

УДК 621.002:620.179.13-52

**РОЗРОБКА СЕМАНТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ
АВТОМАТИЧНИХ ЗАСОБІВ ПІРОМЕТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ
В МАШИНОБУДУВАННІ**

©Шматков Д. І.

*Українська інженерно-педагогічна академія***Інформація про автора:**

Шматков Данііл Ігорович: ORCID: 0000-0003-2952-4070; d.shmatkov@gmail.com; кандидат педагогічних наук; старший викладач кафедри охорони праці, стандартизації та сертифікації; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська, 16, м. Харків, 61003, Україна.

Сформульовано наступні завдання: теоретично дослідити застосування методів штучного інтелекту в галузі теплового контролю; теоретично та практично розробити модель подання знань предметної галузі пірометричних вимірювань в інтелектуальних системах.

У якості дослідницького матеріалу використано наукові праці вітчизняних та зарубіжних вчених та засоби моделювання пакету Microsoft Office.

Визначено, що методи штучного інтелекту в галузі теплового контролю розробляються вже довгий час, зменшують похибки вимірювань та мають значні перспективи впровадження. Визначено, що семантичні моделі, а саме каузальні мережі, мають функціональний інструментарій до впровадження в експертні системи автоматичних засобів пірометричних вимірювань.

Побудовано каузальну мережу до процесу пірометричного контролю температурних режимів лазерного зміцнення металів, спрямовану на повне відображення предметної галузі в системі.

Ключові слова: пірометрія; семантична мережа; каузальна мережа; вимірювання; штучний інтелект.

Шматков Д. І. «Разработка семантической модели для экспертных систем автоматических средств пирометрических измерений в машиностроении».

Сформулированы следующие задачи: теоретически исследовать применение методов искусственного интеллекта в области теплового контроля; теоретически и практически разработать модель представления знаний предметной области пирометрических измерений в интеллектуальных системах.

В качестве исследовательского материала использованы научные труды отечественных и зарубежных ученых и средства моделирования пакета Microsoft Office.

Определено, что методы искусственного интеллекта в области теплового контроля разрабатываются уже долгое время, уменьшают погрешности измерений и имеют значительные перспективы внедрения. Определено, что семантические модели, а именно каузальные сети, имеют функциональный инструментарий для внедрения в экспертные системы автоматических средств пирометрических измерений.

Построена каузальную сеть для процесса пирометрического контроля температурных режимов лазерного упрочнения металлов, направленную на полное отражение предметной области в системе.

Ключевые слова: пирометрия; семантическая сеть; каузальная сеть; измерения; искусственный интеллект.

Shmatkov D. “Development of the semantic model for expert systems of pyrometric measurements automatic tools in mechanical engineering”.

It formulated the following objectives: to investigate in theory the use of artificial intelligence in the field of thermal control; to develop in theory and practice the representation model of pyrometric measurements subject area in intelligent systems.

As research material used scientific works of domestic and foreign scholars and simulation tools with Microsoft Office.

It has been determined that the methods of artificial intelligence in the field of thermal control are developed for a long time, reduce the measurement error, and have implementation significant prospects. It was determined that the semantic model, namely the causal network has a functional toolkit for the expert systems automatic pyrometric measurements implementation.

It has built causal network to the pyrometric temperature control process of laser hardening of metals, aiming at full reflection of the subject area in the system.

Keywords: pyrometry; semantic network; causal network; measuring; artificial intelligence.

1. Постановка проблеми

Збільшення кількості та ефективності різноманітних заходів щодо інформатизації промисловості детермінують автоматизацію подання, збереження, систематизації, пошуку та іншої обробки інформації в галузі теплового контролю.

Одним з основних напрямів теплового контролю є пірометрія. Застосування пірометрів передбачає дистанційний контроль температур об'єктів. Це призводить до виникнення похибок пов'язаних з умовами середовища між засобом контролю та об'єктом та інших похибок. Експертні системи з галузі штучного інтелекту покликані мінімізувати ці похибки. Але ці системи також потребують оцінки показників, що впливають на достовірність пірометричних вимірювань, та розробки ефективних моделей подання.

Проблема представленої роботи полягає у підвищенні точності пірометричних вимірювань із застосуванням експертних систем.

