ISSN 0135-3500. Записки Санкт-Петербургского государственного горного института.
1994. Том 139

УДК 622.33.3

О.В.КОВАЛЕВ, О.Л.КАЗАНИН

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ОЧИСТНЫХ ЗАБОЕВ НА ШАХТАХ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ "ВОРКУТАУГОЛЬ"

Приводятся возможные направления решения актуальной для горного производства задачи, касающейся получения ответов на вопросы целесообразного развития фронта очистных работ на шахтах. Предложено использовать принципы регрессионного анализа при построении математических моделей указанного процесса, приведены регрессионные уравнения для условий шахтных полей Воркутинского месторождения. Отмечена возможность использования данного принципа при выборе эффективных решений планирования горных работ при выемке оставшихся запасов месторождения с учетом основных горно-геологических факторов разработки.

Семь из девяти шахт, отрабатывающих Воркутинское месторождение, производят выемку пластов Мощный, Тройной, Четвертый и Пятый Рудницкой подсвиты. Сближенность пластов, осложнение горно-геологических условий с ростом глубины разработки, приближение горных работ к донной части Воркутинской мульды вызвало необходимость более обоснованного решения вопросов развития фронта очистных работ на шахтах.

На первом этапе решения этой задачи оценивалась степень влияния различных горно-геологических и горно-технических факторов на технико-экономические показатели работы очистных забоев. В качестве исходных данных для анализа использовались результаты наблюдений за работой очистных забоев на пластах Мощный, Тройной, Четвертый и Пятый в условиях шахт "Воркутинская", "Северная", "Комсомольская" и "Заполярная". Выбор именно этих шахт обеспечивает наибольшее факторное пространство при минимальном объеме наблюдений. С 1988 по 1992 годы поквартально по каждому очистному забою фиксировались горно-геологические и горно-технические условия работы, а также достигнутые технико-экономические показатели.

Результаты наблюдений представляют собой матрицу "объект - свойство" вида

$$x = x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n,$$

в которой x_i - вектор значений анализируемых признаков $x^{(1)}, x^{(2)}, x^{(3)}, \ldots, x^{(8)}$, зарегистрированных на i-м очистном забое; $x^{(1)}$ - мощность пласта, м; $x^{(2)}$ - угол падения пласта, град.; $x^{(3)}$ - угол между линией простирания пласта и направлением подвигания очистного забоя, град.; $x^{(4)}$ - длина лавы, м; $x^{(5)}$ - высотная отметка стратоизогипсы кровли пласта, м; $x^{(6)}$ - суточная нагрузка на очистной забой в среднем за квартал, т; $x^{(7)}$ - участковая себестоимость за квартал, руб./т; $x^{(8)}$ - производительность труда рабочего по добыче, т/выход.

Таким образом, для очистных забоев имеется как "входящая" $(x^{(1)}, \ldots, x^{(5)})$, так и "выходящая" $(x^{(6)}, \ldots, x^{(8)})$ информация. Для статистического анализа информации, представленной в таком виде, как известно,[x] рекомендуются следующие методы: отбор существенных предикторов в регрессионном анализе; отбор типообразующих признаков в дискриминантном анализе; методы латентно-структурного анализа, в том числе построение некоторой сводной латентной характеристики.

Целям наших исследований наиболее полно отвечает регрессионный анализ, дающий возможность не только оценить значимость предикторов, входящих в регрессионное уравнение, но и при помощи полученных уравнений при поступлении только "входных" данных нового очистного забоя с наибольшей точностью снабдить его значениями "выходящей" информации.

Для соблюдения качественной однородности данных очистные забои подразделяются на группы по признакам: пласт; шахта; тип механизированного комплекса. Внутри каждой группы признаки являются постоянными для всех очистных забоев. На всех шахтах обычно применяются столбовые системы разработки с повторным использованием конвейерной выработки, прямоточной схемой проветривания очистных забоев с выдачей исходящей струи в сторону выработанного пространства.

Значимость предикторов оценивалась по критерию Стьюдента (t-критерий), адекватность модели в целом - по критерию Фишера (F-критерий). Как видно из таблицы, линейные модели с достаточной точностью описывают взаимосвязь между предикторами и откликами (коэффициент корреляции для полной регрессии во всех случаях превышает 0,9).

