

**А.А. Григорьева, А.А. Захарова, П.В. Бурков,
А.П. Григорьева, В.П. Бурков**

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ОЦЕНКИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ШАХТНЫХ
КРЕПЕЙ НА ОСНОВЕ РЕЙТИНГОВОЙ МОДЕЛИ**

Предложена модель и компьютерная программа рейтинговой оценки конкурентоспособности горно-шахтного оборудования в нечетких условиях принятия решения. Использован метод многокритериальной оценки альтернатив на основе теории нечетких множеств.

Ключевые слова: шахтные крепи, горно-шахтное оборудование, рейтинговая модель, конкурентоспособности продукции.

**A.A. Grigoryeva, A.A. Zaharova, P.V. Burkov, A.P. Grigoryeva, V.P. Burkov
MATHEMATICAL AND SOFTWARE SECURING FOR EVALUATION OF MAR-
KET COMPETITIVENESS OF PIT BARRINGS BASED ON A RATING MODEL**

In paper the model and the computer program of rating estimation of material mining equipment competitiveness in fuzzy conditions of decision-making is offered. The method of multicriterion estimations of alternatives on the basis of fuzzy sets theory is used.

Key words: pit barrings, pit mining facilities, rating model, product competitiveness.

Одной из задач горной информатики как науки, выделенных в статье Д.К. Потресова [1] является «разработка методов математического моделирования функциональной структуры и взаимодействия факторов, определяющих объект горного информационного механизма (ГИМ)». При этом цель ГИМ определяется как разработка альтернативных решений для лиц, принимающих решения, на всех уровнях взаимодействия подсистем системы «земная кора – человек – общество» на основе комплексного управления потоками информации.

Реструктуризация угольной промышленности предусматривает как одно из прогрессивных направлений - сокращение числа действующих на шахтах малоэффективных забоев с сохранением, а при необходимости и увеличением общей добычи угля за счет остающихся в эксплуатации высокопроизводительных, оснащенных современным оборудованием. Поэтому правомерно включение в состав модели объекта ГИМ производителей горного оборудования.

Для того чтобы выйти на рынок с изделиями высокого качества машиностроительным предприятиям необходимо оценивать конкурентоспособность продукции на всех этапах ее жизненного цикла. Конкурентоспособность наукоемкой технической продукции является сложным, многоаспектным понятием, которое характеризует целый комплекс показателей. При этом большая часть показателей может быть оценена только с помощью экспертов, а, следовательно, носит качественный характер. Более того, взаимосвязь отдельных факторов, влияющих на конкурентоспособность продукции, сложно описать в виде четких математических зависимостей. В связи с этим актуальной задачей явля-

ется разработка методов, позволяющих производить сравнение альтернатив в условиях неполноты, неточности информации для анализа, качественных оценок альтернатив. Таким образом, для информационной поддержки процессов управления конкурентоспособностью горно-шахтного оборудования, как сложного, динамического, многокритериального, слабоструктурированного объекта, предлагается использовать методы и модели принятия решений в условиях неопределенности. При этом для повышения обоснованности решений целесообразно применять систему моделей, применение той или иной из которых определяется целями оценки конкурентоспособности, а также этапом жизненного цикла изделия.

В данной работе предложена модель оценки конкурентоспособности горно-шахтного оборудования в нечетких условиях, когда отсутствует полная информация и трудно отдать предпочтение тому или иному производственному объекту. Основу метода исследования составляет теория нечетких множеств, которая оперирует нечетким представлением нечетких понятий.

Математическая постановка рейтинговой модели определения конкурентоспособности горно-шахтного оборудования

В модели приняты следующие допущения: существование определенного уровня компетентности экспертов; характеристика оборудования определенными признаками (критериями оценки); варьирование степени важности признаков при присвоении данному оборудованию рейтинга между экспертами; предпочтение одного оборудования другому, если его признаки по своей степени важности более близки к оценке экспертов.

