

УДК 621.865

**І.В. Григор'єва, магістр
І.В. Крижанівська, к.т.н., доц.***Житомирський державний технологічний університет***АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ТРУДОМІСТКОСТІ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ НА
ВЕРСТАТАХ З ЧПУ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ**

В статті викладено результати досліджень щодо проблеми автоматизованого розв'язання задачі прогнозування трудомісткості обробки деталей різанням з використанням нейронних мереж (НМ) шляхом створення інформаційного, методично-алгоритмічного та програмного забезпечення.

Запропоновано методику, узагальнений алгоритм та відповідно до них структуру розробленої інтелектуальної системи, побудованої на основі НМ, яка використовується як інструмент прогнозування штучного часу обробки деталей. Для конкретизації поставленої мети здійснено формалізовану постановку задачі, що дає змогу деталізувати залежності шуканого значення прогнозованої величини тривалості обробки деталей від факторів, що мають на неї вплив. Підібрано комплекс вихідних даних для вхідного вектора НМ для прогнозування трудомісткості виготовлення деталей, розроблено принцип їх кодування та відповідні алгоритми кодування вхідних полів НМ.

Вступ. Однією з основних проблем, з якими зіштовхується вітчизняне машинобудування, є низька ефективність виробництва. У цей час в умовах конкуренції ринок жорстко диктує мінімальний час реакції на нововведення. Одним із рішень для виходу з такої ситуації є впровадження на виробництві точного й нетрудомісткого методу нормування виробничого процесу [1, 4, 8].

Окремою проблемою нормування є визначення попередньої або прогнозованої трудомісткості виготовлення деталей і вузлів. Вирішення цілого ряду завдань планування й диспетчеризації автоматизованого виробництва або взагалі неможливо, або некоректно без обліку даного показника.

Актуальність вирішення даного завдання для сучасного етапу розвитку машинобудування України визначається частою зміною номенклатури виробів, що випускаються, що викликає необхідність оцінки витрат часу на виготовлення, визначення економічної ефективності виробництва нового виробу в умовах відсутності розробленого пакета технологічної документації на його виготовлення, і організацією раціонального використання ресурсів і резервів підприємства (організаційно-технічних умов) з метою зниження тимчасових і фінансових витрат, пов'язаних з переходом на випуск нової номенклатури виробів [3, 6, 9].

Таким чином, розробка методичного та алгоритмічного забезпечення автоматизованого процесу прогнозування трудомісткості виготовлення деталей та подальша його програмна реалізація з використанням нейронних мереж (НМ) з метою застосування як одного з елементів технологічної підготовки виробництва, що забезпечить оперативне вирішення питання рентабельності введення нового виробу у виробництво та збільшить ефективність планування виробництва, є актуальною проблемою сучасного виробництва.

Метою досліджень, результати яких висвітлюються в цій статті, є забезпечення оперативності вирішення питання рентабельності введення нових деталей у виробництво за рахунок розробки та впровадження інформаційного, методично-алгоритмічного та програмного забезпечення системи прогнозування трудомісткості обробки деталей на верстатах з ЧПУ без попереднього проектування технологічного процесу з метою підвищення ефективності планування виробництва.

В результаті проведеного аналізу сучасних програмних засобів, що вирішують завдання технологічної підготовки виробництва, було виявлено, що вони є універсальними, громіздкими та дорогими. До того ж впровадження цих систем займає деякий час – від первинного обстеження ситуації на підприємстві до здачі системи в промислову експлуатацію. Крім того, для обчислення трудомісткості виготовлення нової деталі в існуючих системах необхідне попереднє визначення технологічного процесу її обробки, що вимагає додаткових витрат часу для вирішення доцільності введення виробу у виробництво.

Також в ході аналізу існуючих методик, підходів та програмних засобів визначення трудомісткості як однієї із складових технічного нормування виробництва на стадії його технологічної підготовки було визначено, що потужним засобом для вирішення задачі прогнозування трудомісткості є використання сучасного апарату нейронних мереж [2, 10].

В результаті проведеного аналізу основних факторів, що впливають на трудомісткість виготовлення деталей [1, 6, 7] були виявлені основні чинники, що визначають трудомісткість обробки деталей, наведені на рис. 1.

