

СИСТЕМЫ И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ

SYSTEMS AND SYSTEM ANALYSIS

УДК 519.688

СИСТЕМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ВЫБОРА ШИХТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ДУГОВОЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ: КОНСОЛИДАЦИЯ ЭМПИРИЧЕСКОЙ И ЭКСПЕРТНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Логунова О.С., Сибилева Н.С., Павлов В.В.

Аннотация. В работе представлена структура новой системы интеллектуальной поддержки выбора шихтовых материалов для дуговой сталеплавильной печи, введение в эксплуатацию которой позволит устранить недостатки традиционной технологии. Разработанная система состоит из двух подсистем. Первая подсистема необходима для сбора информации для формирования структуры шихтовых материалов. Вторая подсистема предоставляет информацию для решения задачи о выборе структуры шихтовых материалов. В новой системе использовано два вида информации: экспертная и эмпирическая. Авторами приведена диаграмма декомпозиции консолидированной экспертной и эмпирической информации, приведено описание характеристик информации каждого вида.

Разработанная система состоит из двух подсистем. Первая подсистема необходима для сбора информации для формирования структуры шихтовых материалов. Вторая подсистема предоставляет информацию для решения задачи о выборе структуры шихтовых материалов. В новой системе использовано два вида информации: экспертная и эмпирическая.

Ключевые слова: система интеллектуальной поддержки, формирование шихтовых материалов, дуговая сталеплавильная печь, экспертная информация, эмпирическая информация, консолидация информации, декомпозиция использования информации.

INTELLECTUAL SUPPORT SYSTEM OF SELECTION THE CHARGE MATERIALS FOR ELECTRIC ARC FURNACE: CONSOLIDATION EMPIRICAL AND EXPERT INFORMATION

Logunova O.S., Sibileva N.S., Pavlov V.V.

Abstract. The paper presents the structure of a new intellectual system of support of selecting charge materials for the electric arc furnace, the commissioning of which would eliminate disadvantages of traditional technology. The developed system consists of two subsystems. The first subsystem is required to collect information for the formation of charge material structure. The second subsystem provides information for solving the problem of the choice of charge material structure. In the new system, two types of information used: expert and empirical. The authors show a diagram of decomposition consolidated expert and empirical information, a description of the characteristics of each type of information.

The first subsystem is required to collect information for the formation of charge material structure. The second subsystem provides information for solving the problem of the choice of charge material structure.

Keywords: intellectual support system, the formation of charge materials, electric arc furnace, expert information, empirical information, the consolidation of information, decomposition of used information.

Введение

Современные производственные комплексы представляют собой сложные системы, функционирование которых происходит в условиях, затрудненных для аналитического описания. Качество и эффективность принимаемых решений зависит от опыта экспертов, который основывается на накопленной в производственной системе информации и зависит от уровня квалификации эксперта. В связи с этим, необходимо расширять возможности традиционных технологий с помощью внедрения систем интеллектуальной поддержки принятия решений, поскольку подобные системы строятся на основе экспертной и эмпирической информации.

Применение систем интеллектуальной поддержки принятия решений широко используется в различных областях. Так, авторами [1-3] разработаны интеллектуальные системы, активно применяемые в медицине. В частности, для диагностики кровеносных сосудов, для принятия решений при выборе лекарственных препаратов и при ультразвуковой диагностике. Авторы работ [4-6] предлагают применять интеллектуальные системы для решения задач в области наук о земле. Они производят расчет показателей обработки продуктивных земель сельскохозяйственного назначения с учетом уникальных особенностей их конфигурации [4]; осуществляют прогнозирование зоны ожидаемого землетрясения [5] на основе анализа экспериментальных данных; демонстрируют методику цифровой обработки радарограмм ледо-

вых покровов [6]. Авторами работ [7-10] интеллектуальные системы применяются при обработке изображений в различных областях. В работе [7] рассматривается подход к выделению значащих объектов на изображениях в различных областях; в работах [8, 9] применение интеллектуальной системы рассмотрено с точки зрения управления производством непрерывной заготовки; в работе [10] предложен математический аппарат для обработки изображений микроструктуры чугунов, имеющих в структуре случайно распределенные включения графита; работа [11] предлагает эффективный алгоритм предобработки цифровых изображений для дальнейшего детектирования дорожных знаков в реальном времени.

