

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 519.876

DOI: 10.22213/2410-9304-2024-2-26-31

Моделирование оптимальной загрузки производственной линии горнодобывающего предприятия

Г. А. Благодатский, доктор технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

В. Н. Борисов, аспирант, ООО «Федорово Минералз», Москва, Россия

М. М. Горохов, доктор физико-математических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск;
Научно-исследовательский институт Федеральной службы исполнения наказаний, Москва, Россия

Статья посвящена вопросам моделирования оптимальной загрузки производственной линии горнодобывающих предприятий. Вопросы, связанные с переходом на альтернативные варианты выполнения производственных планов, рассматриваются в большом количестве работ. В данном исследовании предлагается математическая модель для формирования оптимального плана смеси сырья месторождений горнодобывающего предприятия. Для ее построения выбран метод многокритериального ранжирования альтернатив по интегральному показателю эффективности с последующим решением задачи определения оптимального плана смеси сырья месторождений. В статье предложен подход к определению оптимального плана загрузки производственной линии горнодобывающего предприятия на основе создания смеси руд с наибольшей полезностью. Ценность конкретного месторождения определяется по множеству факторов, среди которых удаленность от производственной линии, содержание руды в породе, объем месторождения. В работе показано, что организация разработки конкретного месторождения может быть реализована на основе решения задач линейного программирования. Иерархия содержит три уровня: цель системы; факторы, оказывающие влияние на привлекательность месторождения (это содержание металла, объем месторождения, транспортная доступность); альтернативы (непосредственно месторождения сырья). Положим, что необходимо найти максимум эффективности использования смеси руд указанных месторождений. На задачу наложены ограничения по ресурсам: фонд рабочего и машинного времени, количество реактива первого типа, количество реактива второго типа. Состав вектора ограничений может быть задан в зависимости от ценности ресурсов. В ходе исследования установлено, что оптимальный план реализуется при полном использовании ресурсов первого и второго типа и 53-процентном уровне использования третьего ресурса. Несмотря на низкую интегральную оценку ценности сырья четвертого месторождения, что в основном определено низким содержанием руды в породе относительно других месторождений, рекомендуется максимальное ее использование, что в свою очередь определяется низкой ресурсоемкостью извлечения руды из этой породы.

Ключевые слова: ранжирование, планирование, иерархия, математическая модель, задача о смесях.

Введение

Вопросам, связанным с переходом на альтернативные варианты выполнения производственных планов, посвящен ряд работ. Так, в [1] приводится эволюция термина «технологический суверенитет» и приведена математическая модель оптимального выбора поставщика оборудования. В работе [2] указывается на то, что перемены в окружающей среде предприятия влекут изменение целей, показателей эффективности, конкурентоспособности, инструментов и методов работы.

В исследовании [3] указывается, что при истощении существующей материально-технической базы, с одной стороны, и необходимости оптимизации затрат при ухудшении международной конъюнктуры – с другой, важным аспектом раз-

вития предприятий является четкое планирование проведения работ, ранжирование и приоритизация направлений деятельности. В статье [4] рассмотрены вопросы применения методов ранжирования объектов по промышленному потенциалу, предложена комплексная методика, предусматривающая оценку промышленного потенциала на основе материально-технического, инновационно-инвестиционного, финансового, трудового и инфраструктурного субпотенциала. В исследовании [5] предложены методики оценки и ранжирования экономических факторов санации предприятий. Труд [6] содержит методику комплексной оценки эффективности производственных предприятий по экономическим и социальным показателям. Методика предусматривает выбор принципов многокритериального анализа, его примене-

ние для оценки экономической эффективности сравниваемых предприятий по абсолютным и удельным экономическим показателям. Проводится ранжирование сравниваемых предприятий по совокупности абсолютных и удельных экономических показателей, составлены матрицы абсолютных социальных показателей, выбраны принципы многокритериальной оценки, проведена сравнительная оценка эффективности предприятий по абсолютным и относительным экономическим показателям, определена эффективность предприятий по абсолютными относительным показателям, выполнен комплексный анализ. В статье [7] приведена методика оценки трудоемкости разработки конструкторской документации на основе трудоемкости конструкторской документации аналогов. Данная методика может применяться для предварительной оценки трудоемкости разработки конструкторской документации нового варианта исполнения или расширения ассортимента продукции.

