

Экспертная система компьютерного моделирования вентиляционной обстановки в шахте при возникновении аварии*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-7-85-88>

В статье на примере разработанной автоматизированной системы «План ликвидации аварий» описан подход, по которому предложена работа экспертных систем. Экспертная система на основе получаемых данных производит анализ текущей ситуации и выдает рекомендации диспетчеру, который вносит корректировки в компьютерные планы горных работ и вентиляционные планы. Экспертная система хорошо зарекомендовала себя на рудниках ОАО «Беларуськалий».

Ключевые слова: искусственный интеллект, экспертная система, подземное горнодобывающее предприятие, цифровой двойник.

Для цитирования: Журавков М.А., Николаев А.В. Экспертная система компьютерного моделирования вентиляционной обстановки в шахте при возникновении аварии // Уголь. 2023. № 7. С. 85-88. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-7-85-88.

ЖУРАВКОВ М.А.

Доктор физ.-мат. наук, профессор, заведующий кафедрой «Теоретическая и прикладная механика» БГУ, 220141, г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: zhuravkov@bsu.by

НИКОЛАЕВ А.В.

Доктор техн. наук, доцент, профессор кафедры «Горная электромеханика» ПНИПУ, 614990, г. Пермь, Россия, e-mail: nikolaev0811@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

В начале двадцать первого века человечество вступило в эру петафлопсных суперЭВМ, в ближайшее время ожидается появление эксафлопсных суперЭВМ. Все более реальным является разработка «промышленного» квантового компьютера, открывающиеся при этом перспективы и возможности даже трудно сегодня оценить. Все это кардинальным образом меняет идеологию и подходы к построению автоматизированных компьютерных технологий моделирования и управления физическими и технологическими процессами [1]. Поэтому выработка новых подходов к разработке и собственно созданию прикладного программного обеспечения нового поколения являются актуальной и важной задачей. При этом все большую роль в разработке автоматизированных компьютерных систем моделирования и управления сложными объектами приобретают технологии искусственного интеллекта (ИИ).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Одним из неперемных условий эффективного функционирования систем элементами ИИ является наличие экспертных систем с разветвленными Ба-

* Исследование выполнено при финансовой поддержке Правительства Пермского края в рамках проекта Международной исследовательской группы «Разработка цифровой модели прогнозирования и ценозависимого управления спросом на электроэнергию, потребляемую подземными горнодобывающими предприятиями», 2020 г. (соглашение № С-26/506 от 09.03.2021).

зами Знаний и Данных из различных предметных областей. Экспертные системы представляют собой своеобразные «хранилища» разнообразных Знаний и систему правил и алгоритмов, позволяющих на основе анализа этих Знаний, выдавать рекомендации, заключения и даже готовые решения по запросам пользователей. Можно с уверенностью говорить о том, что экспертные системы должны быть обязательным элементом интеллектуальных компьютерных систем моделирования физических процессов.

Процесс создания экспертных систем с элементами ИИ весьма трудоемок и тяжел. Важным этапом создания таких систем является «заимствование» знаний у человека-эксперта и «кодирование» этих знаний, позволяющее в дальнейшем их использование для выдачи решений. Идеология разработки экспертных систем ориентирована на тесное сотрудничество между экспертами предметной области и специалистами по ИИ (инженер по знаниям).

Экспертным знаниям в области горного дела необходимо уделять повышенное внимание вследствие того, что большинство явлений и процессов горного производства не имеет четких и строгих алгоритмических решений. Существенным фактом является еще и то, что в горном деле особенно ярко проявляется тот факт, что традиционный способ передачи знаний от специалиста к новичку связан с затратой многих лет на обучение и «практическую стажировку». Извлечение знаний у специалистов и придание им формы, позволяющей использовать их в вычислительных машинах, значительно удешевляет и воспроизводство знаний, и их применение.

Главные задачи при построении системы «Базы Знаний и Данных» заключаются в выявлении и четкой формулировке специальных знаний, а также правил внесения и собственно внесении этих знаний в вычислительную машину. Поэтому важным элементом системы «Базы Знаний и Данных» является способ приобретения знаний и получения решений.

Наиболее общий способ представления знаний – семантические сети. На рис. 1 представлен пример семантической сети «Проект на отработку участка шахтного поля» [2].

Одной из центральных задач при построении и конструировании Баз Знаний, а на их основе и интеллектуальных систем, являются подбор специалистов, обладающих уникальными индивидуальными знаниями, и с помощью этих экспертов выявление и воспроизведение таких знаний. Знания являются ключевым фактором при решении сложных задач. Поэтому они оправдывают большие затраты, связанные с их добычей и требуют хорошо отработанной и эффективной технологии для придания им «товарного вида».

