

УДК 004.9

В. А. ЕМЕЛЬЯНОВ*Севастопольский институт банковского дела Университета банковского дела
Национального банка Украины, Украина*

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПРОЦЕССА ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

Предложена концептуальная модель интеллектуальной системы поддержки принятия решений (ИСППР) для процесса технической диагностики объектов по изображениям термограмм на металлургическом производстве. Модель определяет структуру ИСППР в виде совокупности подсистем, а также свойства её элементов и причинно-следственные связи, присущие системе с учетом специфики диагностики. Описано назначение подсистем ИСППР и их функционирование. Предложено использование метода прецедентов и аппарата нейронных сетей в качестве базовых для ИСППР в технической диагностике объектов по изображениям термограмм на металлургическом производстве.

Ключевые слова: интеллектуальная система, система поддержки принятия решений, база знаний, диагностика состояния, нейронные сети, метод прецедентов.

Введение

Проблемы диагностики технических объектов или процессов занимают всё большее место в современной науке. В общем случае, цель диагностики заключается в том, чтобы на основе анализа текущего состояния диагностируемого объекта определить значения выходных переменных, реализация которых позволяет обеспечить желаемое поведение или состояние исследуемого объекта.

На металлургическом производстве, такими объектами могут быть: передвижные миксеры, чугуновозы, ковши, доменные печи. Они представляют собой отдельную группу объектов диагностики, содержащих огнеупорный компонент - футеровку. Особенностью диагностики представленных объектов является то, что изменение их технического состояния (футеровки) можно фиксировать при помощи теплового метода контроля на основе анализа изображений термограмм этих объектов.

Одним из направлений, определяющих современное развитие информационных технологий контроля и диагностики технического состояния, можно считать интеллектуализацию процессов обработки диагностической информации с использованием технологий поддержки принятия решений, которые способны более объективно и достоверно оценивать техническое состояние.

1. Постановка задачи

Задачей диагностической СППР является отнесение объекта к одному из ранее выделенных классов. При диагностике перечисленных выше объектов на металлургическом производстве существует ряд нерешенных вопросов, которые невозможно решить без использования современных информационных технологий, например, диагностика состояния передвижного миксера для поддержки принятия решений по замене его футеровки для предотвращения его разрушения.

В настоящее время существуют различные системы мониторинга и управления технологическим оборудованием на металлургическом производстве. Из анализа источников [1-4] можно сделать вывод о том, что существующие системы не обеспечивают диагностику перечисленных выше объектов в полной мере. В системах отсутствует возможность оценки состояния футеровки, что является одной из главных задач при диагностике данных объектов, т.к. выгорание футеровки может привести к разрушению миксера. Кроме того, в существующих решениях отсутствуют средства поддержки принятия решений по ремонту и эксплуатации данных объектов.

Поэтому проведение научных исследований, в области интеллектуализации процесса диагностики состояния перечисленных объектов, с целью создания ИСППР для их ремонта и эксплуатации, которую можно будет применить для любого металлур-

гического производства, является актуальным.

2. Концептуальная модель ИСППР

Пусть на вход системы диагностики поступают некоторые входные переменные $x_1, x_2, \dots, x_n, (x_i \in X_i, i = 1, 2, \dots, n)$, которые могут быть сформированы с помощью конечного множества признаков, полученных в результате распознавания изображения термограмм исследуемого объекта $f(x, y)$. На выходе с использованием некоторого алгоритма поиска решений в заданном пространстве диагностических признаков формируется множество значений выходных переменных $y_1, y_2, \dots, y_m, (y_j \in Y_j, j = 1, 2, \dots, m)$. Их значения могут быть использованы для формирования конечного диагноза о состоянии объекта и выработки дальнейшей тактики по решению подобных ситуаций.

Для того чтобы разрабатываемая СППР являлась унифицированной и предоставляла интерфейсы ее адаптации для разных предприятий необходимо, чтобы ИСППР имела открытую и развивающуюся структуру. Открытая, модульная структура предлагаемых интеллектуальных систем поддержки принятия решений (ИСППР) позволит:

- использовать несколько методов приобретения новых знаний разных видов из разных источников, а также возможность их постоянной актуализации в режиме реального времени;
- использовать разные методы обработки знаний в процессе принятия решений в механизме выводов;
- использовать различные методы обучения системы в результате анализа накопленных знаний и опыта;
- осуществлять адаптацию ИСППР к динамически изменяющейся внешней среде в зависимости от текущего состояния всех составляющих элементов производственной системы;
- сократить время поиска информации для повышения оперативности формирования экспертных заключений о замене футеровки.

Таким образом, ИСППР является системой искусственного интеллекта, включающей ряд взаимодействующих между собой интеллектуальных модулей.

Определим интеллектуальную СППР набором:

$$IDSS = \langle X, Y, M, S(M), f(M), f(IDSS) \rangle, \quad (1)$$

где $X = \{X_i\}$ – множеством входных параметров исследуемого объекта диагностики;

$Y = \{Y_i\}$ – множеством выходных параметров исследуемого объекта диагностики после применения соответствующих методов;

$M = \{M_i\}$ – множество моделей и методов, реализующих определенные интеллектуальные функции технической диагностики;

$s(M)$ – функция выбора необходимых методов для решения текущей ситуации с исследуемым объектом в процессе технической диагностики;

$f(M) = \{f(M_i)\}$ – множество функций модификации моделей и методов;

$f(IDSS)$ – функция модификации системы IDSS, ее базовых конструкций $M, S(M), f(M)$.

Качественная информация, описывающая поведение этой системы представлена в виде состава K продукционных правил. Продукционные правила представляются в следующем виде:

$$P = \{ID_p, L, A \Rightarrow h, D_t\}, \quad (2)$$

где ID_p – имя продукции (в его качестве предлагается использовать порядковый номер продукции в БЗ);

L – сфера применения продукции («физические свойства исследуемого объекта», «химические свойства исследуемого объекта» и т.д.);

$A \Rightarrow h$ – ядро продукции, где $A = \{A_n\}$, $n = \overline{1, g}$ – множество посылок, описывающих некоторую ситуацию, $h = \{h_j\}$, $j = \overline{1, J}$ – множество гипотез, которые рассматриваются в процессе логического вывода, если посылки будут удовлетворены;

D_t – мера доверия гипотезе h , выводимой из данной продукции, при условии истинности посылок.

Интерпретацией ядра продукции является выражение:

$$IF A_1 \text{ and/or } \dots A_n, \text{ THEN } h_j \quad (3)$$

Расписав данное выражение получим:

$$IF (x_1 \text{ is } B_{11}') \text{ AND/OR } (x_2 \text{ is } B_{21}') \text{ AND/OR } \dots \text{ AND/OR } (x_n \text{ is } B_{n1}') \text{ THEN } (y_1 \text{ is } C_{11}') \text{ AND/OR } \dots \text{ AND/OR } (y_m \text{ is } C_{m1}').$$

где $(x_n \text{ is } B_{n1}')$ – посылка A_n ;

$(y_m \text{ is } C_{m1}')$ – гипотеза h_j , в которых B_{ik}', C_{jk}' , $(i=1, 2, \dots, n), (j=1, 2, \dots, m)$, представляют определённые

лингвистические понятия, которые описывают соответствующие входы и выходы системы.

Количественную (численную) информацию, описывающую поведение системы можно представить в виде состава L множеств численных данных следующего типа:

$$(x_{1l}', x_{2l}', \dots, x_{nl}', y_{1l}', y_{2l}', \dots, y_{ml}'),$$

где $l=1, 2, \dots, L$, а $(x_{il}' \in X_i), (y_{jl}' \in Y_j)$.

В данной работе предлагается концептуальная модель ИСППР для решения задач технической диагностики состояния объекта по его изображению (рис. 1).

Декомпозиция ИСППР позволила выделить следующие подсистемы:

1. Подсистема анализа проблемной ситуации – основным назначением подсистемы является формирование набора входных величин $X = \{X_i\}$ на основе распознанного изображения исследуемого объекта $f(x, y)$ и полученных дополнительных характеристик исследуемого объекта. После формирования набора входных величин для решения сложившейся ситуации с исследуемым объектом и поддержки принятия на данную подсистему возлагается функция выбора необходимых методов для решения

текущей ситуации с исследуемым объектом в процессе технической диагностики $s(M)$.