Цель исследования – разработать основу для построения математической модели формирования оптимальной смеси сырья из различных месторождений для горнодобывающего предприятия.

Для достижения цели выбран метод многокритериального ранжирования альтернатив по интегральному показателю эффективности с последующим решением задачи определения оптимального плана смеси сырья месторождений.

Методы исследования

Применению методов ранжирования в задачах комплектования сложных изделий посвящены труды [8–11], определению оптимального плана решения задач линейного программирования [12], вопросам декомпозиции задачи принятия решений на иерархические уровни работы [13–16], применения нечеткой логики [17], нейронных сетей [18]. Вопросам согласованности экспертных оценок посвящены исследования [19–21].

Определим приоритеты использования руды месторождений. Для этого построим иерархию выбора месторождения (рисунок). Иерархия содержит три уровня $I_j, j = \overline{0,2}$: цель системы, факторы, оказывающие влияние на привлекательность месторождения, альтернативы (месторождения).

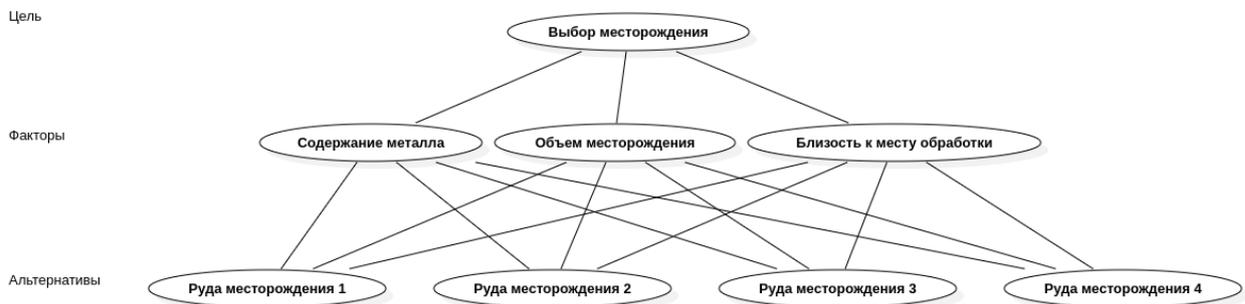


Рис. 1. Иерархия выбора месторождения

Fig. 2. Field selection hierarchy

Факторы, оказывающие влияние на привлекательность месторождения:

$$W_{I_1} = \{W_{I_1j}\}, j = \overline{1, n_{I_1}}, \quad (1)$$

где W_{I_11} – процент содержания металла; W_{I_12} – объем месторождения и W_{I_13} – транспортная доступность.

Заполним матрицу A_{I_1} – сравнение влияния W_{I_1m} на I_0 по отношению к W_{I_1k} (необходимо учитывать равную значимость влияния элемента в сравнении с самим собой).

Найдя правый собственный вектор \vec{w}'_{I_1} матрицы A_{I_1} , соответствующий максимальному собственному числу, решим уравнение

$$A_{I_1} \vec{w}'_{I_1} = \lambda_{\max} \vec{w}'_{I_1}. \quad (2)$$

Введем итеративную процедуру нахождения собственного вектора, соответствующего максимальному собственному числу.

Пусть $y^{(0)} = \{1, \dots, 1\}$ – единичный вектор размерности n_{I_1} . Запустим итеративный процесс $y^{(k)} = A_{I_1} y^{(k-1)} = A_{I_1}^{k-1} y^{(0)}$:

$$\lambda_{\max} = \frac{y_j^{(k)}}{y_j^{(k-1)}}. \quad (3)$$

Получившийся на последнем шаге итерационного процесса вектор $y^{(k)}$ – это решение уравнения (2) – вектор \vec{w}'_{I_1} .