Отметим, что необходимо различать знание и умение. Умелое выполнение или решение некоторой задачи характеризуется такими чертами, как большая скорость (или какой-либо иной показатель эффективности) исполнения, малое количество ошибок, оптимальная умственная напряженность, большая приспособляемость и робастность (устойчивость к сбоям и малым отклонениям в начальных условиях). То есть в этих чертах проявляются как сами знания, так и техника их использования и владения ими. Умение (или мастерство) можно определить как обладание необходимыми знаниями и умение эффективно ими воспользоваться.

Система была применена в ОАО «Беларуськалий», которое по своему главному назначению является предприятием горно-добычным. Основной объем аварийных ситуаций на рудниках связан с работой персонала в подземных шахтах. На базе корпоративной компьютерной системы геолого-маркшейдерского сопровождения и текущего проектирования горных работ [3, 4] выполнена работа по созданию автоматизированной системы «План ликвидации аварий» (АСПЛА). АСПЛА является многофункциональной системой и предназначена для выполнения большого набора задач [5, 6], в том числе обучения и ознакомления персонала с планами ликвидации аварий; автоматизации работ по текущей и оперативной работе с планами ликвидации аварий (решение задач безопасного вывода людей из аварийных участков и из рудника, выбор наиболее оптимального режима вентиляции при выводе людей и передвижении отделений военизированной горно-спасательной части (ВГСЧ) для ликвидации аварий и т.д.). Оперативная работа АСПЛА в условиях возникновения аварийных ситуаций включает в себя, например, следующие действия. Диспетчер на планах горных работ отмечает место аварии и указывает тип аварийной ситуации. Так как система базируется на общем компьютерном проекте планов горных работ, то вся вносимая диспетчером информация сразу же попадает в общую локальную компью-

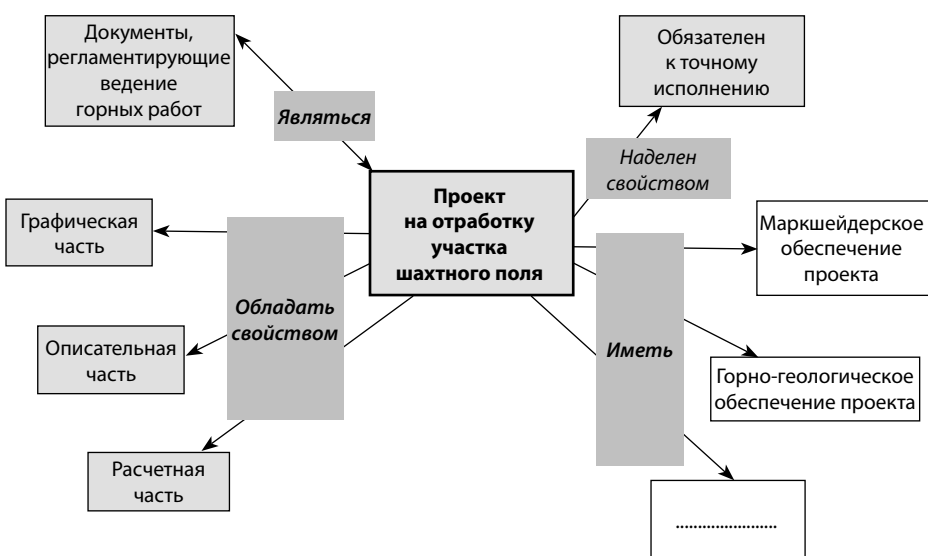


Рис. 1. Семантическая сеть «Проект на отработку участка шахтного поля»

Fig 1. Semantic network "Mine Field Development Project"

терную сеть Объединения. В соответствии с текущим состоянием в шахте (расположение и работа оборудования, работающие забои, количество и места нахождения людей и др., рис. 2) и действиями, предписанными позицией оперативной части ПЛА, соответствующей возникшей аварийной ситуацией (рис. 3), выполняется анализ ситуации (данная процедура автоматизирована) и предлагается перечень мероприятий, которые необходимо осуществить в первую очередь для обеспечения безопасности людей и предотвращения последствий аварий.