2. Аналіз останніх досліджень

Одним з перспективних напрямів підвищення точності пірометричних вимірювань є застосування методів штучного інтелекту. Розглянемо приклади застосування методів штучного інтелекту в галузі теплового контролю.

Цикл досліджень щодо застосування нейронних мереж (математичних моделей, побудованих за принципом організації та функціонування біологічних нейронних мереж) в тепловому контролі літакових панелей виконаний Д. Прабху та ін. з НАСА [1]. Крім іншого, із застосуванням цього напрямку авторам вдалося виявити 5–10 % вносу матеріалу в алюмінієвому листі товщиною 1 мм.

В роботі [2] описана нейронна мережа для обробки даних теплового контролю, отриманих за методом фазової термографії. При перевірці можливостей цієї мережі помилка визначення глибини дефектів не перевищила 10 %.

Іншим відомим методом з галузі штучного інтелекту є метод виявлення теплових помилок від час роботи ЧПУ верстатів [3]. В роботі пропонується зменшувати вплив помилок шляхом чисельної компенсації, яка здійснюється з використанням нечітких ANFIS-сіткових моделей. В моделі аналізуються ранжовані дані, які отримуються від усіх засобів вимірювання температури.

На методах штучного інтелекту також базуються напрями оптимізації нечітких параметрів засобів контролю температури [4]. Автори регламентують ефективність оптимізації шляхом мінімізації нечітких параметрів та, відповідно, їх впливу.

Як видно з наведеного короткого аналізу, для потреб теплових, у т.ч. пірометричних, вимірювань з галузі штучного інтелекту здебільшого застосовуються нейронні мережі. Але відомими є й інші семантичні моделі подання знань. Визначення найефективнішої моделі потребує додаткового аналізу.

3. Основний матеріал дослідження

На погляд автора, додаткову увагу необхідно приділити різновиду семантичної мережі, в якому дуги характеризують відношення, що використовуються в каузальній логіці, – каузальній мережі. Також така мережа характеризується наявністю бінарного логічного зв'язку.

За багатьма параметрами каузальні мережі не поступаються нейронним, а в деяких перевищують цю модель подання знань, до таких параметрів можна віднести наступне: простота побудови; відображення семантики предметної області; нотаційна адекватність; здатність до опису локальних і глобальних цілей; доступність; інтерференційні можливості; адаптивність; дидактична операційність; системність; інваріантність; інформаційна ергономічність; економічність; універсальність; природність і наочність подання знань при використанні; розмірність моделі; зручність розробки системи на основі моделі; довговічність; інтерперабельність; швидкість орієнтації в моделі; інтелектуальні можливості; рівень зв'язності знань.

Недоліком же застосування нейронних мереж є те, що для їх ефективності потрібною є стадія навчання. Такий алгоритм не завжди може бути застосований в умовах реальних вимірювань. Крім того, деякі західні вчені стверджують про застарілість та безперспективність нейронних мереж [5].

Розглянемо вершини каузальної мережі до класичного методу яскравісної пірометрії, що передбачає застосування пірометра зі «зникаючою ниткою» та проаналізуємо, як система буде вирішувати виробничі завдання із застосуванням подібної мережі.

Розглянемо наступну проблему: «Червоний фільтр яскравісного пірометра дозволяє виділяти необхідну вузьку спектральну область близько довжини хвилі $\lambda = 0,65$ мкм. З чим пов'язані такі обмеження?».

Поняття з блоку «Фізичні основи»: «Довжина хвилі».

Поняття з блоку «Методика використання»: «Умови використання».

Вершина «Довжина хвилі» пов'язана з вершиною «Оптична система» з блоку «Схема пристрою».

Вершина «Умови використання» пов'язана з: «Вимірювальний прилад» та «Оптична система» з блоку «Схема пристрою».

Вершини блоку «Фізичні основи» зумовлюють вершини двох інших блоків. Вершини блоку «Схема пристрою» зумовлюють вершини блоку «Методика використання».

Ключові поняття відносяться до двох блоків з трьох. Тому, розглядаючи зв'язки цих понять з вершинами третього блоку – «Схема пристрою», можливо дійти висновку, що наведені обмеження пов'язані з характеристиками оптичної системи пірометра: показник довжини хвилі обумовлює оптичну систему, характеристики якої вже визначають умови використання пірометра.

