, i_w \in I \text{ та } d(i_j, i_w) < \sigma\}$, σ – величина, що визначає міру близькості для включення об'єктів в один кластер, $d(i_j, i_w)$ – міра близькості між об'єктами, задана відстанню. Якщо відстань $d(i_j, i_w)$ менше деякого значення σ , то об'єкти вважаються близькими і поміщаються в один кластер. В іншому випадку вважається, що об'єкти відмінні один від одного і їх поміщають в різні кластери.

Мета і задачі дослідження

Мета дослідження – автоматизація пошуку ТН з використанням методів кластеризації даних.

Відповідно до мети формулюємо задачі дослідження: опис бізнес-процесу «Виділення технологічних ніш експлуатації інструменту», обробка зібраних статистичних даних, що впливають на вибір типорозміру конструкції фрези; кластеризація по заданим вхідним даним; визначення кластерів (технологічних ніш) і їх аналіз; призначення для кожної ТН потрібної конструкції фрези.

Методи і матеріали досліджень

Для аналізу бізнес-процесу «Виділення ТН експлуатації інструменту» використовуємо SADT – методологію структурного аналізу і проектування [11]. Деталізуюча діаграма першого рівня (рис. 2) складається з чотирьох процесів:

- перший процес – попередній аналіз технологічних даних. Проводиться аналіз даних, які зібрані в умовах виробництва;
- другий процес – вибір факторів, що характеризують ТН. Для різних етапів розробки конструкції інструменту ніші характеризуються різними параметрами. Їх пошук робить фахівець;
- третій процес це виділення ТН. Для аналізу вхідних даних будуються розподіли щільності по вагомим факторам [4, 5]. Формується вхідний вектор для мережі Кохонена, яка виконує процес кластеризації, тобто пошук ТН;
- четвертий процес виконується за участю фахівця-конструктора. На цьому етапі приймається рішення про визначення конкретного типу конструкції для вибраної технологічної ніші.