Було визначено, що ці фактори та ознаки різноманітні, й пріоритетність одних над іншими не є очевидною. Крім того, для можливості врахування цих факторів для визначення трудомісткості обробки деталей необхідно мати деталізовані дані про технологічний процес обробки деталей.

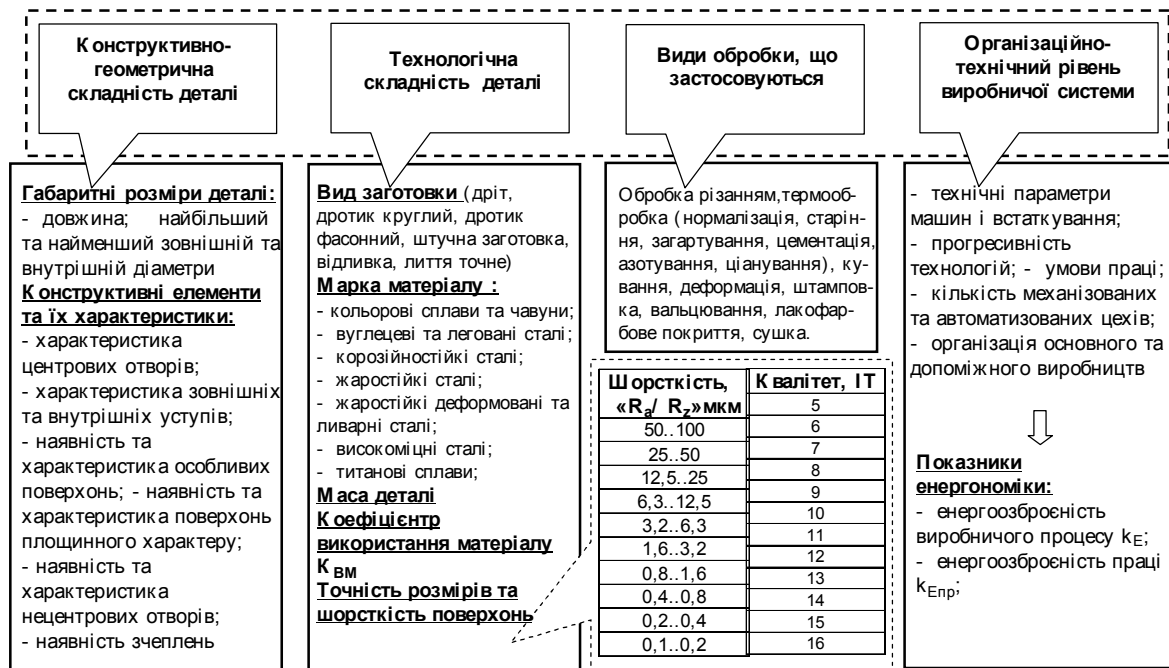


Рис. 1. Фактори, що впливають на трудомісткість виготовлення деталей

Конкретизована постановка задачі прогнозування трудомісткості обробки деталей полягає у визначенні штучного часу T_{st} обробки деталей типу вала для середньосерійного типу виробництва:

$$T_{st} = T_o + T_{dop} + \frac{T_{or} + T_{tp} + T_{vidp}}{n},$$

де T_o – основний час, T_{dop} – допоміжний час, T_{or} – час на обслуговування робочого місця, T_{tp} – час на регламентовані технологічні перерви, T_{vidp} – час на відпочинок, n – кількість деталей у партії.

Серед визначених вхідних даних, що впливають на величину трудомісткості та безпосередньо придатні для виявлення з робочого креслення деталі, були виділено два основних типи ознак:

- конструктивно-геометричні ознаки деталі, до яких належать: габаритні розміри (найбільший внутрішній діаметр та різниці найбільших та найменших діаметрів для зовнішньої та внутрішньої поверхонь); конструктивні елементи та їх характеристики (наявність та характеристика центрових отворів, уступів внутрішньої та зовнішньої поверхні, наявність особливих поверхонь, поверхонь площинного характеру, нецентрових отворів та зчеплень);
- технологічні параметри деталі, до яких віднося: матеріал (кольорові сплави, чавуни, вуглецеві та леговані сталі, корозійні, жаростійкі та високоміцні сталі, титанові сплави) та маса деталі; коефіцієнт використання матеріалу ($K_{вм}$); найвища точність розмірів та шорсткість зовнішніх та внутрішніх уступів, особливих поверхонь, поверхонь площинного характеру та нецентрових отворів.