Розглянемо процес контролю температурних режимів лазерного зміцнення металів. Цей напрям є досить розробленим [6].

Каузальна мережа цього процесу включає широкий набір вершин у кожному блоці. Наведемо деякі з них (рис. 1).

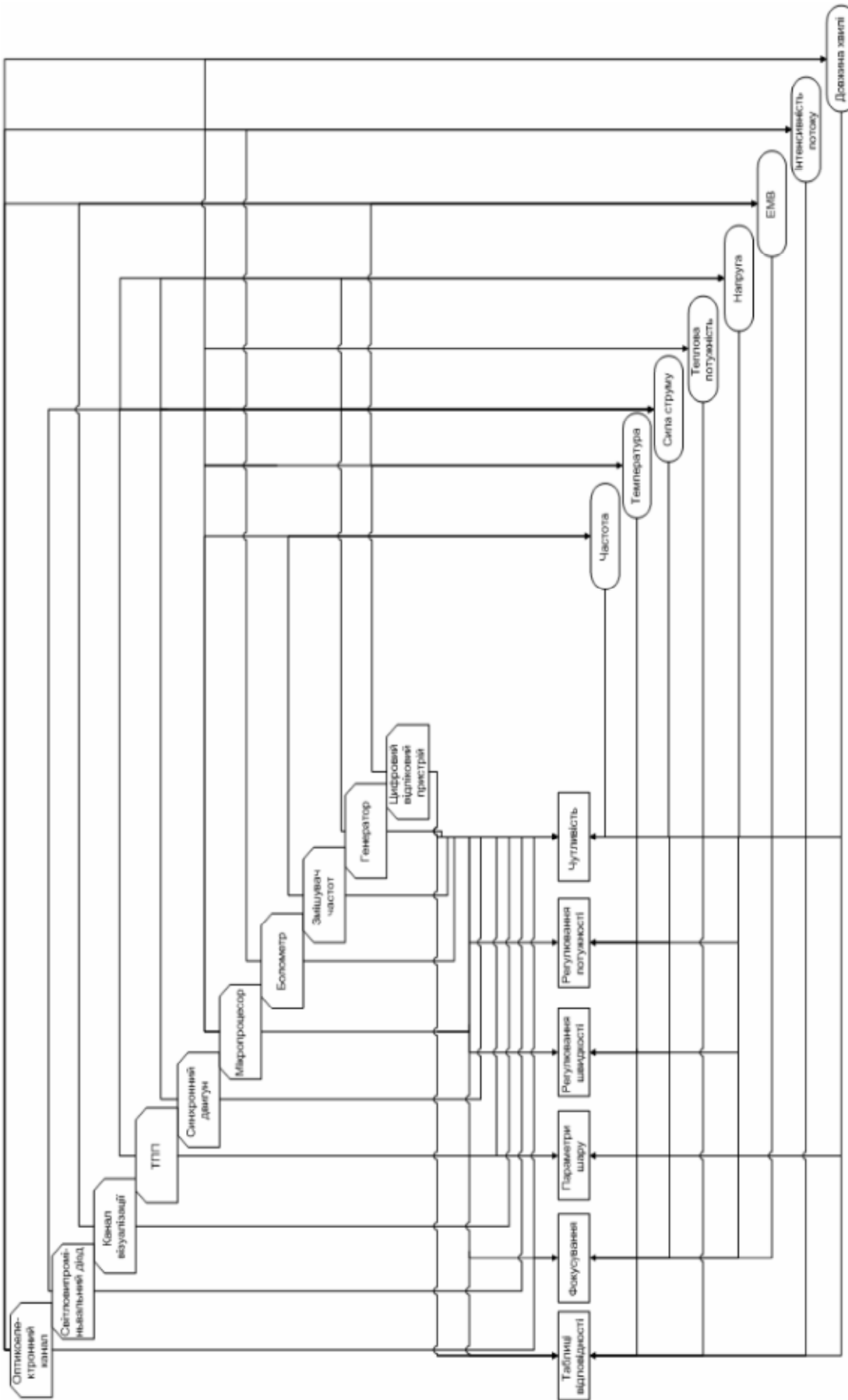





Рис. 1 – Каузальна мережа контролю температурних режимів лазерного зміцнення металів

З блоку фізичні основи виділено: частота; температура; сила струму; теплова потужність; напруга; електромагнітне випромінювання; інтенсивність потоку; довжина хвилі.