Согласно информации о реальной оперативной обстановке в шахте, полученной от ВГСЧ, и возникших форс-мажорных обстоятельствах (например, завалы, остановка самоходного вагона в выработке и др.) диспетчер вносит корректировки в компьютерные планы горных работ и вентиляционные планы. После оценки реальной ситуации и имеющихся отклонений от предписанных действий в соответствии с позициями ПЛА можно решить такие задачи, как определение оптимальных путей выхода с конкретных участков шахтного поля на «свежую струю»; определение путей перемещения от точки «А» в точку «В» шахтного поля; изменение вентиляционного плана в случае установки передвижных временных перемычек, завалов, реверсирования струи и т.д. Необходимо отметить, что АСПЛА является дополнительным интеллектуальным инструментарием, значительным образом помогающим в работе инженерно-технического персонала предприятия, а не представляет собой средство, заменяющее работу людей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сегодня можно с уверенностью говорить о том, что экспертные системы должны быть обязательным элементом интеллектуальных компьютерных систем моделирования физических и технологических процессов.

Практическое применение методов ИИ в системах компьютерного моделирования физических и технологических процессов (в широком смысле этого понятия), решения разнообразных инженерных задач все еще находятся на стадии начального развития. Вместе с тем проектирование, расчет и создание сложных технических систем остро требуют методов анализа и поддержки принятия решений. Такие методы необходимы для решения междисциплинарных проблем техники, анализа больших данных и других задач.

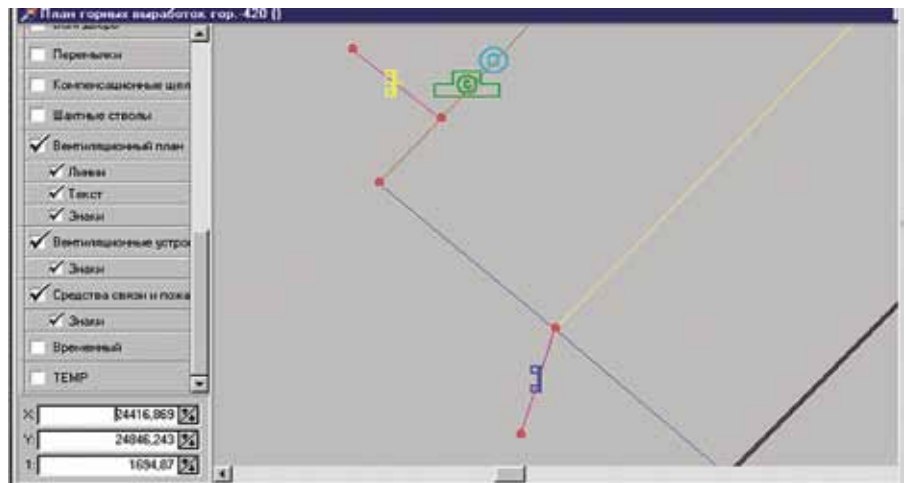


Рис. 2. Участок графа вентиляционной сети плана подземных выработок
Fig 2. Section of the ventilation network graph of the underground workings plan

Мероприятия и лица	Длительность и время (мин.)
1. Вентиляторы стволов N3 и N4 в режиме.	Горизонт
2. Вызвать 4-й ВГСВ.	3
3. Подать сигналы об аварии и выводе людей.	3

Рис. 3. Диалоговое окно выбора мероприятий при определенных типах аварии
Fig. 3. Dialog box for selecting activities for certain types of accidents

На сегодня компьютерное моделирование стало неотъемлемым элементом систем ИИМ и успехи их очевидны. Вместе с тем с задачей количественного соответствия результатов моделирования и данных по реальным процессам горного производства дело обстоит не столь успешно, так как достичь высокой количественной точности при рассмотрении математических моделей крайне сложно. Причин такого положения достаточно много. Поэтому сегодня одной из важных задач являются разработка, развитие и адаптация современных продвинутых подходов и методов математического и компьютерного моделирования к различным классам задач с элементами интеллектуального анализа.

В настоящее время одно из главных требований к технологиям компьютерного моделирования – такие системы должны «уметь» давать рекомендации на всех стадиях рассмотрения физического или технологического процесса. Современные системы компьютерного моделирования должны «уметь» давать рекомендации к постановке мо-

дельных задач, уметь корректировать вычислительные алгоритмы, интерпретировать результаты вычислений и выдавать человеку возможный план действий.

Можно констатировать, что сегодня компьютерные технологии моделирования физических и производственных процессов – это: высокопроизводительные вычисления + знания и «большие данные» + математические модели + искусственный интеллект.

Приведенная в работе экспертная система для автоматизации процессов при реализации «Плана ликвидации аварии» позволит повысить степень безопасности на шахтах и рудниках путем «выдачи рекомендаций» по локализации аварийных ситуаций и выводу людей в безопасное место.