Вирішення задачі було зведено до перетворення:

$$\{K, Q, O, R\} \xrightarrow{\varphi} T_{st},$$

де φ – математичний апарат нейронних мереж; K – конструктивно-геометрична складність деталі:

$$K = f(k_1, k_2, k_3, k_4, k_5),$$

де k_1 – габаритні характеристики деталі, k_2 – загальні конструктивні характеристики деталі, k_3 – конструктивна складність за характеристикою особливих видів поверхонь, k_4 – конструктивна складність за характеристикою поверхонь площинного характеру, k_5 – конструктивна складність за характеристикою нецентрових отворів;
 Q – технологічна складність деталі:

$$Q = f(M, m_d, K_{VM}, q_1, q_2, q_3, q_4),$$

де M – марка матеріалу, m_d – маса деталі, K_{VM} – коефіцієнт використання матеріалу, q_1 – найвища точність зовнішніх уступів, q_2 – найвища точність внутрішніх уступів, q_3 – найвища точність поверхонь площинного характеру, q_4 – найвища точність нецентрових отворів; O – види обробки, що застосовуються; R – організаційно-технічний рівень виробничої системи:

$$R = f(k_e, k_{епр}),$$

де k_e – енергоозброєність виробничого процесу: $k_e = F_i \cdot N$, $k_{епр}$ – енергоозброєність праці:

$$k_{епр} = \frac{F_i \cdot N}{P},$$

де F_i – фактор інтенсивності використання машин:

$$F_i = N \cdot T = \frac{N_F}{N} \cdot \frac{T_F}{T},$$

N_F , N – фактична та номінальна потужність машинного парку; T_F , T – фактичний та розрахунковий ефективний фонд часу; P – чисельність персоналу, зайнятого у виробництві.

Як програмний засіб, який реалізує нейронні мережі, в даному дослідженні було використано програму Neural Network Wizard, що містить засоби для налагодження НМ під вирішення задачі прогнозування трудомісткості обробки деталей та має відкриту бібліотеку класів, які можливо інтегрувати у розроблюваний програмний продукт.

Відповідно до технологічних факторів, що впливають на трудомісткість обробки деталей, було розроблено кодування цих даних для вхідних векторів НМ (рис. 2). Чим більший вплив ознаки на збільшення трудомісткості, тим вище вага коду її діапазону. Ваги кодів сусідніх діапазонів відрізняються на одиницю.

Для опису конструктивної складності деталі, яка впливає на трудомісткість її виготовлення, були виділені додаткові конструктивно-геометричні ознаки, які умовно поділені на такі групи:

- загальні характеристики деталі (вид центрального отвору, характер спаду внутрішніх та зовнішніх поверхонь, характер уступів та їх кількість);
- характеристика особливих видів поверхонь (різьба, фасонна поверхня, сфери, конуси, канавки торцеві, спіральні торцеві, гвинтові та кільцеві);
- характеристика поверхонь площинного характеру (вилки та провусини, повздовжні виступи, гранована поверхня, повздовжні пази, гвинтові закриті канавки, радіальні пази, поперечні пази, похилі пази та вікна, лиски на уступах та скоси на торцях);
- характеристика нецентрових отворів (одноступінчасті та багатоступінчасті отвори без різьби та з різьбою);
- наявність зчеплень.