Проведя нормирование вектора \vec{w}'_{I_1} , по сумме координат получим вектор

$$\vec{w}_{I_1} = \frac{\vec{w}'_{I_1}}{\sum_{j=1}^{n_{I_1}} w'_{I_1j}}, \quad (4)$$

где \vec{w}'_{I_1} – вектор весов влияния сил уровня I_1 на цель системы I_0 (табл. 1).

Таблица 1. Парное сравнение влияния факторов на оптимальную загрузку производственной линии

Table 1. A paired comparison of the influence of factors on the optimal loading of the production line

A_{I_1}	$W_{I_1,1}$	$W_{I_1,2}$	$W_{I_1,3}$	\vec{w}_{I_1}
$W_{I_1,1}$	1	$a_{12}=7$	$a_{13}=5$	0,73
$W_{I_1,2}$		1		0,08
$W_{I_1,3}$		$a_{32}=3$	1	0,19

Рассмотрим уровень альтернатив I_2 и его влияние на вышестоящий уровень. Уровень I_2 состоит из 4 элементов месторождений руды,

представим результаты сравнений по каждому месторождению и характеристике в табл. 2.

Таблица 2. Влияние альтернатив на факторы выбора месторождения

Table 2. The field selection alternatives factor's influence

	$W_{I_2,1}$	$W_{I_2,2}$	$W_{I_2,3}$	\vec{w}_{I_2}
$W_{I_2,1}$	0,29	0,32	0,21	0,28
$W_{I_2,2}$	0,28	0,13	0,46	0,30
$W_{I_2,3}$	0,39	0,13	0,06	0,31
$W_{I_2,4}$	0,03	0,42	0,27	0,11

Положим, что необходимо найти максимум эффективности использования смеси руд указанных месторождений.

$$F(\vec{c}, \vec{x}) = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max, \quad (5)$$

где коэффициенты вектора $\vec{c} = \{c_j\} = \{w_{I_2j}\}$, $j = \overline{1, n}$, $\vec{x} = \{x_j\}$ – объем сырья j -го месторождения.

На задачу (5) наложены ограничения по ресурсам: b_1 – фонд рабочего и машинного времени, b_2 – количество реактива первого типа; b_3 – количество реактива второго типа. Состав вектора \vec{b} может быть задан в зависимости от ценности ресурсов:

$$R\vec{x} \leq \vec{b}, \quad (6)$$

где $R = \{r_{ij}\}$, r_{ij} – это расхода b_i ресурса на обработку x_j сырья, $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, n}$.

$$\vec{b} = \{b_i \in [0; 1]\}, i = \overline{1, m}. \quad (7)$$

$$\vec{x} = \{x_j\}, x_j \geq 0. \quad (8)$$

Представим ограничения на задачу в виде (7):

$$\begin{cases} r_{11}x_1 + r_{12}x_2 + r_{13}x_3 + r_{14}x_4 \leq b_1, \\ r_{21}x_1 + r_{22}x_2 + r_{23}x_3 + r_{24}x_4 \leq b_2, \\ r_{31}x_1 + r_{32}x_2 + r_{33}x_3 + r_{34}x_4 \leq b_3. \end{cases} \quad (9)$$

Предположим, что ресурсы находятся в полном объеме $b_j = 1, j = \overline{1, n}$, матрица R приведена в табл. 3.

Таблица 3. Матрица расхода ресурсов

Table 3. Resource consumption matrix

Параметр	x_1	x_2	x_3	x_4
$b_1=1$	0,60	0,70	0,75	0,20
$b_2=1$	0,37	0,50	0,45	0,24
$b_3=1$	0,35	0,39	0,40	0,10

Решим задачу (5)–(8) симплекс-методом. В результате получим вектор \vec{x} , показывающий оптимальное содержание в смеси руд месторождений в процентах.