З блоку «Схема пристрою» виділено: оптоелектронний канал; світловипромінювальний діод; термочутливий п'єзореzonаторний перетворювач (ТПП); синхронний двигун; мікропроцесор; болометр; змішувач частот; генератор; цифровий відліковий пристрій.

З блоку «Методика використання» виділено: бази даних (таблиці відповідності тощо); фокусування; параметри шару; регулювання швидкості; регулювання потужності; чутливість методу.

Назви вершин кожного з блоків зображені у певних фігурах. Для фізичних основ – це фігура «», для схеми пристрою – «», для методики використання пристрою – «».

Також усі стрілки, що позначають зв'язок, від окремої вершини знаходяться на певному рівні поряд зі стрілками сусідньої вершини, але нижче або вище. Тобто візуально це виглядає як пониження або підвищення рівня.

Такий підхід поряд із застосуванням нейронних мереж має істотні перспективи впровадження в автоматичні засоби контролю, побудовані на штучному інтелекті.

Висновки

Отже, в результаті проведеного дослідження можна зробити наступні висновки:

- встановлено, що засоби пірометрії використовуються у значній частині промислових та побутових вимірювань температури;
- визначено, що методи штучного інтелекту в галузі теплового контролю розробляються вже довгий час, знижують похибки вимірювань та мають значні перспективи впровадження;
- визначено, що семантичні моделі, а саме каузальні мережі, мають функціональний інструментарій до впровадження в експертні системи автоматичних засобів пірометричних вимірювань;
- побудовано каузальну мережу до процесу пірометричного контролю температурних режимів лазерного зміцнення металів.

Список використаних джерел:

1. Prabhu D. R. Neural network based processing of thermal NDE\data for corrosion detection / D. R. Prabhu, W. P. Winfree // *Rev Progress in Quant NDE* / ed. D. O. Thompson, D. E. Chimenti. – 1993. – Vol. 12. – P. 1260–1265.
2. Maldague X. et al A study of defect depth using neural networks in pulsed phase thermography modelling, noise, experiments // *Rev. Generale de Termique*. – 1998. – Vol. 37, no 2. – P. 708–716.
3. The application of ANFIS prediction models for thermal error compensation on CNC machine tools / Ali M. Abdulshahed, Andrew P. Longstaff, Simon Fletcher // *Applied Soft Computing*. – 2015. – N 27. – P. 158–168.
4. Nahlovsky T. Optimization of Fuzzy Controller Parameters for the Temperature Control of Superheated Steam / T. Nahlovsky // *Procedia Engineering*. – 2015. – N 100. – P. 1547–1555.
5. Hawkins J. *On Intelligence* / J. Hawkins, S. Blakeslee. – Times Books, Adapted edition, 2004. – 272 p.
6. Умнов В. П. Система управления роботизированным технологическим процессом лазерного термоупрочнения / В. П. Умнов, Д. А. Старостин // *Fundamental research*. – 2014. – № 11. – С. 1703–1708.

References

1. Prabhu, D & Winfree, W 1993, 'Neural network based processing of thermal NDE\data for corrosion detection', *Rev Progress in Quant NDE*, vol. 12, pp. 1260–1265.
2. Maldague, X 1998, 'A study of defect depth using neural networks in pulsed phase thermography modelling, noise, experiments', *Rev. Generale de Termique*, vol. 37, no. 2, pp. 708–716.
3. Abdulshahed, Ali M, Longstaff, AP & Fletcher, S 2015, 'The application of ANFIS prediction models for thermal error compensation on CNC machine tools', *Applied Soft Computing*, no. 27. pp. 158–168.
4. Nahlovsky, T 2015, 'Optimization of Fuzzy Controller Parameters for the Temperature Control of Superheated Steam', *Procedia Engineering*, no. 100, pp. 1547–1555.
5. Hawkins, J & Blakeslee, S 2004, *On Intelligence*, Times Books, New York.
6. Umnov, V & Starostin, D 2014, 'Sistema upravleniya robotizirovannym tekhnologicheskim protsessom lazernogo termouprochneniya', *Fundamental research*, no. 11, pp. 1703–1708.

Стаття надійшла до редакції 21 жовтня 2015 р.