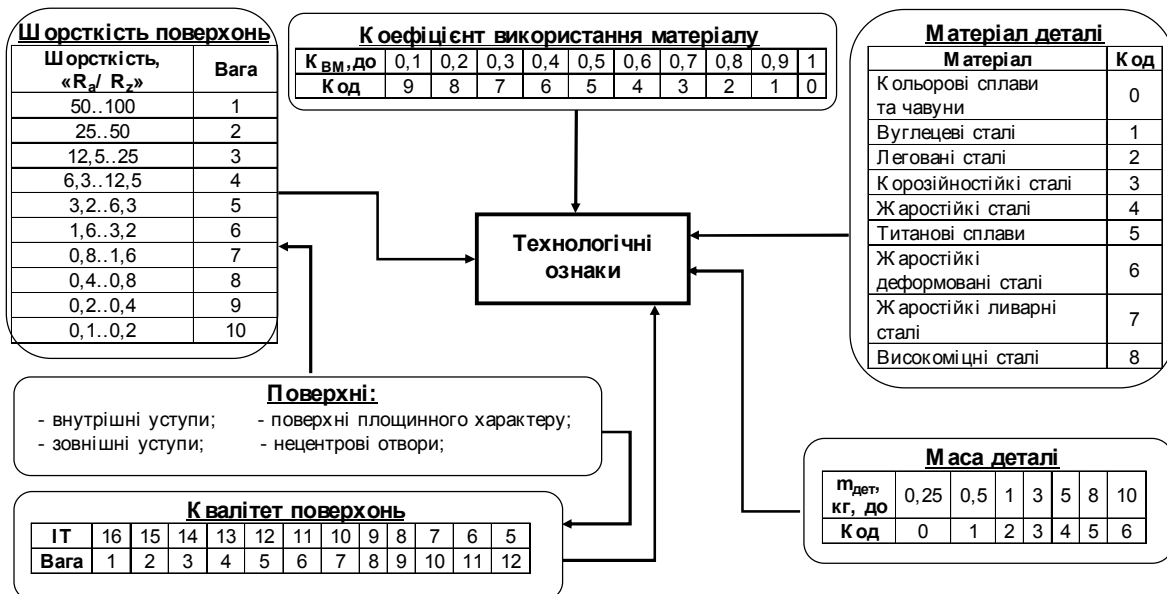


Рис. 2. Кодування технологічних ознак деталей для вхідного вектора НМ

Вага коду збільшується разом зі складністю розташування елементів груп конструктивних елементів. Приклад кодування деяких конструктивних елементів поверхонь площинного типу наведений на рис. 3.

Наявність поздовжніх пазів					
зовнішня поверхня (e ₁)			внутрішня поверхня (e ₂)		
немає	одна сторона	обидві сторони	немає	одна сторона	обидві сторони
0	1	2	0	1	2
Наявність похилих пазів (h)			Наявність вирізів (вікон) поперечних (i)		
немає	одна сторона	обидві сторони	немає	одна сторона	обидві сторони
0	1	2	0	1	2

Рис. 3. Приклад кодування деяких конструктивних елементів поверхонь площинного типу

Кожній групі конструктивних елементів відповідає одне вхідне поле НМ. Значення поля являє собою оцінку конструктивної складності деталі за групами елементів та отримується додаванням балів, що відповідають кожному елементу, з врахуванням кількості однотипних.

Подібним до технологічних ознак чином було закодовано діапазони найбільшого внутрішнього діаметру та різниць найбільших та найменших діаметрів зовнішніх та внутрішніх уступів.

Приклад деталі із значеннями конструктивно-геометричних та технологічних характеристик наведена на рис. 4. Вихідний вектор для НМ для даної деталі буде мати вигляд:

C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	C ₁₇	C ₁₈	C ₁₉	T
7	6	2	1	4	3	2	1	2	7	1	0	2	4	3	17	18	8	18	10,5