Большая часть работ, таких как [12-13], рассматривают применение интеллектуальных алгоритмов по управлению сложными проектами. В работе [12] представлены основные принципы разработки системы при условии управления большим объемом ресурсов. Авторы [13] исследуют применимость использования временных логик при организации интеллектуальной поддержки сложных систем. Большое количество исследований направлены на разработку решений по интеллектуальному управлению производством [14-16]. В работах [14, 15] рассматривается управленческий аспект. В работе [16] рассмотрена интеллектуальная поддержка автоматизированного технологического комплекса с целью получения приемлемых расписаний.

Таким образом, в настоящее время разработано большое количество интеллектуальных систем, каждая из которых обладает уникальными особенностями. Авторами работы проведен анализ существующих теоретических и практических работ, который показал, что в настоящее время отсутствуют модули интеллектуальной поддержки процесса формирования структуры шихтовых материалов дуговой сталеплавильной печи с функциями адаптации на основе накопленной эмпирической и экспертной информации.

Структура системы интеллектуальной поддержки процесса формирования структуры шихтовых материалов для ДСП

С целью повышения эффективности принятия решений о составе шихтовых материалов для дуговой сталеплавильной печи, авторами проведен анализ традиционной методики подготовки технологического письма по формированию структуры шихтовых материалов для дуговой сталеплавильной печи (ДСП). Результаты анализа позволили разработать структуру новой системы сбора и подготовки информации для формирования структуры шихтовых материалов [17]. Структура новой системы для функционирования в новых условиях интеллектуальной поддержки приведена на рисунке 1.

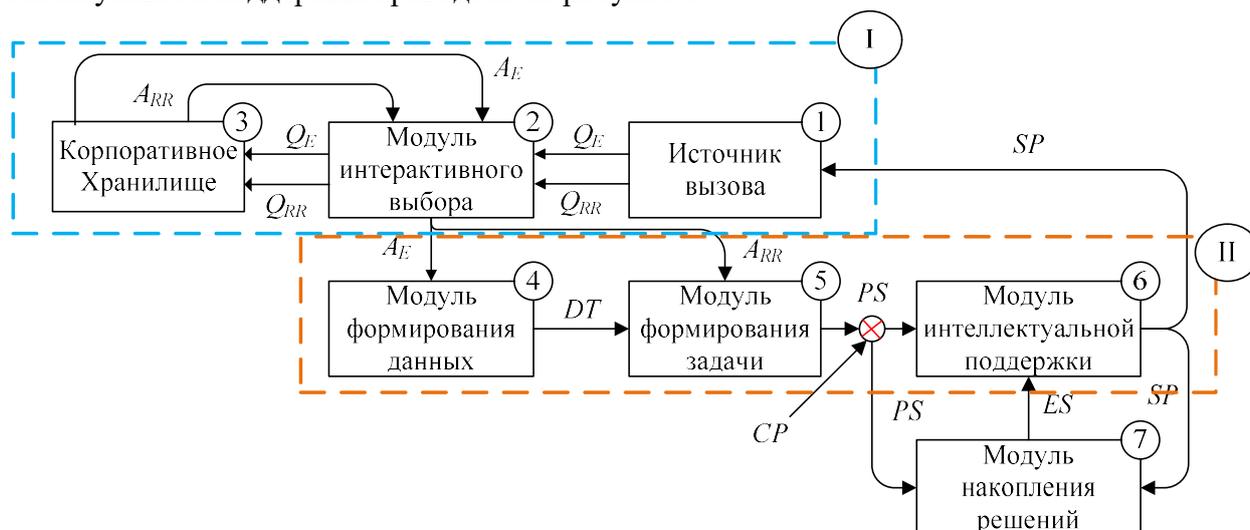


Рис. 1. Структура новой системы сбора и подготовки информации для формирования структуры шихтовых материалов