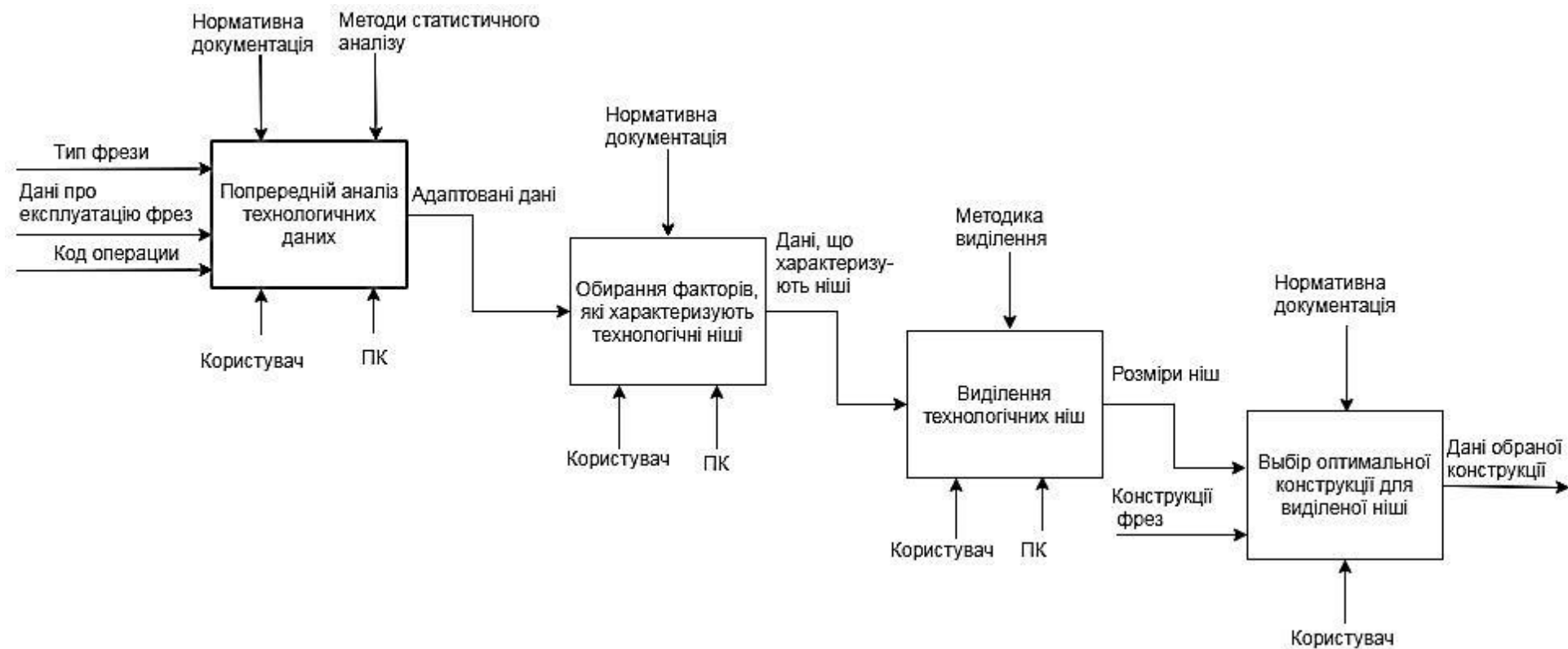


Рис. 2. Деталізуюча SADT-діаграма першого рівня для бізнес-процесу «Виділення ТН експлуатації інструменту»

Необхідні для аналізу виробничі дані містять масиви по прецедентам механічної обробки деталей фрезами, отримані методами моментних та довготривалих спостережень в умовах виробництва. На основі цих даних проводиться побудова розподілів щільності по вагомим факторам, що надає можливість виконати попередній аналіз варіаційного ряду для необхідного параметру з виключенням випадуючих даних, побудувати емпіричний розподіл, підібрати найбільш відповідний закон теоретичного розподілу, на його основі визначити максимальні, мінімальні, найбільш вживані значення параметру. Задача виконувалась з використанням електронних таблиць.

Інструментальний засіб аналізу даних умов експлуатації фрез – аналітична платформа Deductor Studio 5.0 версії Academic. Вона має можливості побудови самоорганізаційних карт Кохонена за алгоритмом: завдання початкових векторів, навчання нейронної мережі, обчислення помилки віднесення до класу, візуалізація результатів кластеризації [12].

При цьому кожен нейрон являє собою n -мірний вектор-стовпець $w = [w_1, w_2, \dots, w_n]^T$, де n визначається розмірністю вхідних векторів. При подачі на вхід мережі вектора перемагає той нейрон, вектор якого менше відрізняється від вхідного. Для нейрона-переможця виконується наступне співвідношення: $d(x, w_j) = \min d(x, w_i)$, $1 < i \leq n$, де n – кількість нейронів, j – номер нейрону переможця, $d(x, w)$ – відстань між векторами x та w .

Найчастіше в якості відстані використовується евклідова міра. Навколо нейрона-переможця утворюється оточення або радіус навчання. Радіус навчання визначає, які нейрони піддаються навчанню на даній ітерації. Він максимальний на початку навчання і зменшується з ростом кількості ітерацій навчання так, що на останньому етапі в радіус навчання потрапляє лише нейрон-переможець. Ваги нейронів, що лежать в межах радіусу навчання, адаптуються за правилом Кохонена:

$$w_i^{(k+1)} = w_i^{(k)} + \eta_i^{(k)} x - w_i^{(k)}. \quad (1)$$

Розмір околиці і коефіцієнт швидкості навчання є функціями, значення яких зменшуються зі збільшенням номера циклу навчання. Зміна в правилі Кохонена полягає в тому, що коефіцієнт швидкості навчання $\eta_i^{(k)}$ (формула 2) розбивається на дві частини: функцію сусідства $\eta_i(d, k)$ і функцію швидкості навчання $a(k)$ (формула 4).

$$\eta_i^{(k)} = \eta_i(d, k) * a(k). \quad (2)$$

Відстань між I -м нейроном і нейроном-переможцем C_j (формула 3):

$$d_i = r_i - r_{c_j}, \quad (3)$$

r_i, r_{c_j} — координати на сітці карти I -го і C_j -го (переможця) нейронів.

Кращий результат виходить при використанні Гаусової функції відстані.

Функція швидкості навчання $a(k)$:

$$a(k) = A / (k + B), \quad (4)$$

де A і B – константи, які підбираються.

Застосування цієї функції призводить до того, що всі вектори з навчальної вибірки вносять приблизно рівний внесок в результат навчання.

Параметри карти Кохонена, що самоорганізується: підібрані з урахуванням високої якості візуалізації та інтерпретації результатів. Розмірність карти – 20×20 шестикутних осередків, вузли якої представлені штучними нейронами. Якість навчання нейромережевої моделі – 100% розпізнаних прикладів на навчальній множині.