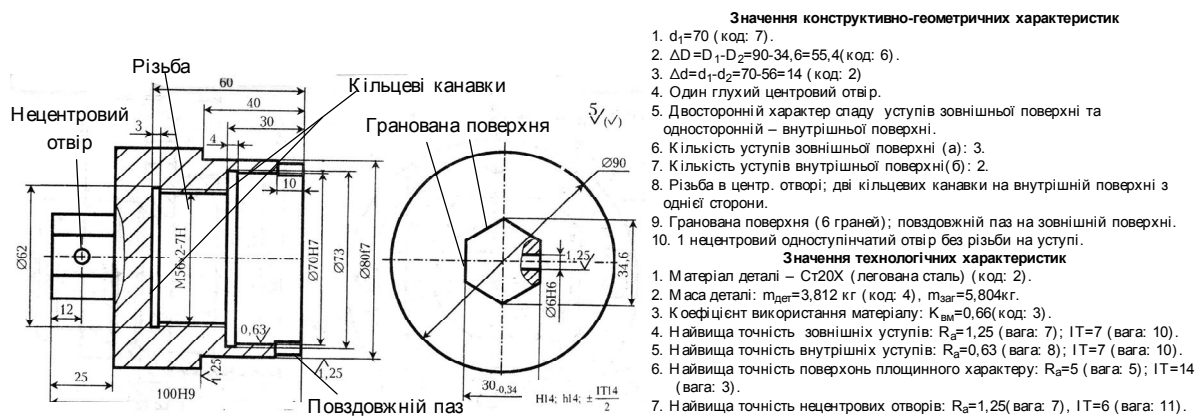


Рис. 4. Приклад деталі та значення конструктивно-геометричних та технологічних характеристик для її вхідного вектора НМ

На основі розробленої методики вирішення задачі та системи кодування ознак деталей був розроблений детальний алгоритм вирішення задачі з прогнозування трудомісткості виготовлення деталей, узагальнений вигляд якого представлений на рис. 5.

Робота всього алгоритму здійснюється в три етапи. На першому етапі виконується підготовка до майбутніх обчислень, тобто створюється НМ (блок 2), завантажується файл, що був створений програмою Neural Network Wizard та який зберігає в собі оптимальну конфігурацію та всі параметри НМ, що була попередньо навчена відповідно до поставленої задачі (блок 3).

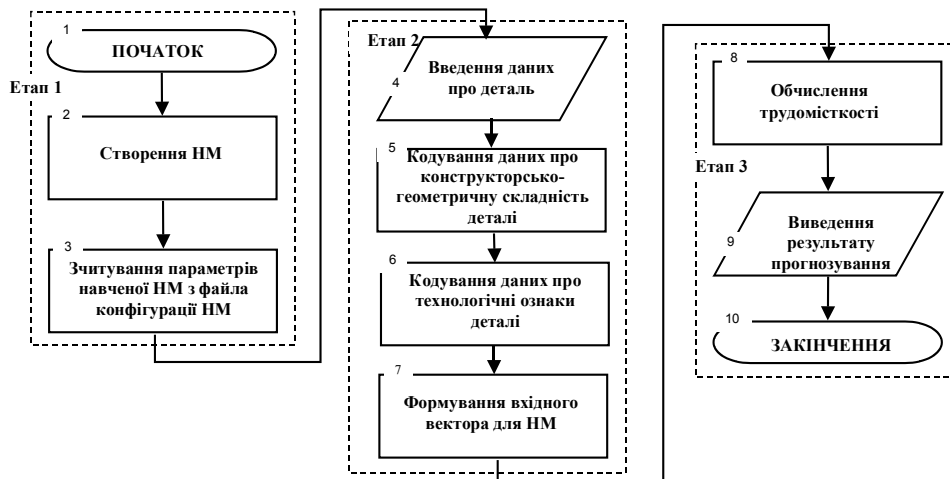


Рис. 5. Узагальнений алгоритм прогнозування трудомісткості виготовлення деталей

На другому етапі здійснюється введення необхідних для прогнозування вихідних даних про конструкторсько-геометричну складність деталі, її технологічні параметри, що необхідні для прогнозування (блок 4). На цьому ж етапі відбувається перетворення вихідних даних у відповідний код (блоки 5, 6), який формує вхідний вектор для НМ (блок 7). Інформація про конструкторсько-геометричні параметри деталі визначає 1–12 поля вхідного вектора, а технологічні дані формують 13–19 поля.

На третьому етапі відбувається обчислення прогнозованої трудомісткості (штучного часу) виготовлення деталі за допомогою налагодженої НМ (блок 8) та виведення результату прогнозування (блок 9).

Розроблений програмний продукт для автоматизованого прогнозування трудомісткості обробки деталей створений на базі Delphi з використанням програми Neural Network Wizard та відкритої бібліотеки її класів для створення НМ, орієнтованої на вирішення конкретного завдання. Дані програмні продукти є доступними та вільними у розповсюдженні. Структурна схема функціонування розробленої системи для прогнозування трудомісткості виготовлення круглих деталей наведена на рис. 6.

