Научная статья
Original article
УДК 622.2

ОБЗОР ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В ПОДЗЕМНЫХ И ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ

REVIEW OF EXPERT SYSTEMS AND PROSPECTS OF THEIR APPLICATION IN UNDERGROUND AND OPEN MINING

Халидуллин Алмаз Салаватович, аспирант, Уральский государственный горный университет, Россия, г. Екатеринбург

Khalidullin Almaz Salavatovich, postgraduate student, Ural State Mining University, Russia, Yekaterinburg

Аннотация: В статье проводится обзор экспертных систем и перспектив их применения в подземных и открытых горных работах. Рассматриваются понятие, критерии и отличительные особенности экспертных систем, построенных на основе нейронных сетей. Приводятся основные элементы архитектуры экспертных систем и условия, необходимые для их построения. Выявляются специфика проведения горных работ и обусловленные ею направления аккумулирования знаний. Приводятся достоинства экспертных систем и проблемы их внедрения в горном деле.

Annotation: The article provides an overview of expert systems and the prospects for their use in underground and open pit mining. The concept, criteria and distinctive features of expert systems built on the basis of neural networks are considered. The main elements of the architecture of expert systems and the conditions necessary for

their construction are given. The specificity of mining operations and the directions of accumulation of knowledge caused by it are revealed. The advantages of expert systems and the problems of their implementation in mining are given.

Ключевые слова: экспертные системы, нейронные сети, принятие решений, горное дело, горные работы.

Key words: expert systems, neural networks, decision making, mining, mining operations.

В горнодобывающей промышленности специалисты отвечают за точное измерение объёмов и площадей добываемых горных пород, представление земной поверхности в виде цифровых моделей геопространства, принятие технологических и ситуационных решений [1]. Важность геодезического, маркшейдерского и технологического сопровождения горных работ и принятия быстрых управленческих решений обуславливает необходимость внедрения в горнодобывающую промышленность различных информационных систем, обеспечивающих увеличение качества и производительности выполняемых задач. Одним их наиболее перспективных направлений в сопровождении подземных и открытых горных работ является использование экспертных систем, на машинном уровне обрабатывающих и применяющих знания, имеющиеся у специализирующихся в конкретной предметной области людей-экспертов [2]. Механизмы функционирования экспертных систем позволяют им оперативно извлекать необходимые для решения конкретной задачи знания, что значительно повышает скорость и точность сопровождения горных работ и принятия решений. Это делает актуальным исследование особенностей экспертных систем и их использования в горном деле.

Целью работы является обзор экспертных систем и перспектив их применения в подземных и открытых горных работах. Для её достижения были использованы методы анализа и синтеза научных публикаций и литературных источников по рассматриваемой теме.

Экспертные системы представляют собой интеллектуальные информационные системы, основанные на концепции применения базы знаний, экспертного опыта работы в конкретной предметной области и экспертных оценок специалистов [3]. Экспертные системы обычно используются при решении слабо формализованных задач, таких как принятие решений в разноплановых проблемных ситуациях. Их ключевыми характеристиками являются оперативность получения результата и его надёжность.

Основными критериями оценки эффективности экспертных систем являются интеллектуальность, то есть способность решать задачи аналогично человеку-эксперту, удобство использования и экономичность, выражающаяся в генерации решений за минимальное время [4]. Критичным для экспертных систем требованием является способность за приемлемый временной промежуток находить решения, не уступающие решениям специалистов в предметной области. Для его обеспечения системы изначально проектируются с расчётом на взаимодействие со специалистами различного уровня и профиля, поэтому они должны быть понятны, обладать способностью объяснять предлагаемые решения и демонстрировать их обоснованность.

Можно выделить следующие отличительные особенности экспертных систем [5]:

- моделирование механизма человеческого мышления применительно к решению задач в предметной области, а не самой природы этой области;
- способность не только выполнять логические операции, но и формировать определённые рассуждения и выводы с учётом базы знаний, которые представлены на специальном языке отдельно от программного кода;
- использование эвристических методов решения задач, в отличие от алгебраических не требующих полноты исходных данных и обеспечивающих не гарантированный успех, а только определённую вероятность правильности предлагаемого решения;

- наличие ярко выраженной практической направленности, обусловленной взаимодействием с объектами реального мира.

В основе экспертных систем лежат искусственные нейронные сети, имитирующие нейронные сети мозга, в которых осуществляется решение интеллектуальных задач [6]. Они строятся на правилах и причинно-следственных зависимостях, позволяющих объединять решения простых задач в сложные многофункциональные управляющие комплексы.