Проведення досліджень

Засобами Excel створювалася таблиця з результатами збору статистичних даних експлуатації фрез (табл. 1). Цей файл даних використовувався для імпорту в аналітичну програму Deductor Studio.

Таблиця 1

Дані експлуатації фрез (фрагмент)

№	Марка матеріалу деталі	Твердість матеріалу деталі НВ	Ширина фрезерування, мм	Загальний припуск, мм	Характер поверхні	Глибина різання, мм	Подача (мм/хв)	Швидкість різання м/хв	Кріплення пластини	Діаметр фрези D, мм	Марка матеріалу пластини
1	45	195	300	5,3	Корка	5	400	188,5	Напайна	300	МК
2	45	195	300	5,3	Чиста	0,3	200	235,6	Напайна	300	МК
3	45	210	145	4	Чиста	3	300	251,3	МКП	160	ВК8
4	45	200	100	0	Корка	4	500	247,4	МКП	125	ВК8
5	У8	200	120	30	Корка	4	500	296,9	МКП	150	ВК8
6	20	180	250	8,5	Брудна	8	150	150,8	МКП	320	ВК8
7	20	185	250	8,5	Корка	0,5	420	477,5	МКП	320	ВК8
8	30А	190	220	120	Корка	10	160	55,0	МКП	250	T5K10
9	30А	190	215	80	Корка	10	240	78,5	МКП	250	T5K10
10	20	200	150	11	Чиста	5	150	196,3	МКП	250	T5K10
11	15Л	165	200	30	Корка	10	320	98,2	МКП	250	T5K10
12	15Л	170	230	10	Чиста	10	400	98,2	МКП	250	T5K10
13	15Л	165	230	1	Чиста	1	250	196,3	МКП	250	T5K10
14	20	195	160	10	Чиста	5	150	117,8	МКП	150	T5K10
15	15Л	175	220	20	Корка	10	320	94,2	МКП	250	T5K10
16	15Л	180	225	15	Корка	10	320	94,2	МКП	250	T5K10
17	15Л	175	220	20	Корка	10	320	94,2	МКП	250	T5K10
18	30	195	160	50	Корка	8	180	150,8	МКП	320	T5K10

Найвні вихідні дані були розбиті на два набори, перший з яких використовувався для навчання (навчальний), а другий для тестування (тестовий).

Для ініціалізації карти (завдання початкових значень вузлів мережі) використовувалися значення з власних векторів, рівномірно розподілені в діапазоні значень вхідних даних. Навчання проводилося кілька разів з різними значеннями параметрів навчання – варіювалися радіуси сусідства для обох етапів навчання і для кожного набору значень параметрів навчання використовувалося кілька варіантів випадкової початкової ініціалізації. Для навченої карти проводилася візуалізація, тобто процедура постановки у відповідність всіх векторів, що подаються на вхід відповідним їм вузлам нейронної мережі.

Нейронні мережі працюють лише з числовими даними, тому важливим етапом при підготовці даних є перетворення і кодування даних.

Інформація стовпця «Характер поверхні» була закодована цілими числовими ідентифікаторами. Для визначення якості поверхні встановлено значення для забрудненої корки – 1, для корки – 2, для чистої поверхні – 3.

Інформація стовпця «Кріплення пластини» була закодована: для напайної пластини встановлено значення – 1, для пластини з механічним кріпленням – 2.

Інформація стовпця «Марка матеріалу пластини» була закодована: T15K6 – 1, T5K10 – 2, BK8 – 3, МК и НК – 4, P18 – 5.

Загальна кількість даних – 150. Такім чином, був підготовлений набір даних придатних для подальшого аналізу із застосуванням карт Кохонена, що самоорганізуються.

Формуємо вектор вхідних даних. Для різних етапів проектування конструкції фрези вектор вхідних даних для пошуку ніші складається з різних параметрів.

Для етапу конструювання інструменту, конкретно фрез, необхідно визначення типорозмірів: діаметру фрези, та розміру і форми ріжучої пластини. В проведеному дослідженні вхідний вектор складається з таких показників: якість оброблюваної поверхні, глибина різання t (оскільки глибина визначає довжину різального леза і також навантаження на фрезу), швидкість різання, марка матеріалу ріжучої частини інструменту.

Для цього стовпцям, які не використовувались у поточному дослідженні було присвоєно призначення «Інформаційне», в подальшому при аналізі вони не враховувалися. Стовпцям «Глибина різання» і «Швидкість різання» було надано речовий тип, а стовпцям «Характер поверхні» і «Марка матеріалу пластини» – цілий. Всі ці дані використовувалися як вхідні. Радіус навчання становив на початку навчання – 4, а в кінці – 0,1. При цьому спосіб початкової ініціалізації карти – з власних векторів, початковий навчальний і випадковими значеннями. Крім цього змінювалася функція сусідства. Вона приймалася ступінчастою або гаусовою. Найкращий результат показав варіант, при якому початкова ініціалізація карти проводилася з власних векторів, а функція сусідства приймалася гауса.

Загальна кількість записів була розділена на дві множини: навчальне і тестове. У навчальній множині містилося 85 записів (89,5 %), а в тестовому 10 записів (10,5 %). За результатами аналізу даних програма розпізнала 60 % тестових записів.

Після пред'явлення достатнього числа вхідних векторів синаптичні ваги мережі Кохонена стають здатні визначити кластери. В нашому випадку на виході формуються кластери, тобто технологічні ніші, що дозволяють визначитися з типом конструкції фрези і її типорозміром на основі розмірів ріжучої пластини.

Результати моделювання

В результаті роботи алгоритму отримані наступні карти: карта входів нейронів: характер поверхні, глибина різання, швидкість різання, марка матеріалу пластини; спеціальні карти: матриця відстаней, матриця помилок квантування і кластери. Для того щоб відобразити відносну величину того чи іншого компонента вектору, відповідні ділянки карти фарбуються в певний колір. Всі дані були розділені на 26 кластерів (рис. 3).

Нейрони з однаковими значеннями виходів утворюють кластери. Спеціальні карти характеризують кластери, отримані в результаті навчання мережі Кохонена. Між усіма картами існує взаємозв'язок – кожен параметр з навчальної вибірки має одне і теж розташування на всіх картах.

Після попередньої обробки представимо сформовані кластери в табличній формі (табл. 2). Тут же надано рекомендації з вибору конструкцій, які сформував експерт, на основі результатів розподілу.

Таблиця 2

Розподіл на кластери умов експлуатації фрез

Група кластерів	Кластери	Характер поверхні	Глибина t, мм	Швидкість V, м/хв	Марка матеріалу	Характеристика фрези
1	0, 18	3	0,3 - 0,55	188 - 478	МК	Для чистової обробки
2	1, 2	3	0,5 - 3	251 - 475	ВК	З регулюванням в осьовому напрямку
3	3, 4	2	3,5 - 4,0	247,8 - 296,6	ВК	Торцева касетна $\varphi=75^0$
4	5	1, 2	5,9 - 8	150,6 - 225,7	ВК	З тангенційним розташуванням пластин
5	6, 7	2, 3	3,02 - 5,5	122,7 - 248,5	T5K10	Торцева касетна $\varphi=75^0$
6	8 - 13	3	1,1 - 11	74,2 - 315,5	T5K10	З діленням зрізу
7	14	3	1,33	281,5	T15K6	З регулюванням в осьовому напрямку
8	15 – 17	2, 3	0,5 - 4,49	301,6 - 327,9	T5K10	Торцева касетна $\varphi=75^0$
9	23 – 25	2	4 - 10,2	45,2 - 200,9	T5K10	З діленням зрізу
10	19 – 22,26	1	2,54 - 10	78,9 - 271,4	T5K10	Торцева касетна $\varphi=75^0$
11	27	1, 2	6,09 - 10	201,1 - 373	T5K10	З діленням зрізу

Обговорення результатів

На основі таблиці 2 і рисунку 3 можна відзначити наступне.

У першу групу кластерів входять прецеденти чистової механообробки з малою глибиною різання, великою швидкістю і використанням мінералокераміки, як матеріалу ріжучої частини. Тут є сенс використовувати фрези з круглими пластинами.

Групи кластерів 2 і 7 схожі за умовами обробки. Але відрізняються використовуваними матеріалами ріжучої частини. Так як вони відповідають в основному чистовій обробці матеріалу без корки з відносно невеликою глибиною різання, доцільно використовувати фрези з можливістю регулювання в осьовому напрямку.

Групи кластерів 3, 5, 8, 10 відзначаються різними варіантами якості оброблюваної поверхні, значеннями глибини різання і матеріалом різальної частини. Але для обробки може бути ефективно використана фреза зі змінними касетами.