На рис. 1 введены обозначения: Q_E – запрос на экспериментальные данные (query experiment); Q_{RR} – запрос на наличие ресурсов (query resources); A_E – ответ по экспериментальным данным (answer experiment); A_{RR} – ответ по наличию ресурсов (answer resources); DT – таблица экспериментальных данных (data table); PS – постановка задачи для решения (the problem

to solve); *SP* – решение определенной задачи (*the solution of the problem*); *ES* – существующие решения (*existing solutions*); *CP* – точка проверки (*checking point*).

Проблема, приведшая к исследованию информационных потоков в новой системе интеллектуальной поддержки: отсутствие консолидации между накопленными данными, представленными в виде массива эмпирической информации, и знаниями экспертов в виде человеческого ресурса, сконцентрированного в эвристических алгоритмах принятия решений на основе уникального профессионального опыта.

Новая система интеллектуальной поддержки выбора шихтовых материалов для ДСП содержит две подсистемы: подсистема I представляет собой подсистему сбора информации для формирования структуры шихтовых материалов; подсистема II осуществляет подготовку информации для решения задачи о выборе структуры шихтовых материалов. Блок 2 является связующим звеном между накопленными сведениями корпоративного Хранилища (3) и источником вызова (1) для решения задачи. Источником вызова является поступление заказа на выпуск готовой продукции от потребителя или же запрос о причинах наличия в партии брака.

Модуль интерактивного выбора (2) позволяет консолидировать накопленный опыт, требования заказчика и факт достаточности ресурсов для выполнения заказа.

Модуль формирования данных (4) обеспечивает принцип эмпиричности для получения закономерностей, описывающих изменение параметров выплавки стали.

Модуль формирования задачи (5) позволяет в интерактивном режиме задать целевые показатели (минимальные расходы электроэнергии, минимальные значения содержания остаточных элементов и т.п.), ограничения на структуру шихтовых материалов (содержание металлического лома, жидкого чугуна, альтернативных материалов и т.п.). В итоге выполняется формальная постановка задачи с целевыми функциями и ограничениями в форме и терминах отраслевых особенностей производства. Пример формирования задачи по стабилизации остаточных элементов в стали с использованием в шихте альтернативных материалов приведен в работе [18].

Для реализации принципов априорности и интеллектуальности в систему включен модуль интеллектуальной поддержки (6), который реализует решение сформированной задачи в виде готовых рекомендаций. Перед выполнением решения в *CP* происходит проверка наличия решения подобной задачи в архиве локальной базы данных. При наличии эквивалентной или подобной задачи решение извлекается из архива и предлагается для использования в модуле интеллектуальной поддержке. Существующее решение используется в полном объеме или закладывается в основу нового решения с коррекцией ограничений или целевой функции. Новое решение сформированной задачи передается к источнику вызова и, реализуя принцип адаптивности, передается в модуль накопления решений.

Консолидация эмпирической и экспертной информации

Новая система интеллектуальной поддержки строится с использованием двух видов информации: эмпирической и экспертной. В табл. 1 приведено описание характеристик информации каждого вида.

Диаграмма декомпозиции по использованию консолидированной эмпирической и экспертной информации приведена на рис. 2.

Заключение

1. Исследование информационной структуры технологического письма по выбору шихтовых материалов для ведения плавки в ДСП позволило построить структуру новой системы сбора и подготовки информации для формирования структуры шихтовых материалов.

2. Отличительной особенностью новой системы является консолидация эмпирической и экспертной информации, позволяющая выполнить формализацию задачи с учетом накопленных эмпирических данных и знаний экспертов.

3. Исследование характеристик эмпирической и экспертной информации позволило сформировать схему декомпозиции использования консолидированных информационных потоков для получения рекомендаций по выбору структуры шихтовых материалов для ДСП

в условиях функционирования новой системы интеллектуальной поддержки принятия решений.

