

УДК 622.013

А.С. Малкин, В.В. Агафонов

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОЩНОСТИ ШАХТЫ

Приводятся результаты интегральной оценки главных компонент (горно-геологические условия, уровень производственно-технических условий, уровень схем вскрытия и подготовки, технической оснащённости технологии), влияющих на величину производственной мощности шахты.

Ключевые слова: угольная шахты, интегральная оценка, главная компонента, факторный анализ, производственная мощность.

Для анализа эффективности производственно-хозяйственной деятельности горнодобывающих предприятий, согласно данным статистической отчетности, используется значительный перечень и номенклатура технико-экономических, горнотехнических, геологических и социально-экономических показателей. Исследованиями различных авторов, проведенных в разное время, доказано существование более или менее тесных взаимосвязей между ними, что говорит о том, что все показатели в различной мере и с различной теснотой связи взаимосвязаны друг с другом.

Исследование метода множественных регрессий для анализа совместного влияния нескольких факторов x_i на формирование исследуемого показателя Y , при этом ограниченного жесткими условиями следующего рода: — полиномиальные и степенные уравнения множественной регрессии путем логарифмирования и подстановки преобразуются в линейные, что связано с мультиколлинеарностью, — при этом единственный метод, применение которого указанными ограничениями не лимитировано — метод главных компонент.

Процедура реализации этого метода позволяет любой показатель, участвующий в факторном анализе, вычленив из общей совокупности в качестве анализируемого с учетом влияния на его формирование всех прочих значимых показателей.

В связи с этим, разные показатели и параметры могут влиять на итоговое формирование анализируемого в противоположных направлениях, т.е. оказывать либо стабилизирующее, либо разрушающее действие (вклад).

При этом предполагается, что направление воздействия некоторых показателей совпадает, образуя отдельные группы.

Геолого-техничко-экономические показатели главных компонент отличаются противоречивостью. Было бы тривиально делать выводы, когда все геолого-техничко-экономические показатели лучше (хуже), чем у эталонного образца. В действительности такое положение бывает редко. В большинстве случаев фактические показатели превосходят эталонный (базовый), а по другим, наоборот, преимущество имеет эталонный проект (объект). В этих случаях экспертиза должна свести противополож-

ные группы показателей сравнительных оценок к единому обоснованному заключению.

Задачу сравнительной интегральной оценки геолого-техничко-экономического качества главных компонент факторного анализа можно сформулировать следующим образом. Пусть главная компонента характеризуется комплексом показателей-критериев геолого-техничко-экономического качества.

Оценивают n компонент с аналогичным комплексом показателей — критериев эффективности $\{J_i\} = \{J_1, J_2, \dots, J_m\}$. Формируют прямоугольную матрицу A из показателей размером $m \times n$ (m — число учитываемых показателей).

Каждый вектор-столбец $\{J_{ij}\}$ соответствует одному и тому же набору показателей главной компоненты. Для принятия решения по совокупной оценке главных компонент требуется вычислить для каждой из них значение некоторого функционала $K_{инт.j} = f\{J_{ij}\}$ множества частных показателей, по уровню которых составляют убывающий или возрастающий ряд сравниваемых компонент:

$$K_{инт.1} \leq K_{инт.2} \leq \dots \leq K_{инт.j} \leq \dots \leq K_{инт.n}.$$

Сущность метода сводится к следующим основным моментам. Составляют условный эталон-проект, имеющий самые высокие прогрессивные и экономичные показатели.

В связи с тем, что горно-геологические характеристики и технико-экономические показатели шахт разнородны и имеют различную размерность, предусмотрено приведение показателей к безразмерной, относительной форме. Его осуществляют с помощью относительного отклонения, определяемого по формуле

$$\delta_{ij} = \frac{|J_i^{э\tau} - J_{ij}^{\phi}|}{J_i^{\max} + J_i^{\min}},$$

где $J_i^{э\tau}$, J_{ij}^{ϕ} , J_i^{\max} и J_i^{\min} — соответственно эталонные, фактические, максимальные и минимальные значения показателей эффективности проектов шахт.

Для решения практических задач в области интегральной оценки проектов необходимо правильно выбрать вид суммирующей функции $K_{инт.j}$. Выбор этой функции, позволяющей свести относительные отклонения у любого из проектов к единому многомерному функционалу — интегральному показателю $K_{инт.}$ определен законом распределения относительных отклонений по строкам и столбцам матрицы. Нормальный закон распределения относительных отклонений в матрице позволяет принять в качестве суммирующей квадратичную среднеарифметическую функцию

$$K_{инт.j} = f\{\delta_{ij}\} = \sqrt{\sum_{i=1}^m (\delta_{ij})^2} \rightarrow \min,$$

где $i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$.

В интегральную оценку главных компонент факторного анализа были вовлечены главные компоненты F_1, F_2, F_3 и F_4 со следующими наборами частных показателей-критериев оценки (табл. 1, 2, 3 и 4). Некоторые матрицы главных компонент были дополнены показателями второстепенного плана для увеличения объективности и надежности оценки более 90 единиц шахтного фонда угольных компаний России.