Результаты

В ходе решения задачи (5)–(8) с исходными данными, указанными выше, максимальное зна-

чение целевой функции (5) достигается при $\vec{x} = \{0,14; 0; 0; 0,86\}$.

Оптимальный план реализуется при полном использовании ресурсов b_1 , b_2 и 53%-м уровне использования ресурса b_3 .

Рекомендуется максимальное использование сырья из четвертого месторождения, несмотря

на низкую интегральную оценку ценности этого сырья (это в основном определено низким содержанием руды в породе, относительно других месторождений) (последняя строка столбца \overline{w}_2 табл. 2). Это определяется низкой ресурсоемкостью извлечения руды (правый столбец табл. 3).

Заключение

В статье предложен подход к определению оптимального плана загрузки производственной линии горнодобывающего предприятия на основе создания смеси руд с наибольшей полезностью. Ценность конкретного месторождения определяется по множеству факторов, среди которых удаленность от производственной линии, содержание руды в породе, объем месторождения. В работе показано, что анализ целесообразности разработки конкретного месторождения может быть реализован на основе решения задач линейного программирования.

Библиографические ссылки

1. Математическая модель выбора поставщика металлообрабатывающего оборудования в условиях необходимости достижения технологического суверенитета / О. В. Логиновский, А. А. Максимов, М. В. Щемлев, А. М. Богер // Системы управления и информационные технологии. 2023. № 2 (92). С. 86–92.
2. Беркутова Т. А., Мищенко О. В., Якимович Б. А. Повышение эффективности рыночной деятельности предприятий на основе управления изменениями // Вестник Удмуртского университета. Серия Экономика и право. 2023. Т. 33, № 1. С. 9–20. DOI 10.35634/2412-9593-2023-33-1-9-20.
3. Основные тенденции в развитии минерально-сырьевой базы ПАО «Газпром» и подходы к планированию ее развития / Л. В. Эдер, Г. В. Зубарев, Ю. И. Заболотная [и др.] // Газовая промышленность. 2023. № S2(849). С. 44–48.
4. Цукерман В. А., Горячевская Е. С. Оценка промышленного потенциала горнодобывающего сектора арктических регионов России // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2023. Т. 26, № 2 (80). С. 38–54. DOI 10.37614/2220-802X.2.2023.80.003.
5. Зеленковская Н. В. Методическое обеспечение санации промышленных предприятий // Новости науки и технологий. 2023. № 1 (64). С. 48–53.
6. Анализ эффективности предприятий по производству автокомпонентов на современном этапе развития / Ф. Ф. Юрлов, И. Д. Андрианова, В. В. Титов, А. Ф. Плеханова // Развитие и безопасность. 2023. № 2 (18). С. 50–60. DOI 10.46960/2713-2633_2023_2_50.
7. Методика расчета трудоемкости разработки судовых компрессорных станций с использованием аналога на основе ранжирования технических характеристик / Л. Г. Кузнецов, А. В. Бураков, Д. А. Грибанов, Р. Р. Хотский // Морской вестник. 2023. № 2 (86). С. 65–67.
8. Туленков М. С. Метод экспертных оценок промышленного предприятия // Интернаука. 2023. № 5-3(275). С. 42–44.
9. Митягина М. Н., Назаревич С. А. Применение метода априорного ранжирования при оценке уровня готовности технологии в сложной технической системе // Системный анализ и логистика. 2023. № 2 (36). С. 45–53. DOI 10.31799/2077-5687-2023-2-45-53.
10. Пупков К. А., Воронов Е. М., Карпунин А. А. Оптимальное управление многообъектными многокритериальными системами, структурный синтез и иерархическое уравнивание в интеллектуальных системах управления // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2010. № 4. С. 73–78.
11. Подоплелова Е. С. Анализ методов многокритериального принятия решений на примере задачи ранжирования // Известия ЮФУ. Технические науки. 2023. № 3(233). С. 118–125. DOI 10.18522/2311-3103-2023-3-118-125.
12. Djuricic I. D. Application of Cube IQ software and multicriteria optimization models for the selection of vehicles for the transport of goods in the Serbian Armed Forces // Military Technical Courier. 2023. Vol. 71, no. 2. P. 257–295. DOI 10.5937/vojtehg71-42298.
13. Смерчинская С. О., Яшина Н. П. Декомпозиция задачи принятия решений на уровне предпочтения мажоритарного графа // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. 2023. № 1. С. 106–122. DOI 10.31857/S0002338823010109.
14. Квятковская И. Ю., Тхи Хуен Ч. Во, Чан К. Т. Модель и алгоритм поддержки принятия решения по выбору продуктов для рекомендации пользователю на основе метода анализа статистической импликации // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2023. № 2. С. 116–124. DOI 10.24143/2072-9502-2023-2-116-124.
15. Мельников А. В., Четверикова А. И. Модели принятия решений при оперативном управлении силами и средствами органов внутренних дел // Вестник Воронежского института МВД России. 2023. № 1. С. 40–47.
16. Лубенцов А. В. Синтез модели получения характеристик эффективности комплексной системы безопасности на базе метода анализа иерархий // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2023. Т. 11, № 1 (40). С. 12–13. DOI 10.26102/2310-6018/2023.40.1.030.
17. Кораблев Ю. А., Лосева Д. М., Шестопалов М. Ю. Прогнозирование потенциально возможных неисправностей технической системы на основе нечетких графов и нечетких когнитивных карт // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. 2023. № 3. С. 46–51.
18. Ранжирование сенсорных характеристик пищевых продуктов с помощью нейронных сетей / И. Ю. Резниченко, А. В. Шафрай, Н. Ю. Рубан, Т. А. Донченко // Пищевая промышленность. 2023. № 3. С. 97–101. DOI 10.52653/PP1.2023.3.3.020.