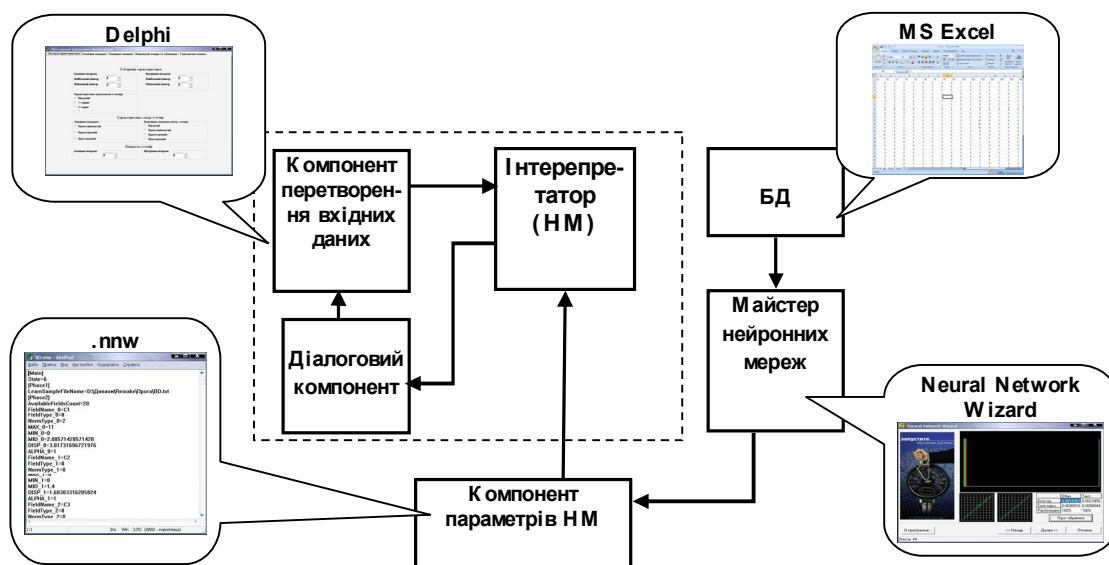


Рис. 6. Структурна схема ІС

База даних (БД) призначена для зберігання вихідних векторів, необхідних для налагодження нейромережі. Майстер нейронних мереж, використовуючи вихідні дані з БД, та в результаті налагодження мережі для отримання необхідного результату формує контент компоненту отриманих знань. Компонент параметрів НМ містить правила, якими в даному випадку буде необхідна конфігурація нейронної мережі, що дозволяє найкращим чином вирішити поставлену задачу. Діалоговий компонент орієнтований на організацію дружнього спілкування з користувачем для введення необхідних для

вирішення завдання вхідних даних. Компонент перетворення вхідних даних здійснює формування вхідного вектора для НМ. Нейронна мережа, використовуючи вхідний вектор та дані компоненту отриманих знань, здійснює прогнозування необхідного параметра.

Працездатність розробленого програмного забезпечення протестовано на варіантах індивідуальних завдань курсового проектування з навчальної дисципліни «Технологія дискретного автоматизованого виробництва» [5]. Відносне відхилення результатів тестування лежить в межах 3,0–4,8 %, що є допустимим для більшості технічних задач.