Предполагается, что $X=\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ – множество экспертов, $Y=\{y_1, y_2, \dots, y_p\}$ – множество признаков (критериев оценки) горно-шахтного оборудования и $Z=\{z_1, z_2, \dots, z_m\}$ – множество видов оборудования. $\Phi_R : X \times Y \rightarrow [0, 1]$ есть функция принадлежности нечеткого бинарного отношения R . Для всех $x \in X$ и всех $y \in Y$ функция $\Phi_R(x, y)$ – степень важности признака y по оценке эксперта x при определении им предпочтения оборудования. Отношение R можно представить в матричной форме [2,4]:

$$R = \begin{matrix} & y_1 & y_2 & \dots & y_p \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} \Phi_R(x_1, y_1) & \Phi_R(x_1, y_2) & \dots & \Phi_R(x_1, y_p) \\ \Phi_R(x_2, y_1) & \Phi_R(x_2, y_2) & \dots & \Phi_R(x_2, y_p) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \Phi_R(x_n, y_1) & \Phi_R(x_n, y_2) & \dots & \Phi_R(x_n, y_p) \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Тогда $\pi : Y \times Z \rightarrow [0, 1]$ есть функция принадлежности нечеткого бинарного отношения S . Для всех $y \in Y$ и всех $z \in Z$ $\pi_s(y, z)$ – степень принадлежности или совместимость оборудования z с признаком y . В матричной форме отношение имеет вид:

$$S = \begin{matrix} & z_1 & z_2 & \dots & z_m \\ \begin{matrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_p \end{matrix} & \begin{bmatrix} \pi_s(y_1, z_1) & \pi_s(y_1, z_2) & \dots & \pi_s(y_1, z_m) \\ \pi_s(y_2, z_1) & \pi_s(y_2, z_2) & \dots & \pi_s(y_2, z_m) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \pi_s(y_p, z_1) & \pi_s(y_p, z_2) & \dots & \pi_s(y_p, z_m) \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Теперь можно получить матрицу:

$$T = \begin{matrix} & z_1 & z_2 & \dots & z_m \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} \mu_{A1}(x_1, z_1) & \mu_{A2}(x_1, z_2) & \dots & \mu_{Am}(x_1, z_m) \\ \mu_{A1}(x_2, z_1) & \mu_{A2}(x_2, z_2) & \dots & \mu_{Am}(x_2, z_m) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mu_{A1}(x_n, z_1) & \mu_{A2}(x_n, z_2) & \dots & \mu_{Am}(x_n, z_m) \end{bmatrix} \end{matrix},$$

элементы которой определяются функцией принадлежности

$$\mu_{Ai}(x, z_i) = \frac{\sum_y \Phi_R(x, y) \cdot \pi_S(y, z_i)}{\sum_y \Phi_R(x, y)} \quad \text{для всех } x \in X, y \in Y, z \in Z, \quad (1)$$

где сумма $\sum_y \Phi_R(x, y)$

равна степени нечеткого подмножества, указывающей число важнейших признаков y , которое эксперт x использует для оценки оборудования, а $\mu_{Ai}(x, z_i)$ можно интерпретировать как взвешенную степень предпочтения оборудования z_i экспертом x [2,4]. Функция предпочтения, описываемая уравнением, удовлетворяет определению выпуклого нечеткого подмножества

$$\mu_{Ai}[\lambda(x_1, z_i) + (1 - \lambda) \cdot (x_2, z_i)] \geq \min[\mu_{Ai}(x_1, z_i), \mu_{Ai}(x_2, z_i)],$$

для всех x_1 и x_2 , всех $z_i \in Z$ и всех $\lambda \in [0, 1]$. (2)

Поскольку все функции $\mu_{Ai}(x, z_i)$ выпуклые, их пересечения также выпуклые функции. Таким образом, можно построить матрицу:

$$W = \begin{bmatrix} \mu_{A1}(x_1, z_1) \wedge \mu_{A2}(x_1, z_2) & \dots & \mu_{Am-1}(x_1, z_{m-1}) \wedge \mu_{Am}(x_1, z_m) \\ \mu_{A1}(x_2, z_1) \wedge \mu_{A2}(x_2, z_2) & \dots & \mu_{Am-1}(x_2, z_{m-1}) \wedge \mu_{Am}(x_2, z_m) \\ \dots & \dots & \dots \\ \mu_{A1}(x_n, z_1) \wedge \mu_{A2}(x_n, z_2) & \dots & \mu_{Am-1}(x_n, z_{m-1}) \wedge \mu_{Am}(x_n, z_m) \end{bmatrix}.$$

Порог предпочтительной конкурентоспособности оборудования может быть выражен условием

$$w < \min_{ij} \max_x \min[\mu_{Ai}(x, z_i), \mu_{Aj}(x, z_j)].$$

Если порог w выбран, то совокупность экспертных оценок P_i $i=1, \dots, m$, полученных оборудованием, описывается уровневым множеством

$$P_i = \{x / \mu_{Ai}(x) \geq \min_{ij} \max_x \min[\mu_{Ai}(x, z_i), \mu_{Aj}(x, z_j)]\} \text{ для всех } x \in P_i. \quad (3)$$

На основе данного метода создан программный продукт "Рейтинг" [5], который выполняет следующие функции: ввод оценок альтернатив; ввод оценок критериев; получение матрицы предпочтений альтернатив; расчет порога предпочтения; расчет и вывод рейтинговых оценок альтернатив

Требования к компьютеру и программному обеспечению: тип ЭВМ - IBM PC AT Pentium 100; язык - Delphi 3; ОС - Windows 95; объем программы - 366 Кбайт.