19. Корнеев В. П. Методы выбора медианы ранжирования согласованности экспертных оценок по критерию близости в ранговой шкале // Управление большими системами: сборник трудов. 2023. № 103. С. 135–170. DOI 10.25728/ubs.2023.103.6.

20. Куликова Е. Ю., Баловцев С. В., Скопинцева О. В. Комплексная оценка геотехнических рисков в шахтном и подземном строительстве // Устойчивое развитие горных территорий. 2023. Т. 15, № 1 (55). С. 7–16. DOI 10.21177/1998-4502-2023-15-1-7-16.

21. Заварухин В. П., Клеева Л. П. Система оценки результативности НИОКР как основа мониторинга научно-технологической сферы // Экономика науки. 2023. Т. 9, № 1. С. 56–66. DOI 10.22394/2410-132X-2023-9-1-56-66.

References

1. Loginovskii O.V., Maksimov A.A., Shchemlev M.V., Boger A.M. [Mathematical model of choosing a supplier of metal-working equipment under the conditions of the necessity to achieve technological sovereignty]. *Sistemy upravleniya i informatsionnye tekhnologii*. 2023. Vol. 92, no. 2, pp. 86-92 (In Russ.).

2. Berkutova T.A., Mishchenkova O.V., Yakimovich B.A. [Marketing activity of enterprises as an object of change]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Ekonomika i pravo*. 2023. Vol. 33, no. 1, pp. 9-20 (in Russ.). DOI: 10.35634/2412-9593-2023-33-1-9-20.

3. Eder L.V., Zubarev G.V., Zabolotnaya Yu.I. [Main trends in the development of the mineral resource base of PJSC Gazprom and approaches to planning its development]. *Gazovaya promyshlennost'*. 2023. Vol. 849, no. 52. Pp. 44-48 (in Russ.).