Таблица 1

Описание эмпирической и экспертной информации

Характеристики	Эмпирическая информация	Экспертная информация
Способ представления	Результаты пассивного эксперимента, включающего матрицу наблюдений, полученных на основе выбора данных из Хранилища, в соответствии с задачей исследования	Знания эксперта о технологии выплавки стали и физико-химических процессах
Назначение информации	Формирование матрицы наблюдений для последующей статистической обработки, включающей выбор целевой функции и построение системы ограничений в виде взаимосвязанных уравнений и неравенств [19-21]	Определение допустимых диапазонов для будущих решений, выбор набора исходных данных, интерпретация полученных результатов
Принадлежность модулю	Модуль формирования данных (4), модуль формирования задачи (5)	Модуль формирования данных (4), модуль формирования задачи (5), модуль интеллектуальной поддержки (6)
Функциональная задача	Формализация технико-экономической проблемы в виде задачи линейного или нелинейного программирования в зависимости от требований к решению [22]	Определение логических правил для принятия решений при построении рекомендации на основе нечеткой логики
Результат использования	Математическое описание задачи, включающее целевую функцию и ограничения, соответствующие технологическим требованиям выплавки стали [23]	Сформированная база знаний (рекомендаций) для выбора структуры шихтовых материалов для выплавки стали в ДСП [24]

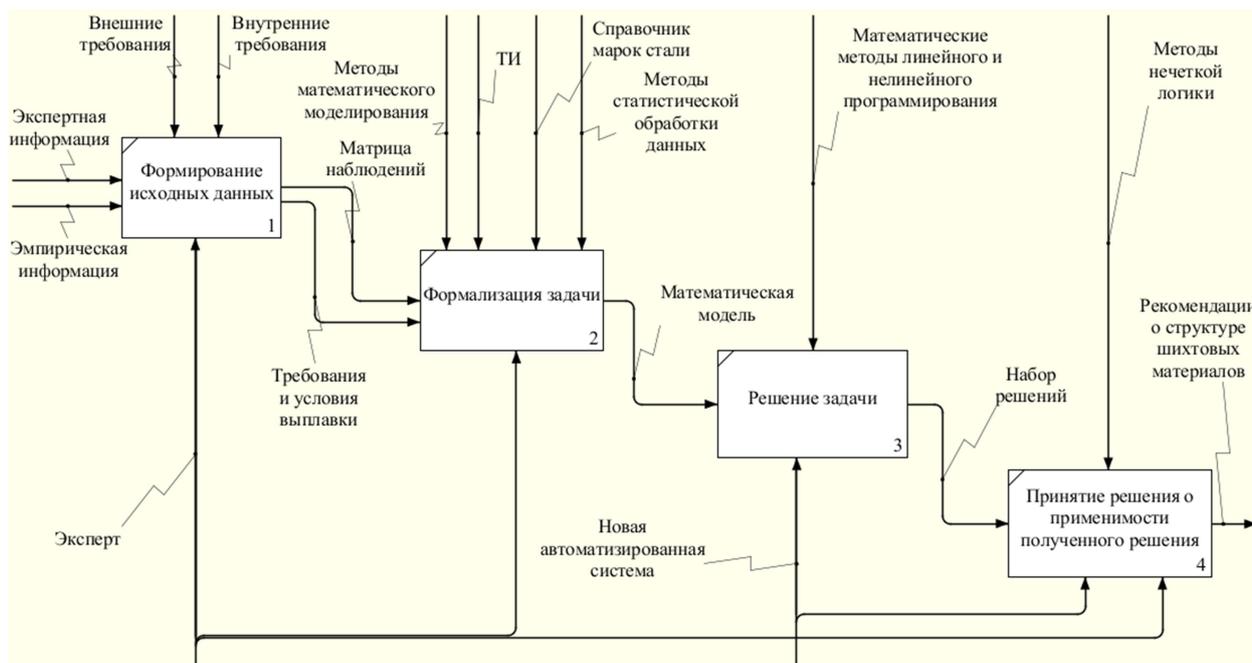


Рис. 2. Диаграмма декомпозиции использования эмпирической и экспертной информации

Список использованных источников

1. Scherrer, A. On the advancement and software support of decision-making in focused ultrasound therapy / A. Scherrer, S. Jakobsson, K.H. Küfer // Journal of Multi-Criteria Decision Analysis. – 2016. – vol. 23, issue 5-6. – pp. 174-182.