Анализ значимости членов уравнений регрессии показал, что практически во всех случаях (за исключением пласта Мощного) незначимыми по критерию Стьюдента являются факторы $x^{(1)}$ и $x^{(3)}$, т.е. мощность пласта и угол между линией простирания и направлением подвигания очистного забоя. Незначимость $x^{(1)}$ объясняется тем, что пласты Четвертый и Тройной являются выдержанными по мощности, здесь колебания мощности незначительно отражаются на результатах работы очистных забоев. Этот показатель может быть исключен из уравнения регрессии без ущерба для ее точности и адек-

---

[x] Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности: Справ. изд. / С.А.Айвазян, В.М.Бухштабер, И.С.Енюков, Л.Д.Мешалкин; Под ред. С.А.Айвазяна. М.: Финансы и статистика, 1989.

Регрессионные модели работы очистных забоев шахты "Комсомольская"

Вид отклика	$x^{(1)}$	$x^{(2)}$	$x^{(3)}$	$x^{(4)}$	$x^{(5)}$	t -критерий (табличный)	F -критерий фактический	F -критерий критический	Коэффициент корреляции для полной регрессии
				Пласт Четвертый, комплекс КМТ					
$x^{(6)}$	513,6 (0,84)	126,9 (4,91)	-1,55 (-0,32)	-12,9 (-3,75)	2,88 (2,42)	1,7	381	2,6	0,994
$x^{(7)}$	1,42 (0,21)	-0,98 (-3,41)	-0,086 (-1,60)	0,158 (4,11)	-0,029 (-2,19)	1,7	29	2,6	0,901
$x^{(8)}$	-15,22 (-0,9)	2,37 (3,31)	-0,01 (-0,08)	-0,08 (-0,09)	0,056 (1,69)	1,7	113	2,6	0,980
				Пласт Тройной, комплекс ОКП-10					
$x^{(6)}$	4182,1 (1,81)	-0,68 (-0,24)	-14,85 (-0,64)	-26,97 (-1,64)	-6,3 (-1,11)	1,8	64	3,4	0,978
$x^{(7)}$	-4,7 (-0,56)	-0,002 (-0,16)	0,114 (1,33)	0,046 (0,77)	0,008 (0,41)	1,8	16	3,5	0,917
$x^{(8)}$	92,28 (2,5)	-0,03 (-0,63)	0,125 (0,34)	-0,61 (-2,33)	-0,14 (-1,56)	1,8	96	3,5	0,986
				Пласт Мощный, комплекс 2УКП					
$x^{(6)}$	-1198,0 (-3,26)	46,13 (1,85)	5,82 (1,57)	1,93 (0,30)	7,46 (3,46)	1,7	154	2,7	0,986
$x^{(7)}$	2,83 (3,12)	-0,08 (-1,26)	-0,02 (-2,29)	0,28 (2,31)	-0,014 (-2,61)	1,7	54	2,7	0,961
$x^{(8)}$	-7,03 (-0,76)	-0,27 (-0,43)	-0,016 (-0,17)	0,183 (1,46)	0,053 (0,98)	1,7	88	2,7	0,976

Примечание. В скобках указаны расчетные значения критерия Стьюдента.

ватности. Незначимость параметра $x^{(3)}$ говорит о том, что при углах падения пластов от 0 до 10^0 направление подвигания очистных забоев в поле шахты "Комсомольская" (по простиранию, падению или под углом к простиранию) не оказывает существенного влияния на технико-экономические показатели работы лав. Это обстоятельство целесообразно учитывать при планировании развития горных работ на оставшейся части шахтного поля. Значимость других членов уравнений регрессии изменяется по пластам в зависимости от вида отклика ($x^{(6)}, x^{(7)}$) или $x^{(8)}$.

Проведенные исследования показали эффективность использования методов регрессионного анализа для получения информации, позволяющей более обосно-

ванно решать вопросы развития горных работ на шахтах. Полученные уравнения позволяют также оценить, насколько рационально раскроено месторождение, утверждены границы шахтных полей, какая из шахт обеспечит наилучшие технико-экономические показатели при выемке оставшихся запасов данной части мульды. Предлагаемый подход к решению вопросов развития горных работ как на отдельных шахтах, так и в целом по Воркутинскому месторождению может быть использован в условиях других угольных месторождений.