2. Интеллектуальная подсистема поиска решений – основная подсистема, на которую возлагаются функции решения сложившейся ситуации с диагностируемым объектом, на основе реализации набора моделей и методов $M = \{M_i\}$. В данной технологии предлагается использование прецедентного метода [5] решения для тех диагностических ситуаций, в которых известными являются все необходимые величины для сравнения с эталонным состоянием объекта в различных ситуациях. Если в системе отсутствуют необходимые входные величины, то предлагается применение нейросетевой модели [6] для решения сложившейся ситуации, реализуемой данной подсистемой.

3. Подсистема советов и объяснений – подсистема, которая способна при помощи интеллектуальной подсистемы поиска решений «предложить совет или осуществить решение поставленной задачи», т.е. вывести набор выходных величин $Y = \{Y_i\}$; и множество гипотез $h = \{h_j\}$ для решения сложившейся ситуации с диагностируемым объектом.

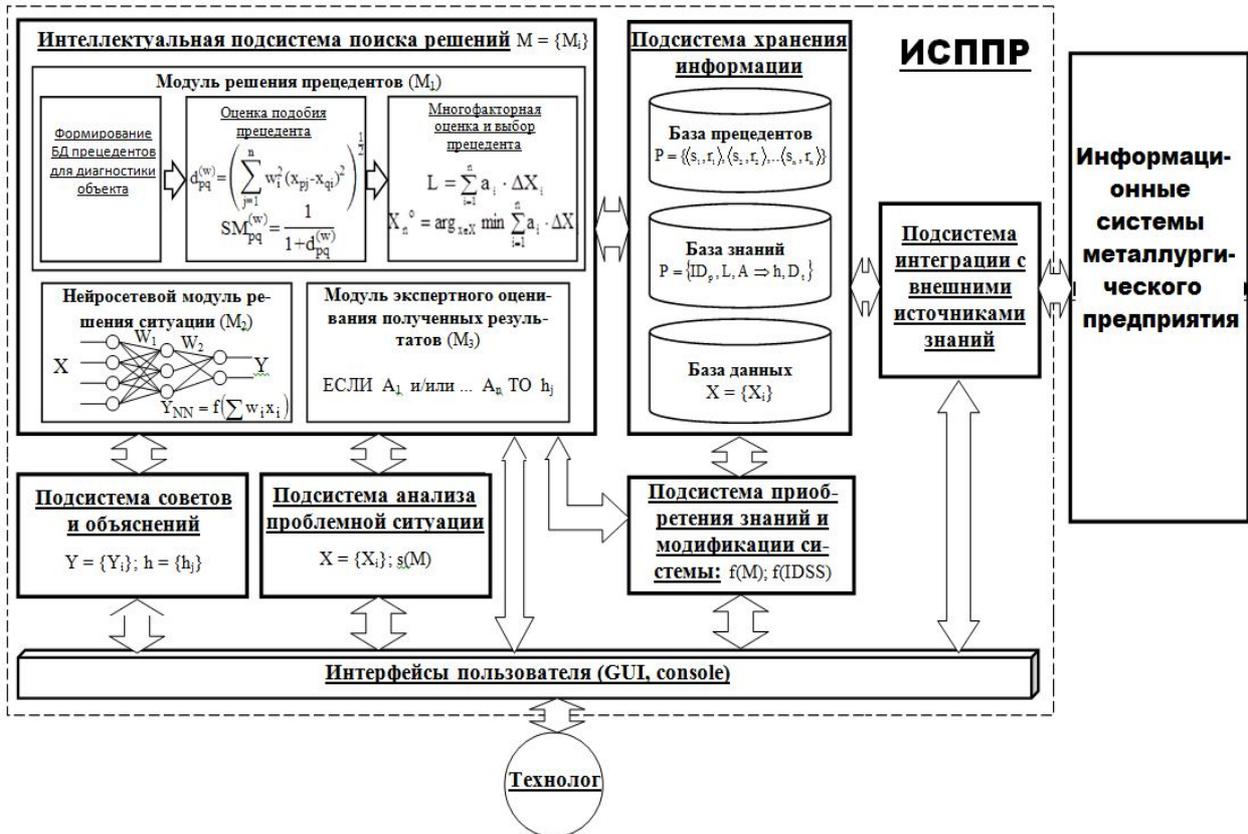


Рис. 1. Архитектура интеллектуальной компьютерной системы диагностики состояния миксера