Окремо розглядається ситуація у групі 5, яка складається з одного кластеру. Обробку по забрудненій корці з порівняно високою глибиною різання бажано проводити фрезою з тангенційно розташованими пластинами.

Групи кластерів 6, 9, 11 відповідають обробці з великими глибинами і різними характеристиками оброблюємої поверхні. Вирішити проблему вібростійкості при такій обробці доцільно за допомогою використання фрез з діленням зрізу по довжині і ширині. Такі конструкції дозволяють виконувати обробку з меншими енерговитратами.

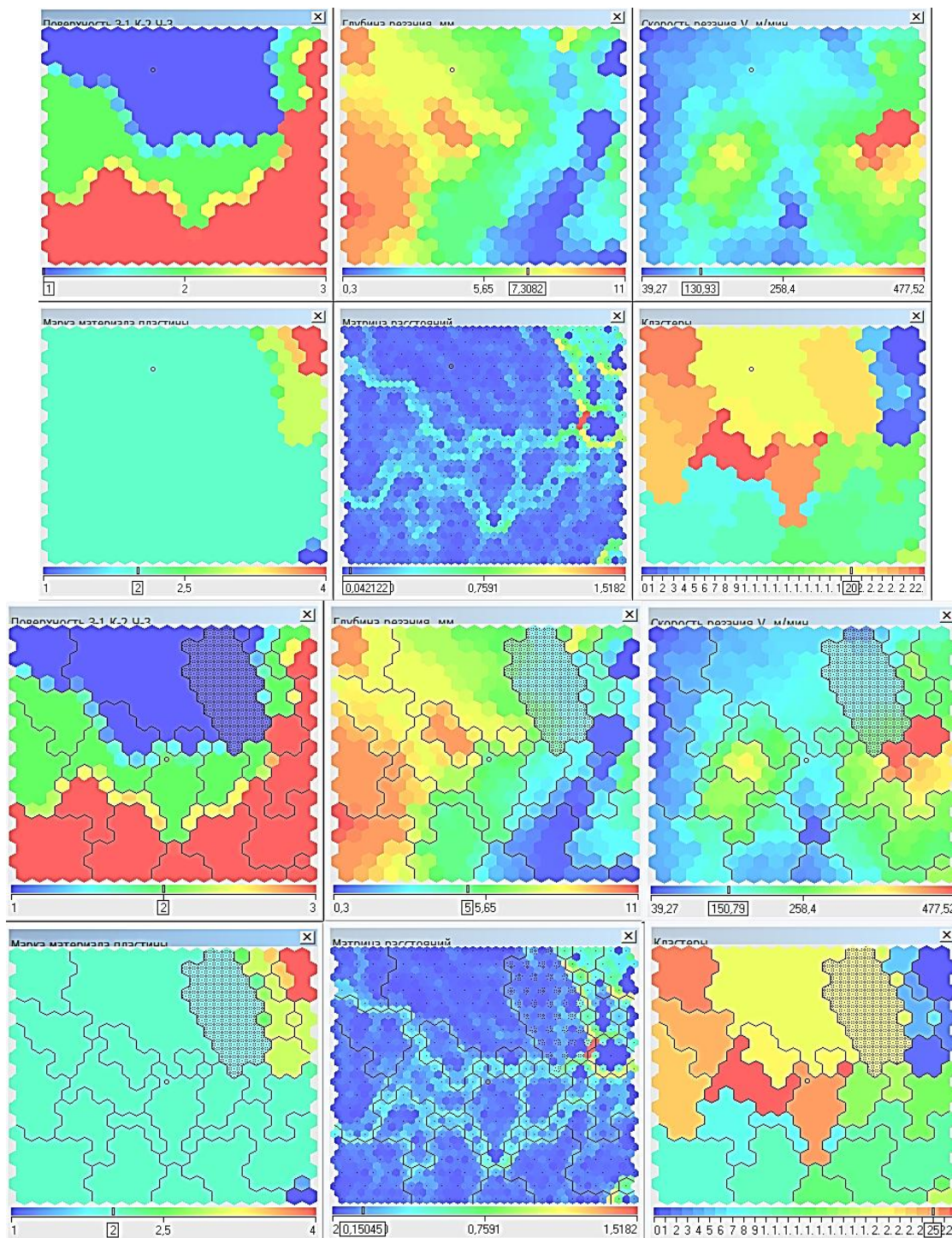


Рис. 3. Кластеризація параметрів експлуатації фрез для визначення технологічних ніш при обробці вуглецевих сталей

ВИСНОВКИ

Кластери, що формує мережа Кохонена, можна інтерпретувати як технологічні ніші, так як вхідний вектор містить всі необхідні параметри для їх утворення.