4. Vyacheslav A. Tsukerman, Elena S. Goryachevskay. [The mining sector of the russian arctic: industrial potential assessment]. *Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo poriyadka*. 2023. No. 2, pp. 38-54 (in Russ.). DOI:10.37614/2220-802X.2.2023.80.003.

5. Zelenkovskaya N. [Methodological support for the rehabilitation of industrial enterprises]. *Novosti nauki i tekhnologii*. 2023. Vol. 64, no. 1, pp. 48-53 (in Russ.).

6. Yurlov F.F., Andrianova I.D., Titov V.V., Plekhanova A.F. [Analysis of the efficiency of enterprises producing auto components at the present stage of development]. *Razvitie i bezopasnost'*, 2023, vol. 18, no. 2, pp. 50-60. (in Russ.). DOI 10.46960/2713-2633_2023_2_50.

7. Kuznetsov L.G., Burakov A.V., Griбанov D.A., Khotskii R.R. [Methodology for calculating the labor intensity of developing ship compressor stations using an analogue based on ranking technical characteristics]. *Morskoi vestnik*. 2023. Vol. 86, no. 2, pp. 65-67 (in Russ.).

8. Tulenkov M. [Method of expert assessments of industrial enterprise] *Internauka*. 2023. Vol. 275, no. 5-3, pp. 42-44 (in Russ.).

9. Mityagina M.N., Nazarevich S.A. [Application of the aprior ranking method in assessing the level of technology readiness in a complex technical system]. *System analysis and logistics*. 2023, vol. 36, No2, pp. 45-53 (in Russ.). DOI: 10.31799/2077-5687-2023-2-45-53.

10. Pupkov K.A., Voronov E.M., Karpunin A.A. [Optimal control of multi-object multi-criteria systems, structural synthesis and hierarchical balancing in intelligent control systems]. *Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. Seriya: Inzhenernye issledovaniya*. 2010. No. 4, pp. 73-78 (in Russ.).

11. Podoplelova E.S. [Selection of multi-criteria analysis methods on the example of the problem of ranking]. *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki*. 2023. Vol. (233), no. 3, pp. 118-125 (in Russ.). DOI: 10.18522/2311-3103-2023-3-118-125.

12. Djuricic I.D. Application of Cube IQ software and multicriteria optimization models for the selection of vehicles for the transport of goods in the Serbian Armed Forces. In *Military Technical Courier*, 2023. Vol. 71, no. 2, pp. 257-295. DOI 10.5937/vojtehg71-42298.

13. Smerchinskaya S.O., Yashina N.P. [Decomposition of a decision-making problem at the preference level of a majority graph]. *Izvestiya Rossijskoi akademii nauk. Teoriya i sistemy upravleniya*. 2023. No. 1, pp. 106-122 (in Russ.). DOI 10.31857/S0002338823010109.

14. Kvyatkovskaya I. Yu., Vo ThiHuyenTrang, Tran QuocToan. [Model and algorithm for supporting decision on selection of products for recommendation to user based on analysis of statistical implication]. *Vestnik Astrakhan-skogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika*. 2023. No. 2, pp. 116-124 (in Russ.). URL: <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2023-2-116-124>.

15. Melnikov A.V., Chetverikova A.I. [Models of decision-making in the operational management of the forces and facilities of the internal affairs bodies]. *Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii*. 2023. No. 1, pp. 40-47 (in Russ.).

16. Lubentsov A.V. [Synthesis of a model for obtaining performance characteristics of anintegrated security system based on the analytic hierarchy process]. *Modelirovanie, optimizatsiya i informatsionnye tekhnologii*. 2023. Vol. 11, no. 1, pp. 1-8 (in Russ.). DOI: 10.26102/2310-6018/2023.40.1.030.

17. Korablev Yu. A., Loseva D. M., Shestopalov M. Yu. [Forecasting of potential faults of a technical system based on fuzzy graphs and fuzzy cognitive maps]. *Izvestiya SPbGETU LETI*. 2023. Vol. 16, no. 3, pp. 46-51 (in Russ.). Doi: 10.32603/2071-8985-2023-16-3-46-51.