2. Butenko, D.V. Decision support when choosing medications based on the hierarchy analysis method / D.V. Butenko, L.N. Butenko, A.L. Bolshakov // Программные продукты и системы. – 2016. – № 3. – PP. 96-100.
3. Kychkin, A.V. Intelligent information and diagnostic system for examining blood vessels / A.V. Kychkin // Journal of Computer and Systems Sciences International. – 2013. – Vol. 52. No. 3. – PP. 439-448.
4. Raevich, K.V. Intelligent system to support managerial decision-making in the problems of agricultural land assessment / K.V. Raevich, I.V. Zenkov // Вестник ИРГТУ. – 2016. – № 5 (112). – PP. 95-104.
5. Intelligent Seismic-Acoustic System for Identifying the Location of the Focus of an Expected Earthquake / A.M. Pashayev, A.A. Alizada, T.A. Aliev, A.M. Abbasov, etc. // Mekhatronika, Avtomatizatsiya, Upravlenie. – 2015. – vol. 16, No. 3. – PP. 147-158.
6. Labunets, L.V. Automatic intellectual signal processing in subsurface radar systems / L.V. Labunets // Journal of Communications Technology and Electronics. – 2015. – Т. 60, № 4. – С. 362-374.
7. Kiy, K.I. An automatic real-time system for detecting objects and landmarks in images based on processing color images / K.I. Kiy // МЕХАНИКА, УПРАВЛЕНИЕ И ИНФОРМАТИКА. – 2011. – № 6. – С. 268-276.
8. Logunova, O.S. Automatic system for intelligent support of continuous cast billet production control processes / O.S. Logunova, I.I. Matsko, I.A. Posohov, S.I. Luk'ynov // The international journal of advanced manufacturing technology. – 2014. – Vol. 74, Issue 9-12. – PP. 1407-1418.
9. Logunova, O.S. Simulation of the Thermal State of the Infinite Body with Dinamically Changing Boundary Conditions of the Third Kind / O.S. Logunova, I.I. Matsko, D.S. Safonov // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математическое моделирование и программирование. – 2012. – № 27. – С. 74-85.
10. Chichko, A. Computer processing of images of microstructures of pig-iron for the decision of the problem of classification casting on the workability / A. Chichko, S. Likhovozov, W. Sobolev, O. Sachek, O. Chichko // Herald of Polotsk State University. Series B. Applied sciences. – 2011. – № 3. – С. 103-109.
11. Yakimov, P.Yu. Preprocessing of digital images in systems of location and recognition of road signs / P.Yu. Yakimov // Компьютерная оптика. – 2013. – Т. 37, № 3. – С. 401-406.
12. Ризванов, Д.А. Intelligent decision support for resource management of complex systems based on multi-agent approach / Д.А. Ризванов, Н.И. Юсупова // Ontology of Designing. – 2015. – №3(17). – PP. 297-312.
13. Стоянова, О.В. Интеллектуальная поддержка принятия решений по управлению сложными проектами / О.В. Стоянова, И.В. Иванова, О.В. Багузова // Вестник образования и развития науки российской академии естественных наук. – 2012. – №1. – С. 88-90.
14. Сазыкина, О.В. Интеллектуальная поддержка решений по управлению производством / О.В. Сазыкина, А.Г. Кудряков, В.Г. Сазыкин // Путь науки. – 2014. – Т. 1, № 9(9) – С. 91-93.
15. Черняховская, Л.Р. Интеллектуальная поддержка принятия решений в оперативном управлении деловыми процессами предприятия / Л.Р. Черняховская, Н.И. Федорова, Р. И. Низамутдинова // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2011. – Т. 15, № 2(42). – С. 172-176.
16. Бубнов, Д.В. Интеллектуальная поддержка принятия решений в управлении автоматизированными технологическими комплексами / Д.В. Бубнов // Технология машиностроения. – 2011. – № 7. – С. 64-66.