Схема основных этапов работы с программой

Апробация модели.

Рассчитаем оценки конкурентоспособности шахтных крепей с помощью модели рейтинговой оценки альтернатив и программы "Рейтинг". Оценку производили десять экспертов (x_i). Оценивались следующие марки шахтных крепей (альтернатив): z_1 – М -138 /2 (ООО «Юргинский машзавод», z_2 – Фазос 25/53 Poz (Польша), z_3 – 1УКП (Украина), z_4 – JOY (США). Продукция оценивалась по следующим критериям: u_1 - «значимость технического решения» Зтр [3], u_2 - «финансовый приоритет от выпуска продукции» Фп, u_3 -«эффективность сбыта продукции» Эс, u_4 - «эффективность производства продукции» Эп. Матрица нечеткого бинарного отношения будет иметь вид:

$$R = \begin{matrix} & \begin{matrix} u_1 & u_2 & u_3 & u_4 \end{matrix} \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \\ x_7 \\ x_8 \\ x_9 \\ x_{10} \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0,8 & 0,4 & 0,5 & 0,9 \\ 0,7 & 0,3 & 0,4 & 0,8 \\ 0,5 & 0,8 & 0,8 & 0,2 \\ 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 \\ 0,6 & 0,7 & 0,8 & 0,5 \\ 0,1 & 0,1 & 0,1 & 0,1 \end{bmatrix} \end{matrix} .$$

В этой матрице элементы каждой строки выражают относительные степени важности признаков в принятии экспертом решения о присвоении рейтинговой оценки. Чем выше значения, тем более важен признак. Например, для экспертов x_1, x_2, x_3, x_4 признаки с наибольшими значениями не только важны сами по себе, но это единственные признаки, которые учитываются ими при принятии решения. С другой стороны, для эксперта x_4 важны все признаки.

Пусть элементы каждого столбца матрицы S представляют степени принадлежности или совместимости альтернативы с соответствующими признаками.

$$S = \begin{matrix} & z_1 & z_2 & z_3 & z_4 \\ \begin{matrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0,9 & 0,1 & 0,5 & 0,7 \\ 0,5 & 0,9 & 0,6 & 0,6 \\ 0,4 & 0,9 & 0,5 & 0,4 \\ 0,8 & 0,1 & 0,5 & 0,6 \end{bmatrix} \end{matrix} .$$

Например, z_1 может характеризоваться как продукция высокого качества, произведенная в условиях высокоэффективного производства, но со средним финансовым приоритетом для инвестора и низкой эффективностью сбыта. В то же время альтернатива z_2 может рассматриваться как продукция очень низкого качества, с низкой эффективностью производства, но с очень высоким финансовым приоритетом и с очень высокой эффективностью сбыта.

Применяя уравнение (1), получаем матрицу:

$$T = \begin{matrix} & z_1 & z_2 & z_3 & z_4 \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \\ x_7 \\ x_8 \\ x_9 \\ x_{10} \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0,5 & 0,9 & 0,6 & 0,6 \\ 0,4 & 0,9 & 0,5 & 0,4 \\ 0,8 & 0,1 & 0,5 & 0,6 \\ 0,65 & 0,5 & 0,525 & 0,575 \\ 0,708 & 0,377 & 0,515 & 0,592 \\ 0,718 & 0,355 & 0,514 & 0,595 \\ 0,578 & 0,657 & 0,535 & 0,552 \\ 0,65 & 0,5 & 0,525 & 0,575 \\ 0,619 & 0,562 & 0,527 & 0,562 \\ 0,65 & 0,5 & 0,525 & 0,575 \end{bmatrix} \end{matrix} .$$

Наконец, из матрицы T получаем матрицу:

$$W = \begin{bmatrix} 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,6 & 0,6 & 0,6 \\ 0,4 & 0,4 & 0,4 & 0,5 & 0,4 & 0,4 \\ 0,1 & 0,5 & 0,6 & 0,1 & 0,1 & 0,5 \\ 0,5 & 0,525 & 0,575 & 0,5 & 0,5 & 0,525 \\ 0,377 & 0,515 & 0,592 & 0,377 & 0,377 & 0,515 \\ 0,355 & 0,514 & 0,595 & 0,355 & 0,355 & 0,514 \\ 0,578 & 0,535 & 0,552 & 0,535 & 0,552 & 0,535 \\ 0,5 & 0,525 & 0,575 & 0,5 & 0,5 & 0,525 \\ 0,562 & 0,527 & 0,562 & 0,527 & 0,562 & 0,527 \\ 0,5 & 0,525 & 0,575 & 0,5 & 0,5 & 0,525 \end{bmatrix}$$