Список литературы

1. Ильин В.П. Устойчивое развитие и проблемы математического моделирования // Наука из первых рук. 2021. № 5/6.
2. Журавков М.А., Смычник А.Д. Проектирование геомониторинговых систем для регионов крупномасштабного освоения подземного пространства. Минск: Издательство БелАБЖ, 1997. 189 с.
3. ГИС-технологии при добыче полезных ископаемых. Специализированная корпоративная геоинформационная система «MapManager» / В.В. Видякин, М.А. Журавков, О.Л. Коновалов и др. Минск: Изд. центр БГУ, 2004. 208 с.
4. Gubanov S., Petsyk A., Komissarov A. Simulation of stresses and contact surfaces of disk rolling cutters with the rock when sinking in mixed soils // E3S Web of Conferences. 2020. 177. 03008. DOI: 10.1051/e3sconf/202017703008.
5. The automatised computer system “Emergency control plan” for underground mines / M. Zhuravkov, V. Kirienko, V. Kucherov et al. / Mine Planning and Equipment Selection. MPES 2001. Rotterdam, Brookfield, 2001. P. 503-506.
6. Журавков М.А., Коновалов О.Л., Кучеров В.Ф. Надежный интеллектуальный помощник // Охрана труда и социальная защита. 2003. № 1. С. 20-22.

Original Paper

UDC 622.831+502.604 © M.A. Zhuravkov, A.V. Nikolaev, 2023
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 7, pp. 85-88
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-7-85-88>

Title

EXPERT SYSTEM FOR COMPUTER SIMULATION OF THE VENTILATION SITUATION IN THE MINE IN THE EVENT OF AN ACCIDENT

Authors

Zhuravkov M.A.¹, Nikolaev A.V.²

¹ Belarusian State University, Minsk, 220030, Republic of Belarus

² Perm National Research Polytechnic University, Perm, 614990, Russian Federation

Authors information

Zhuravkov M.A., Doctor of Physics and Mathematics Sciences, Professor, Head of Theoretical and Applied Mechanics Department, e-mail: zhuravkov@bsu.by

Nikolaev A.V., Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Professor of the Mining Electromechanics Department, e-mail: nikolaev0811@mail.ru

Abstract

In the article, using the example of the developed automated system “Accident Elimination Plan”, the approach is described, according to which the work of expert systems is proposed. Based on the received data, the expert system analyzes the current situation and issues recommendations to the dispatcher, who makes adjustments to the computer mining plans and ventilation plans. The expert system has proven itself well in the mines of Belaruskali.

Keywords

Artificial intelligence, Expert system, Underground mining enterprise, Digital twin.

References

1. Il'in V.P. Sustainable Development and Problems of Mathematical Modeling. *Nauka iz pervykh ruk.* 2021, (5/6). (In Russ.).
2. Zhuravkov M.A. & Smychnik A.D. Design of geomonitoring systems for regions of large-scale development of underground space. Minsk, BelABZH Publ., 1997, 189 p. (In Russ.).

MINE VENTILATION

3. Vidyakin V.V., Zhuravkov M.A., Kononov O.L. et al. GIS-technologies in the extraction of minerals. Specialized corporate geoinformation system “MapManager”. Minsk, BGU Publ., 2004, 208 p. (In Russ.).
4. Gubanov S., Petsyk A. & Komissarov A. Simulation of stresses and contact surfaces of disk rolling cutters with the rock when sinking in mixed soils. *E3S Web of Conferences*, 2020, (177), 03008. DOI: 10.1051/e3sconf/202017703008.
5. Zhuravkov M., Kirienko V., Kucherov V. & Kononov O. The automatised computer system “Emergency control plan” for underground mines. Mine Planning and Equipment Selection. MPES 2001. Rotterdam/ Brookfield, 2001, pp. 503-506.
6. Zhuravkov M.A., Kononov O.L. & Kucherov V.F. Reliable intelligent assistant. *Ohrana truda i social'naya zashchita*, 2003, (1), pp. 20-22.

Acknowledgements

The study was financially supported by the Government of the Perm Territory within the framework of the project of the International Research Group “Development of a digital model for forecasting and price-dependent management of electricity demand consumed by underground mining operations”, 2020 (Agreement No. C-26/506 as of March 09, 2021).

For citation

Zhuravkov M.A. & Nikolaev A.V. Expert system for computer simulation of the ventilation situation in the mine in the event of an accident. *Ugol'*, 2023, (7), pp. 85-88. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-7-85-88.

Paper info

Received March 3, 2023

Reviewed June 14, 2023

Accepted June 26, 2023