При этом, на данную подсистему возлагаются функции сопровождения решения по требованию пользователя различными комментариями, поясняющими ход проведенных рассуждений, приведенных к гипотезе h_j .

4. Подсистема приобретения знаний и модификации системы – предназначена для получения и идентификации новых знаний, как от пользователя через пользовательский интерфейс, так и от интеллектуально подсистемы поиска решений после решения новой ситуации. Также на данную подсистему возлагаются функция модификации моделей и методов $f(M)$ и функция $f(IDSS)$ модификации системы IDSS, ее базовых конструкций $M, S(M), f(M)$. Реализация данных функций позволит изменять структуру ИСППР в зависимости от специфики диагностируемого объекта, что позволит легко адаптировать ИСППР для разных видов производств.

5. Пользовательский интерфейс предназначен для корректной передачи ответов технологу в процессе диагностики объекта в удобной для него форме и для манипуляций со знаниями.

6. Подсистема хранения информации – содержит в себе три составляющие:

- база данных – предназначена для хранения количественной информации о диагностируемых объектах $X = \{X_1\}$, $Y = \{Y_1\}$;

- база прецедентов – предназначена для хранения набора прецедентов $P = \{\langle s_1, r_1 \rangle, \langle s_2, r_2 \rangle, \dots, \langle s_n, r_n \rangle\}$, используемых для решения сложившейся ситуации с диагностируемым объектом;

- база знаний – предназначена для хранения качественной информации в виде продукций $P = \{ID_p, L, A \Rightarrow h, D_t\}$.

7. Подсистема интеграции с внешними источниками знаний – предназначена для взаимодействия ИСППР с разными информационными системами, с целями получения новых знаний и легкой адаптации ИСППР на новом производственном комплексе.

При работе с ИСППР задачей технолога для ее функционирования является вычисление управляющих параметров характеризующих диагностируемый объект, одновременное изменение которых в процессе диагностики однозначно определяют конкретную ситуацию, т.е. прецедент. Управляющими параметрами является множество количественных характеристик объекта, полученных при распознавании его изображения.

В основу поиска решений ИСППР положено две парадигмы:

1. Поиск подобных прецедентов относительно диагностируемого объекта – в данном случае используется некоторая мера сходства для определения степени близости диагностируемого объекта к одному из эталонов. При этом возможен выбор ближайшего аналога диагностируемого объекта из эталонных объектов, содержащихся в базе данных, по любому набору признаков, что дает возможность пользователю проверять различные гипотезы и сравнивать эффективность работы выбранных критериев.

2. Решения ситуации на основе нейросетевой модели – в данном случае, опираясь на принцип общности свойств, основанный на предположении, что объекты, образующие один класс, обладают свойством подобия, отраженного в их характеристиках, необходимо выделить системы информативных признаков, описывающих группу объектов в целом (отождествляющие признаки) и каждый тип в отдельности (делящие признаки), и на их основе построить решающее правило для отнесения диагностируемого объекта к одному из выделенных типов объектов. Кроме того, использование нейронных сетей позволит придать системе свойство обучаемости, что в дальнейшем позволит легко адаптировать систему для диагностики разных объектов на разных металлургических производствах.

Следует отметить, что созданная на основе данной концептуальной модели ИСППР для диагностики состояния передвижных миксеров позволила повысить оперативность и достоверность диагностики состояния футеровки миксера типа ПМ 350т до 98% на Алчевском металлургическом комбинате [7].