Висновки. В результаті проведених досліджень було вперше запропоновано новий підхід до розв'язання задачі автоматизованого прогнозування трудомісткості виготовлення деталей на основі штучних нейронних мереж, що дає можливість підвищити оперативність прийняття рішення в питаннях рентабельності введення нового виробу у виробництво на етапі технологічної підготовки виробництва. Використання НМ як одного із основних блоків представленої методики визначає придатність для розширення меж її можливостей при визначенні трудомісткості деталей за рахунок збільшення комплексу ознак, що впливають на параметр прогнозування. Розробку автоматизованої системи виконано для обробки круглих деталей з деякими обмеженнями по габаритним розмірам (діаметр до 120 мм) та ваги (до 10 кг) на верстатах з ЧПУ та без врахування організаційно-технічного рівня виробничої системи підприємства, цеху чи ділянки виробництва.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Ямпольский Л.С., Калинин О.М., Ткач М.М.* Автоматизированные системы технологической подготовки роботизированного производства. – К.: Высшая шк. Главное издательство, 1987. – 271 с.
2. *Барский А.Б.* Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 231 с.
3. *Ямпольский Л.С., Мельничук П.П., Самотокін Б.Б., Поліщук М.М. та ін.* Гнучкі комп'ютеризовані системи: проектування, моделювання і управління: Підручник – Житомир: ЖДТУ, 2005. – 680 с.
4. *Кирилович В. А., Мельничук П.П., Яновський В.А.* Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ: Навчальний посібник. – Житомир: ЖІТІ, 2001. – 600 с.
5. *Кирилович В.А., Яновський В. А.* Теорія автоматизованого виробництва. – Вип. 3. – Курсове проектування: Навчально-методичний посібник. – Житомир: ЖІТІ, 2002. – 148 с.
6. *Митрофанов С.П.* Научные основы технологической подготовки группового производства. – М.: Машиностроение, 1965. – 396 с.
7. *Митрофанов С.П., Гульнов Ю.А., Куликов Д.Д. и др.* Применение ЭВМ в технологической подготовке серийного производства. – М.: Машиностроение, 1981. – 287 с.
8. Организация и нормирование труда / Под ред. В.В. Адамчука. – М.: ЗАО «Финстатинформ», 1999. – 205 с.
9. *Праведников И.С., Касимов Л.Н.* Разработка научных основ управления динамикой трудоемкости новых изделий и деталей // Система социально-экономического обеспечения качества услуг и сервиса: Сборник научных трудов – Уфа: Уфимский технологический институт сервиса, 1995. – 317 с.
10. *Якимович Б.А., Тенев А.А.* Системное представление метода аналогий нормирования труда в машиностроении // Тр. межд. НТК «Информационные технологии в инновационных проектах». – Май 2001 г. – Ижевск.

ГРИГОР'ЄВА Ірина Володимирівна – магістр Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– системи штучного інтелекту.

E-mail: mara.selfer@gmail.com

КРИЖАНІВСЬКА Ілона Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизованого управління в технічних системах Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– автоматизація технологічної підготовки гнучких виробничих систем.

E-mail: ilonna2002@mail.ru

Подано 03.11.2008

Григор'єва І.В., Крижанівська І.В. Автоматизоване прогнозування трудомісткості обробки деталей на верстатах з ЧПУ за допомогою нейронних мереж

Григорьева И.В., Крыжановская И.В. Автоматизованное прогнозирование трудоемкости обработки деталей на станках с ЧПУ с помощью нейронных сетей

Grygoreva I.V., Kryzhanivska I.V. Automated prognostication of details treatment labour-intensiveness with the use of neural networks

УДК 621.865

Автоматизованное прогнозирование трудоемкости обработки деталей на станках с ЧПУ с помощью нейронных сетей / И.В. Григорьева, И.В. Крыжановская

В статье изложены результаты исследований по вопросу автоматизированного решения задачи прогнозирования трудоемкости обработки деталей резанием с использованием нейронных сетей (НС) путем создания информационного, методического и программного обеспечения.

Предложенная методика, алгоритм и соответствующая им структура разработанной интеллектуальной системы, построена на базе НС, которая используется в качестве инструмента прогнозирования штучного времени обработки деталей. Для конкретизации поставленной цели выполнена формализованная постановка задачи, которая дает возможность детализировать зависимости искомого значения прогнозированной величины длительности обработки деталей от факторов, имеющих на нее влияние. Подобрано комплекс исходных данных для входного вектора НС прогнозирования трудоемкости изготовления деталей и разработано методику и соответствующие алгоритмы их кодирования.

УДК 621.865

Automated prognostication of details treatment labour-intensiveness with the use of neural networks / I.V. Grygoreva, I.V. Kryzhanivska

In the work the problem of the automated decision of task of details treatment's labour-intensiveness prognostication is considered with the use of neural networks by creation of informative, methodical-algorithmic and program providing.

The intelligent system structure founded on neural network is defined as a gear of details' floor-to-floor time prognostication. For the assign task specification formalized problem statement is realized to itemize factors dependences which have an influence on required predictable labour-intensiveness value. The input signs data complex is selected for details treatment's labour-intensiveness prognostication and its coding methods are determined.

Methodology and generalized task of automated details treatment's labour-intensiveness prognostication with the use of neural network are developed and extensive input fields' coding algorithms are defined.