Грунтуючись на властивості карт Кохонена проектування багатовимірного простору в простір з нижчою розмірністю, вирішуємо дві задачі: формування технологічних ніш для визначення ефективного використання відповідних типів конструкції фрези і обґрунтування типорозмірів її пластини.

Отриману навчену карту Кохонена можна використовувати для пошуку ТН в масивах даних експлуатації для інших матеріалів деталей, для яких є той же набір вхідних даних.

Змістовний аналіз отриманих кластерів дозволяє виявити закономірності.

Відносячи новий об'єкт до одного з кластерів, можна прогнозувати поведінку або властивості об'єкту.

Змістовний аналіз кластерів допомагає виявити аномалії. Зазвичай, це кластери, в які потрапляє мало об'єктів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Быков В. В. Исследовательское проектирование в машиностроении / В. В. Быков, В. П. Быков. М.: Машиностроение, 2011. – 256 с.
2. Asunción, Álvarez. Applications of General Morphological Analysis From Engineering Design to Policy Analysis / Asunción Álvarez and Tom Ritchey. *Acta Morphologica Generalis AMG. Swedish Morphological Society.* – 2015. – Vol. 4, No. 1. – 40 p
3. Автоматизоване проектування і виготовлення виробів із застосуванням CAD/CAM/CAE-систем : монографія / О. Ф. Тарасов, О. В. Алтухов, П. І. Сагайда, Л. В. Васильєва, В. Л. Аносов. – Краматорськ : ЦТРІ «Друкарський дім», 2017. – 239 с.
4. Хаёт Г. Л. Сборный твердосплавный инструмент / Г. Л. Хаёт, В. М. Гах, К. Г. Громаков и др. ; под общ ред. Г.Л. Хаёта. – М. : Машиностроение, 1989. – 256 с.
5. Мельников, А. Ю. Разработка информационной системы для маркетинговых исследований и анализа надежности / Мельников А. Ю., Аносов В. Л., Прекрасный Д. Е. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий.* – Харьков, 2006. – № ½. – С. 122–127.
6. Методы обработки многомерных данных и временных рядов Учебное пособие для вузов Большаков А.А., Каримов Р.Н. 2-е изд., стереотип., — М.: Горячая линия-Телеком, 2015. — 522 с.
7. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е изд. :Пер. с англ.– М.: Издательский дом «Вильямс», 2016. – 1104 с.
8. Абрамова Т.В. Нейро-нечеткие методы в интеллектуальных системах обработки и анализа многомерной информации / Абрамова Т.В., Ваганова Е.В., Горбачев С.В., Сыряжкин В.И., Сыряжкин М.В. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2014. – 442 с.
9. Флах П. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных / пер. с англ. А. А. Слинкина. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 400 с.
10. Анализ данных и процессов / А. А. Барсегян, М. С. Куприянов, И. И. Холод, М. Д. Тесс, С. И. Елизаров. — СПб.: БХВ-Петербург, 2009. — 512 с.
11. Вендров А.М. CASE-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 176 с.
12. BaseGroup Labs. Tekhnologii analiza dannykh [BaseGroup Labs. Data analysis technologies]. Available at: URL: <http://basegroup.ru/>

REFERENCES

1. Bykov V.V., Bykov V.P. Research design in mechanical engineering. Moscow: Mechanical Engineering, 2011.- 256 p. (in Russian).
2. Asunción, Álvarez. Applications of General Morphological Analysis From Engineering Design to Policy Analysis / Asunción Álvarez and Tom Ritchey. *Acta Morphologica Generalis AMG. Swedish Morphological Society.* – 2015. – Vol. 4, No. 1. – 40 p. – ISSN 2001-2241. – URL: <http://www.amg.swemorph.com/pdf/amg-4-1-2015.pdf>.
3. Automated designing and manufacturing of products with the use of CAD / CAM / CAE-systems: monograph / L. V. Vasil'eva O. F. Tarasov, A. V. Altukhov, P. I. Sagayda, V. L. Anosov. - Kramatorsk: TsTRII "Printing House", 2017 - 239 p. ISBN 978-966-379-772-4. (in Ukrainian).
4. Khaet G. L., Gakh V. M., Gromakov K. G. and others. Combined carbide tool / Khaet G. L. eds. Moscow: Mechanical Engineering, 1989.- 256 p. (in Russian).
5. Melnikov A. Yu., Anosov V. L., Prekrasnyy D.E. Development of an information system for marketing research and reliability analysis. *East European Journal of Enterprise Technologies.* Kharkov, 2006, No.½, pp. 122–127. (in Russian).