Заключение

Таким образом, предложена концептуальная модель интеллектуальной системы поддержки принятия решений для диагностики объектов металлургического производства, обладающих огнеупорным компонентом футеровкой. Модель определяет структуру ИСППР в виде совокупности подсистем, а также свойства её элементов и причинно-следственные связи, присущие системе с учетом специфики диагностики.

Литература

- 1 *Annual report 1998 Koninklijke Hoogovens NV [Text] / Corporate Secretariat Koninklijke Hoogovens. – Amsterdam, 1998. – 88 p.*
- 2 Суков, Г. С. Модернизация и комплексное оснащение современным оборудованием предприятий металлургии / Г. С. Суков, Ю. Н. Белобров,

Н. Н. Попов, В. А. Дзержинский // *Металлургия: Тенденции развития*. – 2008. – №03. – С. 4-7.

3 Гусев, Ю. В. Математическая модель процесса транспортирования чугуна в конвертерный цех. [Текст] / Ю. В. Гусев, Д. Ю. Гусев // *Вісник Приазовського державного технічного університету: Зб. наук. пр.* – Мариуполь, 2008. – № 18. – С. 230-232.

4 Martino, M. Refractory Lining for Oxygen Converters: Recent Experiences in this Field [Text] / M. Martino, M. Fenu, A. Anfosso // *Proceedings of 5-th European Steelmaking Conference, 26-28 June, 2006, Aachen, Germany*. – Dusseldorf: Steel Institute VDEh, 2006. – P. 229-233.

5 Емельянов, В. О. Адаптація методу прецедентів для підтримки процесу визначення мар-

ки металу [Текст] / В. О. Емельянов, О. М. Фоменко // *Системи озброєння і військова техніка*. – 2011. – Вип.1 (25). – С. 88-91.

6 Емельянова, Н. Ю. Метод автоматизированной оценки технического состояния передвижного миксера [Текст] / Н. Ю. Емельянова // *Системи обробки інформації: сб. науч. тр. Харьковский университет воздушных сил им. Кожедуба*. – Вип. 8(98). – X., 2011. – С. 67-70.

7 Емельянов, В. А. Интеллектуальная компьютерная система диагностики технического состояния передвижных миксеров на основе обработки визуальной информации [Текст] / В. А. Емельянов, Н. Ю. Емельянова // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2013. – № 3. – С. 73-80.

Поступила в редакцію 18.02.2014, рассмотрена на редколлегии 24.03.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В. А. Заславский, Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко, Киев, Украина.

КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ПРОЦЕСУ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ

В. О. Емельянов

Запропоновано концептуальну модель інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень (ІСППР) для процесу технічної діагностики об'єктів по зображеннях термограм на металургійному виробництві. Модель визначає структуру ІСППР у вигляді сукупності підсистем, а також властивості її елементів і причинно-наслідкові зв'язки, властиві системі з урахуванням специфіки діагностики. Описано призначення підсистем ІСППР і їх функціонування. Запропоновано використання методу прецедентів і апарату нейронних мереж в якості базових для ІСППР в технічній діагностиці об'єктів по зображеннях термограм на металургійному виробництві.

Ключові слова: інтелектуальна система, система підтримки прийняття рішень, база знань, діагностика стану, нейронні мережі, метод прецедентів.

CONCEPTUAL MODEL OF THE INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEM FOR THE TECHNICAL DIAGNOSTICS

V. A. Iemelianov

The conceptual model of the intellectual decision support system (IDSS) for technical diagnostics by the thermogram images has been proposed. The model defines structure of IDSS as a set of subsystems, as well as the properties of its elements and the causal relationships inherent in the system-specific diagnostics. The purpose IDSS subsystems and their operation have been described. The usage of the precedents method and neural networks as a base for IDSS in technical diagnostics of objects by the thermogram images have been proposed.

Keywords: intelligent system, decision support system, knowledge base, diagnostic, neural networks, the precedents method.

Емельянов Виталий Александрович – канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры информационных технологий и систем, Севастопольский институт банковского дела УБД НБУ, Севастополь, Украина. e-mail: v.yemelyanov@gmail.com