Используя матрицу W, имеем

$$\max_x \min [\mu_{A1}(x, z_1), \mu_{A2}(x, z_2)] = 0,578;$$

$$\max_x \min [\mu_{A1}(x, z_1), \mu_{A3}(x, z_3)] = 0,535;$$

$$\max_x \min [\mu_{A1}(x, z_1), \mu_{A4}(x, z_4)] = 0,7;$$

$$\max_x \min [\mu_{A2}(x, z_2), \mu_{A3}(x, z_3)] = 0,6;$$

$$\max_x \min [\mu_{A2}(x, z_2), \mu_{A4}(x, z_4)] = 0,6;$$

$$\max_x \min [\mu_{A3}(x, z_3), \mu_{A4}(x, z_4)] = 0,6.$$

Очевидно, что 0,535 – минимальная из подсчитанных величин. Теперь из матрицы T выбрав для w наибольшее возможное значение, которое меньше 0,535 и получим, что $w = 0,527$. Применяя это значение в качестве порога различения, определим следующие совокупности экспертных оценок для альтернатив:

$$P_1 = \{x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}\};$$

$$P_2 = \{x_1, x_2, x_7, x_9\};$$

$$P_3 = \{x_1, x_7, x_9\};$$

$$P_4 = \{x_1, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}\}.$$

Вследствие особенностей продукции z_2 , которые отмечались ранее, ее предпочитает небольшое число экспертов, которые придают большое значение "высокому финансовому приоритету" и "высокой эффективности сбыта". С этих двух позиций продукция z_2 для экспертов x_1, x_2, x_7, x_9 является "наиболее конкурентоспособной". Общая низкая совместимость продукции z_3 со всеми четырьмя признаками также ограничивает степень ее предпочтительности. Хотя альтернативы продукции z_1 и z_4 схожи по своим совокупностям экспертных оценок, высокая степень совместимости продукции z_1 с признаками "высокое качество наукоемкой продукции" и "высокая эффективность производства" делает ее более предпочтительным. Она и будет занимать верхнюю строчку в рейтинге конкурентоспособных альтернатив продукции.

$$R_{cp}(z_1) = 0,5373; R_{cp}(z_2) = 0,2516; R_{cp}(z_3) = 0,1385; R_{cp}(z_4) = 0,5226.$$

Выявлено, что используемые критерии оценки в разной степени влияют на итоговое значение соответствующего показателя (рейтинга) конкурентоспособности продукции: чем выше оценка критерия предпочтения, тем выше рейтинговая оценка альтернативы, следовательно, выше конкурентоспособность данной альтернативы. Иными словами, производитель должен обеспечивать в первую очередь выполнение показателей тех критериев оценки интегрального показателя конкурентоспособности, которые имеют наивысшие рейтинги.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Потресов Д.К. Проблемы информационных технологий в горном деле // Программные продукты и системы. М., 2008, № 3. – С.5-8.
2. Григорьева А.А., Ямпольский В.З., Осипов Ю.М. Универсальная модель определения конкурентоспособности предприятия методами теории нечетких множеств // Автоматизация и современные технологии. - М., 2001, № 7. – С.42-43.
3. Осипов Ю.М. Показатель "значимость технического решения" имитационной модели АСУ конкурентоспособностью продукции. // Автоматизация и современные технологии. М., 1994, №3. –С.33 - 35.
4. Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения: Пер. с англ./ Под. ред. Р.Р. Ягера. М.: Радио и связь, 1986.
5. Григорьева А.А., Осипов Ю.М. Программа "Рейтинг" // ВНИИЦ, рег.№ 502000000154. 

Коротко об авторах

Григорьева А.А. – кандидат технических наук,
 Захарова А.А. – кандидат технических наук,
 Бурков П.В. – кандидат технических наук,
 Григорьева А.П. – студентка,
 Бурков В.П. – студент,
 Юргинский технологический институт (филиал)
 Томского политехнического университета, wh13@bk



ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ) ТОМСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА			
КАЗАНЦЕВ Антон Александрович	Повышение эффективности передачи энергии ударных импульсов по стволу штанг при бурении скважин малых диаметров	05.05.06	к.т.н.