Основными элементами архитектуры экспертных систем являются [7]:

- интерфейс пользователя, могущий быть организован через командную строку и графический интерфейс, передающий пользователю вопросы и текущее состояние и принимающий от него команды;
- база знаний, являющаяся ключевым компонентом системы и содержащая определённым образом формализованные правила;
- данные, представляющие собой формализованную информацию, используемую моделью представления данных при построении выводов;
- модель представления данных, выполняющая ключевую роль по построению логических выводов и содержащая эвристические алгоритмы и правила решения конфликтных ситуаций в случае наличия множественных результатов вывода;
- интеллектуальный редактор, представляющий собой отдельную программу либо элемент, способный добавлять, редактировать и удалять знания, а также выводить отчёт о хранящихся в системе знаниях.

В экспертных системах используется механизм самообучения, благодаря которому осуществляется обобщение накапливаемого опыта и пополнение знаний [8]. Важным условием их эффективной работы является способность к адаптации. Построение экспертной системы требует соблюдения следующих условий:

- открытость системы для улучшения и интеллектуализации;

- наличие тесного информационного взаимодействия с окружающей средой и задействование информационных каналов связи;
- применение иерархического принципа, согласно которому по мере повышения ранга иерархии в системе интеллектуальность повышается, а требования к точности снижаются;
- использование прогностических методов динамически изменяющихся выходных и внешних воздействий;
- живучесть системы в случае утраты управляющих воздействий от высших иерархических уровней системы управления.

Основной задачей внедрения экспертных систем в подземные и открытые горные работы является грамотное использование имеющихся знаний для решения возникающих на производстве реальных технологических задач [9]. При осуществлении горных работ ведущими производственными процессами являются подготовка горных пород к выемке, выемочные и погрузочные работы, отвалообразование вскрышных пород, транспортировка горной массы и складирование добытых полезных ископаемых. От верного выбора горнотранспортного оборудования, способа и технологии процессов горных работ во многом зависит производительность и эффективность разработки месторождения.

Чтобы экспертная система смогла принять верное решение при сопровождении горных работ, её базу знаний целесообразно формировать как многоуровневую структуру, которая аккумулирует данные по следующим направлениям [10]:

- технологические методы горнодобывающего производства;
- физические эффекты и явления, которые отражают геотехнологию извлечения полезных компонентов из недр;
- геотехнологические процессы и методы добычи сырья, его обогащения и переработки;

- режимы технологических процессов, протекающих при извлечении полезных компонентов из недр.

Внедрение экспертных систем в горнодобывающую промышленность способно повысить оперативность и качество принимаемых управленческих решений, существенно сократить операционные затраты, количество обусловленных человеческим фактором ошибок, риски аварийных и нештатных ситуаций [11]. Однако в России применение экспертных систем в горном деле сопряжено с рядом сложностей, основные из которых сопряжены с формированием базы знаний [12]. Так, разработка структуры и наполнение базы знаний системой правил, необходимых для распознавания ситуаций и принятия решений, требует решения задач подбора объективно значимых экспертов, являющихся носителями релевантных знаний, разработки процедуры извлечения знаний, формализации полученных знаний с целью их хранения, разработки системы поиска отдельных знаний в базе и подсистемы самообучения. Также внедрение экспертных систем в подземные и открытые горные работы осложняется требованием значительных вычислительных мощностей и недостатком квалифицированных специалистов для работы со специализированным программным обеспечением.

Таким образом, подземные и открытые горные работы являются многопараметрическими процессами, качество которых напрямую зависит от точности, скорости, достоверности и надёжности принимаемых технологических и управленческих решений. Благодаря использованию экспертных систем возможно частично автоматизировать процесс принятия решений и управления горными работами, что позволит увеличить их точность и оперативность. Экспертные системы являются перспективным инструментом оптимизации горных работ, дающим возможность повысить их безопасность и производительность, что делает актуальным дальнейшие исследования в области их совершенствования.