6. Bolshakov A.A., Karimov R.N. Methods of processing multidimensional data and time series. Textbook for High Schools 2nd edition, stereotyped, Moscow: Hot line – Telecom. 2015. 522 p. (in Russian).
7. Haikin S. Neural networks: a Comprehensive Foundation, 2nd ed.: Translated from English. Moscow: Williams Publishing House, 2016. 1104 p. (in Russian).
8. Abramova T.V., Vaganova E.V., Gorbachev S.V., Syryamkin V.I., Syryamkin M.V. Neuro-fuzzy methods in intelligent systems for processing and analysis of multidimensional information. Tomsk: Tomsk University Press, 2014. 442 p. (in Russian).
9. Flach P. Machine learning. The art and science of algorithms that make sense of data. Translated from English by A.A. Slinkin. Moscow: DMK Press, 2015. 400 p. (in Russian).
10. Barseghyan A. A., Kupriyanov M. S., Kholod I. I., Tess M. D., Elizarov S. I. Analysis of data and processes. SPb.: BHV-Petersburg, 2009. 512 p. (in Russian).
11. Vendrov A. M. CASE-technology. Modern methods and means of designing information systems. Moscow: Finance and Statistics, 2005. - 176 p. (in Russian).
12. BaseGroup Labs. Tekhnologii analiza dannykh [BaseGroup Labs. Data analysis technologies]. Available at: URL: <http://basegroup.ru/>

АВТОРИ / АВТОРЫ / AUTORS

Богданова Л. М. – канд. техн. наук, доц. ДДМА;
Богданова Л. М. – канд. техн. наук, доц. ДГМА;
Bogdanova L. M. – candidate of technical science, associate professor.
E-mail: libog3096@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-5025-9358>

Аносов В. Л. – ст. викладач ДДМА;
Аносов В. Л. – ст. преп. ДГМА;
Anosov V. L. – senior lecturer DSEA.
E-mail: valeryanosov68@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-7362-4322>

Донбаська державна машинобудівна академія (ДДМА), м. Краматорськ.
Донбасская государственная машиностроительная академия (ДГМА), г. Краматорск.
Donbass State Engineering Academy (DSEA), Kramatorsk.

АНОТАЦІЯ / АННОТАЦИЯ / ANNOTATION

Богданова Л. М., Аносов В. Л. Використання інформаційних технологій для інтелектуальної обробки даних при проектуванні металорізального інструменту. Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. 2020. № 1 (48).

В роботі досліджується вплив технологічних параметрів, які визначають розміри поверхні яка оброблюється, фізико-механічні властивості матеріалу деталі і ріжучої частини інструменту, а також режимів різання на вибір конструкції фрези методом кластеризації даних. Це дозволило автоматизувати пошук технологічних ніш (ТН). Складність конструкції збірного інструменту, різноманіття його видів викликають проблеми із забезпеченням ефективності його роботи. Вивчення комплексу технологічних завдань підприємств-споживачів, функцій інструменту визначає потребу у кількості інструменту конкретних типорозмірів. Вказаний комплекс завдань це n-мірний технологічний простір, що характеризується набором функціональних показників. Один із методів розв'язання цього завдання – визначення зон найбільш ефективного використання конкретної конструкції інструменту, тобто виділення технологічних ніш (ТН). В свою чергу, це вимагає широкого аналізу багатовимірних виробничих даних про експлуатацію інструменту. Необхідні для аналізу виробничі дані містять масиви по прецедентам механічної обробки деталей фрезами, отримані методами моментних та довготривалих спостережень в умовах виробництва. Інструментальний засіб аналізу даних умов експлуатації фрез – аналітична платформа Deductor Studio 5.0 версії Academic. Вона має можливості побудови самоорганізаційних карт Кохонена за алгоритмом: завдання початкових векторів, навчання нейронної мережі, обчислення помилки віднесення до класу, візуалізація результатів кластеризації. В підсумку всі дані були розділені програмою на 26 кластерів. Після аналізу з точки зору умов експлуатації фрези їх було об'єднано в 11 груп. Для кожної групи надані рекомендації по використанню конструкції фрези. Грунтуючись на властивості карт Кохонена проектування

багатомірному простору в простір з нижчою розмірністю, вирішено дві задачі: формування технологічних ніш для визначення ефективного використання відповідних типів конструкції фрези і обґрунтування типорозмірів її пластини.