17. Logunova, O.S. Intellectual support in the structuring of batch within an arc furnace / O.S. Logunova, N.S. Sibileva, V.V. Pavlov // Steel in Translation. – 2016. – Vol. 46, No. 10. – PP. 733-738.
18. Logunova, O.S. Multicriterial optimization of the batch composition for steel-smelting arc furnaces / O.S. Logunova, E.G. Filippov, I.V. Pavlov, V.V. Pavlov // Steel in Translation. – 2013. – Vol. 43, No. 1. – С. 34-38.
19. Логунова, О.С. Результаты сравнительного анализа решения многокритериальной задачи оптимизации для расчета структуры шихтовых материалов дуговой сталеплавильной печи / О.С. Логунова, Н.С. Сибилева, В.В. Павлов // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2014. – № 2(5). – С. 54-64.
20. Логунова, О.С. Results of patent and analytical review of the problem of complex structured mixture transformation / О.С. Логунова, Н.С. Сибилева // Journal of Computational and Engineering Mathematics. – 2015. – Vol. 2, № 4. – PP. 3-9.
21. Logunova O.S. The results of comparative analysis of solving multicriteria problems optimization for calculation the structure of charge materials for electric arc furnace / O.S. Logunova, N.S. Sibileva // International Conference on Computer Science and Information Engineering. – Bangkok, 2015. – PP. 394-399.
22. Логунова О.С. Методика решения многокритериальной задачи оптимизации состава сложно-структурированной смеси / О.С. Логунова, Н.С. Сибилева // Информатика, управління та штучний інтелект: матеріали другої науково-техніч. конф. студентів, магістрів та аспірантів. – Харків, 2015. – С. 67.
23. Логунова, О.С. Интеллектуальная поддержка формирования структуры шихты для плавки в дуговой сталеплавильной печи // О.С. Логунова, Н.С. Сибилева, В.В. Павлов // Сталь. – 2016. – № 10. – С. 20-24.
24. Павлов, В.В. Методика выбора соотношения компонентов в металлошихте дуговой сталеплавильной печи при использовании альтернативных материалов / О.С. Логунова, В.В. Павлов, Ю.А. Ивин, И.Д. Новицкий, Н.С. Сибилева // Совершенствование технологии в ОАО «ММК»: сб. тр. – Магнитогорск, 2015. – С. 118-126.
25. Макарьчев, П.П. Математическое и алгоритмическое обеспечение программы имитационного моделирования динамических систем / П.П. Макарьчев, Е.Б. Захарикова // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2014. – №2(5) – С. 45-54.

Логунова Оксана Сергеевна – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой вычислительной техники и программирования ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. И. Г. Носова». E-mail: logunova66@mail.ru.

Сибилева Наталья Сергеевна – аспирант кафедры вычислительной техники и программирования ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. И. Г. Носова». E-mail: natus224@gmail.com.

Павлов Владимир Викторович – ведущий инженер технолог электросталеплавильной лаборатории научно-технического центра ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

Логунова О.С., Сибилева Н.С., Павлов В.В. Система интеллектуальной поддержки выбора шихтовых материалов для дуговой сталеплавильной печи: консолидация эмпирической и экспертной информации // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2016. – Т.4. – №2. – С. 26-31.

Logunova, O.S., Sibileva, N.S. and Pavlov V.V. (2016) Intellectual support system of selection the charge materials for electric arc furnace: consolidation empirical and expert information. Software of systems in the industrial and social fields, 4 (2): 26-31.