Список литературы

1. Писарев В.С., Ахмедов Б.Н., Басаргин А.А. Анализ способов сбора геоданных при геодезическом сопровождении горных работ // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2019. – Т. 1, № 1. – С. 197-202.
2. Медникова О.В., Медников Д.А. Характеристика инструментальных программ при проектировании экспертных систем // Вестник Московской международной академии. – 2018. – № 1. – С. 114-117.
3. Кравченко Т.К. Системы поддержки принятия решений: учеб. и практ. для вузов / Т.К. Кравченко, Д.В. Исаев. – М.: Изд-во Юрайт, 2022. – 292 с.
4. Квасников А.А., Куксенко С.П. Обзор экспертных систем по электромагнитной совместимости технических средств // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2021. – Т. 24, № 4. – С. 7-18.
5. Системы поддержки принятия решений: учеб. и практ. для вузов / В.Г. Халин [и др.]; под ред. В.Г. Халина, Г.В. Черновой. – М.: Изд-во Юрайт, 2022. – 494 с.
6. Варламов О.О. Обзор 18 миварных экспертных систем, созданных на основе MOGAN // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2021. – № 3 (101). – С. 5-20.
7. Левицкий Р.В. Анализ подходов к построению экспертных информационных систем для поддержки оперативного персонала атомных электростанций // Экономика и качество систем связи. – 2021. – № 3 (21). – С. 86-100.
8. Трофимов В.Б. Аналитический обзор функциональных структур интеллектуальных систем управления сложными горно-металлургическими объектами // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – № 2. – С. 150-168.
9. Шогенова З.А., Крымшокалова Д.А., Шереужева М.А. Информационное обеспечение системы, использующей DLL библиотеки учёта параметров режима оптимизации процессов горных работ // Вестник Кузбасского

государственного технического университета. – 2020. – № 5 (141). – С. 47-54.

10. Аленичев В.М. Проблемы геоинформационного обеспечения технологий комплексного освоения месторождений и техногенных образований // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – № 10. – С. 191-199.
11. Ческидов В.В., Яницкий Е.Б. Анализ информационных систем в горнодобывающей промышленности // Золото и технологии. – 2021. – № 3 (53). – 8 с.
12. Калашников С.Н. Особенности применения информационных экспертных систем в металлургии на основе интеллектуальной обработки данных и знаний / С.Н. Калашников, В.Н. Буинцев, Е.А. Мартусевич, И.А. Рыбенко, Д.Ю. Белавенцева // Инженерный вестник Дона. – 2020. – № 1 (61). – С. 18-28.

Bibliography

1. Pisarev V.S., Akhmedov B.N., Basargin A.A. Analysis of geodata collection methods for geodetic support of mining operations // Interexpo Geo-Siberia. - 2019. - V. 1, No. 1. - S. 197-202.
2. Mednikova O.V., Mednikov D.A. Characteristics of tool programs in the design of expert systems. Bulletin of the Moscow International Academy. - 2018. - No. 1. - P. 114-117.
3. Kravchenko T.K. Decision support systems: textbook. and pract. for universities / T.K. Kravchenko, D.V. Isaev. – M.: Publishing house Yurayt, 2022. – 292 p.
4. Kvasnikov A.A., Kuksenko S.P. Review of expert systems on the electromagnetic compatibility of technical means // Reports of the Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics. - 2021. - T. 24, No. 4. - S. 7-18.
5. Decision support systems: textbook. and pract. for universities / V.G. Khalin [and others]; ed. V.G. Khalina, G.V. Chernova. - M.: Publishing house Yurait, 2022. - 494 p.

6. Varlamov O.O. Review of 18 mivar expert systems based on MOGAN // Izvestiya of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. - 2021. - No. 3 (101). - P. 5-20.
7. Levitsky R.V. Analysis of approaches to the construction of expert information systems to support the operational personnel of nuclear power plants // Economics and quality of communication systems. - 2021. - No. 3 (21). - S. 86-100.
8. Trofimov V.B. Analytical review of the functional structures of intelligent control systems for complex mining and metallurgical facilities // Mining Information and Analytical Bulletin. - 2022. - No. 2. - P. 150-168.
9. Shogenova Z.A., Krymshokalova D.A., Shereuzheva M.A. Information support of the system using the DLL library for accounting for the parameters of the mining process optimization mode. Bulletin of the Kuzbass State Technical University. - 2020. - No. 5 (141). - S. 47-54.
10. Alenichev V.M. Problems of geoinformation support of technologies for the integrated development of deposits and technogenic formations // Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal). - 2018. - No. 10. - P. 191-199.
11. Cheskidov V.V., Yanitsky E.B. Analysis of information systems in the mining industry. Zoloto i tekhnologii. - 2021. - No. 3 (53). – 8 s.
12. Kalashnikov S.N. Peculiarities of application of information expert systems in metallurgy based on intellectual processing of data and knowledge / S.N. Kalashnikov, V.N. Buintsev, E.A. Martusevich, I.A. Rybenko, D.Yu. Belaventseva // Engineering Bulletin of the Don. - 2020. - No. 1 (61). - S. 18-28.

© Халидуллин А.С., 2022 Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №6/2022

Для цитирования: Халидуллин А.С. ОБЗОР ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В ПОДЗЕМНЫХ И ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ// Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №6/2022