Ключові слова: кластеризація, карти Кохонена, фреза, технологічна ніша, Deductor Studio.

Богданова Л. М., Аносов В. Л. Использование информационных технологий для интеллектуальной обработки данных при проектировании металлорежущего инструмента. Вестник Донбасской государственной машиностроительной академии. 2020. № 1 (48).

В работе исследуется влияние технологических параметров, которые определяют размеры обрабатываемой поверхности, физико-механические свойства материала детали и режущей части инструмента, а также режимов резания на выбор конструкции фрезы методом кластеризации данных. Это позволило автоматизировать поиск технологических ниш (ТН). Сложность конструкции сборного инструмента, многообразие его видов вызывают проблемы с обеспечением эффективности его работы. Изучение комплекса технологических задач предприятий-потребителей, функций инструмента определяет потребность в количестве инструмента конкретных типоразмеров. Указанный комплекс задач это n-мерное технологическое пространство, характеризующееся набором функциональных показателей. Один из методов решения этой задачи - определение зон наиболее эффективного использования конкретной конструкции инструмента, то есть выделение технологических ниш (ТН). В свою очередь, это требует широкого анализа многомерных производственных данных об эксплуатации инструмента. Необходимые для анализа производственные данные содержат массивы по прецедентам механической обработки деталей фрезами, полученные методами моментных и длительных наблюдений в условиях производства. Инструментальное средство анализа данных условий эксплуатации фрез - аналитическая платформа Deductor Studio 5.0 версии Academic. Она имеет возможности построения самоорганизационных карт Кохонена по алгоритму: задания начальных векторов, обучение нейронной сети, вычисления ошибки отнесения к классу, визуализация результатов кластеризации. В итоге все данные были разделены программой на 26 кластеров. После анализа с точки зрения условий эксплуатации фрезы их объединили в 11 групп. Для каждой группы даны рекомендации по использованию конструкции фрезы. Основываясь на свойствах карт Кохонена проектирования многомерного пространства в пространство с более низкой размерностью, решено две задачи: формирование технологических ниш для определения эффективного использования соответствующих типов конструкции фрезы и обоснование типоразмеров ее пластины.

Ключевые слова: кластеризация, карты Кохонена, фреза, технологическая ниша, Deductor Studio.

Bogdanova L. M., Anosov V. L. The use of information technologies for intelligent data processing in the design of metal cutting tools. Herald of the DSEA. 2020. № 1 (48).

This paper examines the influence of technological parameters that determine the dimensions of the surface to be processed, the physical-mechanical properties of the material of the part and the cutting part of the tool, as well as cutting conditions on the choice of the design of the cutter by the data clustering method. This made it possible to automate the search for technological niches (TN). The complexity of the design of the prefabricated tool and the diversity of its types cause problems with ensuring the effectiveness of its work. The study of the complex of technological problems of consumer enterprises, the functions of the tool determines the need for the number of tools of specific sizes. The specified set of tasks is n-dimensional technological space, characterized by a set of functional indicators. One of the methods for solving this problem is to determine the areas of the most effective use of particular tool design, that is, the allocation of technological niches (TN). In turn, this requires a broad analysis of multidimensional production data on tool operation. The production data necessary for analysis contains arrays on the precedents of machining parts with milling cutters, obtained by methods of instant and long-term observations in the production environment. The tool for analyzing data from the operating conditions of mills is the analytical platform Deductor Studio 5.0 version of Academic. It has the ability to build Kohonen self-organization maps according to an algorithm: setting initial vectors, training a neural network, calculating class assignment errors, visualizing the results of clustering. As a result, all the data was divided by the program into 26 clusters. After analysis from the point of view of operating conditions, the cutters were combined into 11 groups. For each group, recommendations are given on the use of the cutter design. Based on the properties of Kohonen maps of designing a multidimensional space into a space with a lower dimension, two problems have been solved: the formation of technological niches for determining the effective use of the appropriate types of cutter design and justification of the standard sizes of its plate.

Keywords: clustering, Kohonen maps, mill, technological niche, Deductor Studio.