18. Reznichenko I.YU., Shafray A.V., Ruban N.YU., Donchenko T.A. [Ranking of sensory characteristics of food products using neural networks]. *Pishchevaya promyshlennost'*. 2023. No. 3, pp. 97-101 (in Russ.). DOI: 10.52653/PPI.2023.3.3.020.

19. Korneenko V.P. [Methods for selecting the median ranking and evaluating the consistency of expert assessments by the proximity criterion]. *Upravlenie bol'shimi sistemami: sbornik trudov*. 2023. No. 103, pp. 135-170 (in Russ.). DOI: 10.25728/ubs.2023.103.6.

20. Kulikova E.Yu., Balovtsev S.V., Skopintseva O.V. [Complex estimation of geotechnical risks in mine and underground construction]. *Ustoichivoe razvitie gornyx territorii*. 2023. Vol. 15, no. 1, pp. 7-16 (in Russ.). DOI: 10.21177/1998-4502-2023-15-1-7-16.

21. Zavarukhin V.P., Kleeva, L.P. [R&D Performance Evaluation System as the Basis for Monitoring the Research and Technological Sphere]. *Ekonomika nauki*. 2023. No. 9, pp. 56-66 (in Russ.). URL: <https://doi.org/10.22394/2410-132X-2023-9-1-56-66>.

* * *

Mining Enterprise Production Line Optimal Load Modelling

G. A. Blagodatsky, DSc in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia

V. N. Borisov, Postgraduate, General Director, ООО "FedorovoMineralz", Moscow, Russia

M. M. Gorokhov, Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia; Federal State Institution Research Institute of the Federal Penitentiary Service Russia, Moscow, Russia

The article is devoted to the issues of the mining enterprise production line optimal load model. A large number of issues related to alternative production plan implementation transition are considered in various works. A mathematical model to form an optimal plan mining enterprise raw material mixture from deposits is proposed in the study. A method of multi-criteria alternative ranking in terms of integral efficiency indicator with the following problem solution of optimal plan determination for a raw material mixture from deposits was chosen for that purpose. The article proposes an approach to determine the production line optimal loading plan of a mining enterprise based on the creation of an ore mixture with the highest utility. The value of a particular deposit is determined by a variety of factors, including the distance from the production line, the ore content in the rock, and the volume of the deposit. The paper shows that the development of a specified field management can be implemented based on solving linear programming problems. The hierarchy contains three levels: the system purpose; the factors influencing the deposit appeal (the metal content, the deposit volume, and transport accessibility); alternatives (deposits of raw materials directly). Let's assume that it is necessary to find the maximum efficiency by means of an ore mixture from the given deposits. Resource restrictions are imposed on the task: the work and machine time fund, the amount of first type reagent, and the amount of second type reagent. The composition of the constraint vector can be set depending on the value of the resources. The study found that the optimal plan is implemented under the complete resource utilization both of the first and the second types and a fifty-three percent level of the third resource utilization. Despite the low integral assessment of the raw material value of the fourth deposit, which is mainly determined by the low ore content in the rock, with respect to other deposits, its maximum utilization is also recommended, which in turn, is determined by the low resource intensity of ore extraction from this rock.

Keywords: ranking, planning, hierarchy, mathematical model, mixing task.

Получено: 27.02.24

Образец цитирования

Благодатский Г. А., Борисов В. Н., Горохов М. М. Моделирование оптимальной загрузки производственной линии горнодобывающего предприятия // Интеллектуальные системы в производстве. 2024. Т. 22, № 2. С. 26–31. DOI: 10.22213/2410-9304-2024-2-26-31.

For Citation

Blagodatsky G.A., Borisov V.N., Gorokhov M.M. [Mining Enterprise Production Line Optimal Load Modelling]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*. 2024, vol. 22, no. 2, pp. 26-31. DOI: 10.22213/2410-9304-2024-2-26-31.