Объединяя разнородные и различные по своей сущности показатели-критерии оценки главных компонент, интегральные функционалы являются обобщающими синтетическими показателями — в связи с этим правомерна постановка задачи выявления их влияния на такие важнейшие

Таблица 1

Матрица факторных нагрузок a_{ij} компоненты F_1

X	Признаки	Факторная нагрузка компоненты F_1
x_1	Среднединамическая мощность пластов	0,9
x_3	Объем промышленных запасов	0,97
x_4	Число рабочих пластов	0,73
x_6	Среднединамический угол падения	-0,64
x_7	Среднединамическая глубина разработки	-0,76
x_8	Газообильность шахты	-0,84
x_9	Нарушенность запасов угольных пластов	-0,68
x_{10}	Водообильность месторождения	-0,70
Вклад в дисперсию V , %		38,4

Таблица 2

Матрица факторных нагрузок a_{ij} компоненты F_2

X	Признаки	Факторная нагрузка компоненты F_2
x_{17}	Энерговооруженность труда	0,93
x_{18}	Удельный вес добычи из КМЗ	0,78
x_{20}	Уровень комбайновой проходки подготовительных выработок	0,67
x_{21}	Среднедействующая линия очистных забоев	0,85
x_{22}	Коэффициент резерва подготовленности запасов	0,66
x_{24}	Удельная протяженность транспортных магистралей	-0,81
x_{25}	Трудность проветривания шахты	-0,79
x_{26}	Удельный объем проводимых горных выработок	-0,75
x_{27}	Удельная протяженность проводимых горных выработок	-0,72
x_{60}	Уровень конвейеризации транспорта	0,78
x_{63}	Удельный вес прогрессивных систем разработки	0,75
Вклад в дисперсию V , %		30,42

технико-экономические показатели, как производственная мощность шахты, производительность труда и себестоимость добычи, — при этом безусловно, превалирующим является установление зависимостей главных компонент факторного анализа (характеризует горно-геологические, производственно-технические условия добычи, технический уровень схем вскрытия и подготовки, уровень технической оснащенности технологии) на производственную мощность шахты.

С этой целью был использован программный модуль корреляционно-анализа из библиотеки прикладных программ корреляционно-регрессионного анализа. Достаточно высокие

коэффициенты парных корреляционных моделей (0,82—0,96) позволяют утверждать о достаточной объективности и надежности проведенного корреляционного анализа.

Анализируя вышеприведенные зависимости можно сделать следующие обобщающие выводы:

- главная компонента F_1 — матрица горно-геологических условий эксплуатации — с основной тенденцией снижение технологичности горно-геологических условий эксплуатации ($K_{\text{инт}}^{\text{Г.Г.}} \rightarrow \max$) и также наблюдается тенденция снижения производственной мощности шахт;

Таблица 3

Матрица факторных нагрузок a_{ij} компоненты F_3

х	Признаки	Факторная нагрузка компоненты F_3
x_{37}	Продуктивность схем вскрытия и подготовки по запасам	0,92
x_{38}	Продуктивность схем вскрытия и подготовки по добыче	0,98
x_{39}	Годовая продуктивность транспортных магистралей	0,73
x_{40}	Годовая продуктивность вентиляционных магистралей	0,75
x_{41}	Показатель общей приемной емкости технологической схемы	0,81
x_{42}	Годовая продуктивность использования зданий и сооружений	0,85
x_{43}	Показатель резерва схем вскрытия-подъема по транспорту-подъему	0,66
x_{44}	Показатель резерва схем вскрытия-подъема по вентиляции	0,64
x_{45}	Показатель потерь угля, связанного со схемой вскрытия и подготовки	0,78
Вклад в дисперсию V , %		12,8

Таблица 4

Матрица факторных нагрузок a_{ij} компоненты F_4

Х	Признаки	Факторная нагрузка компоненты F_4
x_{46}	Энерговооруженность труда	0,65
x_{47}	Машинное время	0,97
x_{48}	Среднемесячное подвигание линии очистных забоев	0,81
x_{49}	Энергоемкость добычи	0,75
x_{50}	Темпы проведения подготовительных выработок	0,71
Вклад в дисперсию V , %		11,4

• главная компонента F_2 — матрица производственно-технических условий эксплуатации — с основной тенденцией ухудшения уровня производственно-технических условий ($K_{инт}^{П.Т.УС} \rightarrow \max$); аналогично прослеживается тенденция снижения производственной мощности.

• главная компонента F_3 — матрица технического уровня схем вскрытия и подготовки шахтных и выемочных полей — с основной тенденцией роста технического уровня схем вскрытия и подготовки ($K_{инт}^{В.П.} \rightarrow \min$) наблюдается устойчивая тенден-

ция роста производственной мощности шахт;

• главная компонента F_4 — матрица технической оснащенности технологии (научно-технического прогресса) — с основной тенденцией роста научно-технического прогресса ($K_{инт}^{Н.Т.П.} \rightarrow \min$) наблюдается устойчивая тенденция роста производственной мощности.

Таким образом, матрицы F_1 и F_2 можно обозначить как разрушающие, а F_3 и F_4 — как стабилизирующие в формировании определенной величины производственной мощности. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Малкин А.С. — доктор технических наук, преподаватель,
Агафонов В.В. — доктор технических наук,
Московский государственный горный университет,
Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru