

УДК 622. 235.012.3(047)(476)

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ КАРЬЕРОВ

Оника С.Г., Халявкин Ф.Г., Ковалева И.М. (Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь), Куликовская О.Е. (Криворожский национальный университет, г. Кривой Рог, Украина)

В статье приведены результаты применения геоинформационной системы в практике проектирования карьеров строительных горных пород, представлены результаты моделирования поверхностей, имеющих сложную форму.

Введение

Значительное место в проектной документации, подготавливаемой при строительстве и эксплуатации карьеров, занимают графические приложения, с помощью которых представляют условия залегания месторождений и важнейшие инженерные решения, требующие иллюстрации: календарный план горных работ, план карьера в отработанном виде и другие документы. Построение значительной части чертежей основывается на сложных расчетах (в частности, гипсометрических планов месторождения), и их эффективное выполнение требует применения современных подходов, основой которых могут быть геоинформационные системы (ГИС).

Внедрение в проектную практику ГИС позволяет ускорить процесс обработки информации, повысить оперативность и точность принимаемых решений в задачах формирования двух- и трехмерных моделей залежей полезных ископаемых, подсчета объемов вскрышных пород и полезного ископаемого, планирования горных работ.

Основная часть

К числу простых и в то же время эффективных геоинформационных систем, используемых для решения указанных выше задач, относится программный комплекс SURFER американской фирмы Golden Software [1].

Моделирование залежи в ГИС включает в себя построение цифровых моделей поверхностей, к которым можно отнести кровлю и почву залежи, поверхность месторождения, планы изомощностей вскрышных пород и полезного ископаемого.

В процессе создания цифровой модели ввод данных разведочных выработок осуществляется различными способами. Ввод данных возможен непосредственно в рабочий лист Surfer или в электронную таблицу других программ (Excel, Lotus 1-2-3) с последующим импортом в рабочий лист [2]. Размещение данных в рабочий лист Surfer возможен также из текстовых редакторов через буфер обмена. Применяемые технологии отличаются простотой, удобством редактирования информации, многообразием вариантов ввода. Сформированные файлы имеют расширение *.dat и в дальнейшем служат основой для создания сеточной модели поверхности (рисунок 1).

Создание сеточной модели поверхности является вторым важным этапом цифрового моделирования залежи. Сеточные модели создавались нами при проектировании разработки целого ряда месторождений или их участков: участок Шалыги-3, месторождение песка Хабище, Обуховичи-2, месторождения ПГС Боруны, Неволожское и др.

C20						
	A	B	C	D	E	F
1	X	Y	Z			
2	89309.442	35992.430	129.7			
3	89350.207	35974.414	121.5			
4	89394.475	35951.968	124.7			
5	89291.712	35879.291	132.8			
6	89334.459	35869.031	126.4			
7	89380.296	35861.771	136.1			
8	89225.082	35839.341	137.6			
9	89160.341	35798.229	135.4			
10	89279.821	35775.781	127.4			
11	89336.511	35770.552	133.9			
12	89377.588	35759.282	132.4			

Рисунок 1 – Структура файла вводимых данных месторождения песка Хабище (*.dat)

Построение сеточных моделей выполняется с использованием геостатистических методов: Криге, радиальных базисных функции и др., широко используемых в науках о Земле.

Метод Криге представляет собой метод локальной интерполяции, согласно которому значение $Z(x)$ вычисляется как средневзвешенное известных значений Z_i в ближайших скважинах [3, 4]:

$$Z(x) = \sum_{i=1}^k w_i \cdot Z_i,$$

где x – номер точки (узла) интерполяции;

w_i – поправочные коэффициенты значений Z_i , учитывающие близость каждого из узлов i к точке x ;

k – количество узлов (скважин), принимаемых для расчета интерполяционной функции.

Весовые коэффициенты определяются из эмпирической полувариограммы, которая вычисляется по формуле:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n_h} \sum_{i=1}^{n-h} (Z_i(x) - Z_i(x+h))^2,$$

где Z_i – значение поля геологического параметра, взятое в точке i ;

Z_{i+h} – другое значение, взятое через интервал h .

Другими словами, найдена сумма квадратов разностей между значениями поля геологического параметра в паре точек, разделенных расстоянием h . Число точек равно n , так что число сравнений между парами точек есть $n-h$.

В методе радиальных базисных функций искомая функция находится как линейная комбинация набора радиальных базисных функций [5, 6]:

$$S(x, y) = a + \sum_{i=1}^n \mu_i R_i(x, y),$$

где a – константа;

i – индекс точки измерений;

μ_i – неизвестные коэффициенты;

$R_i(x, y)$ – базисные функции, зависящие от расстояния точки (x, y) до i -ой точки наблюдения.

Существуют несколько типов базисных функций, наиболее часто используется – мультиквадратичная (Multiquadric) $R(x, y) = \sqrt{x^2 + y^2}$.

Сеточная модель подошвы участка карьера Обуховичи-2 построена по данным, введенным в рабочий лист с помощью метода Криге, имеет вид, приведенный на рисунке 2.

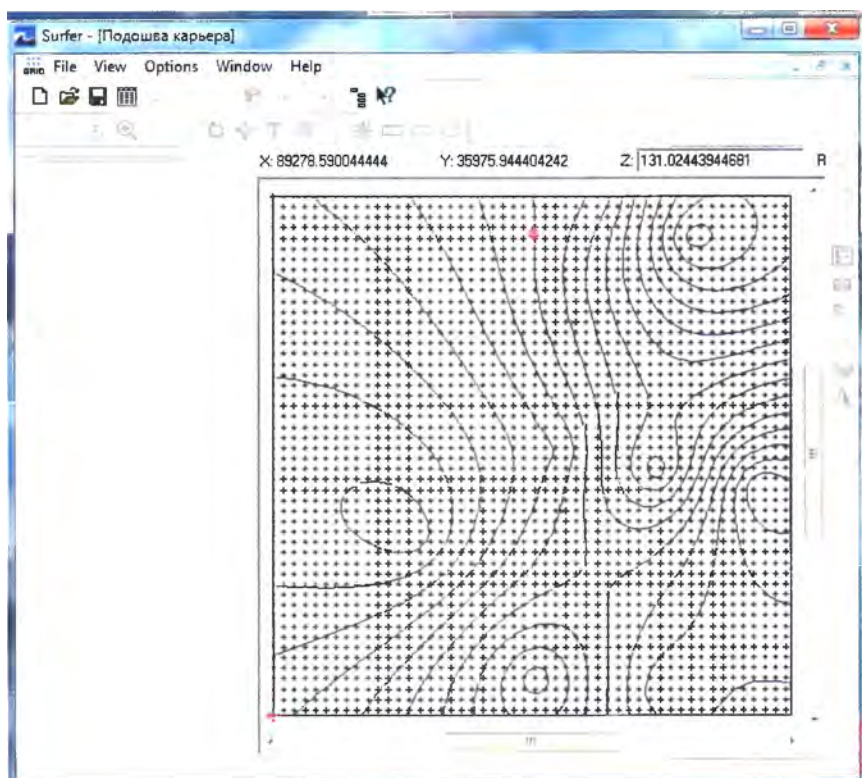


Рисунок 2 – Сеточная модель подошвы участка карьера Обуховичи-2

Фрагмент отчета программы о формировании модели дна карьера имеет вид:

Gridding Report
Planar Regression: $Z = AX + BY + C$
Fitted Parameters

	A	B	C
Parameter Value:	-0.0063507785997719	-0.015201567722862	1116.2593329748
Standard Error:	0.0085539537710305	0.0073055053864317	734.46347647749

Визуализация подошвы карьера может быть выполнена в режиме контурной карты, а также может быть представлена каркасной картой или картой с теневым рельефом, возможно трехмерное представление поверхности. На рисунке 3 показаны варианты плоского и объемного представления дна карьера. Полученные данные используются для построения плана карьера в конечном положении (плана карьера в отработанном виде).

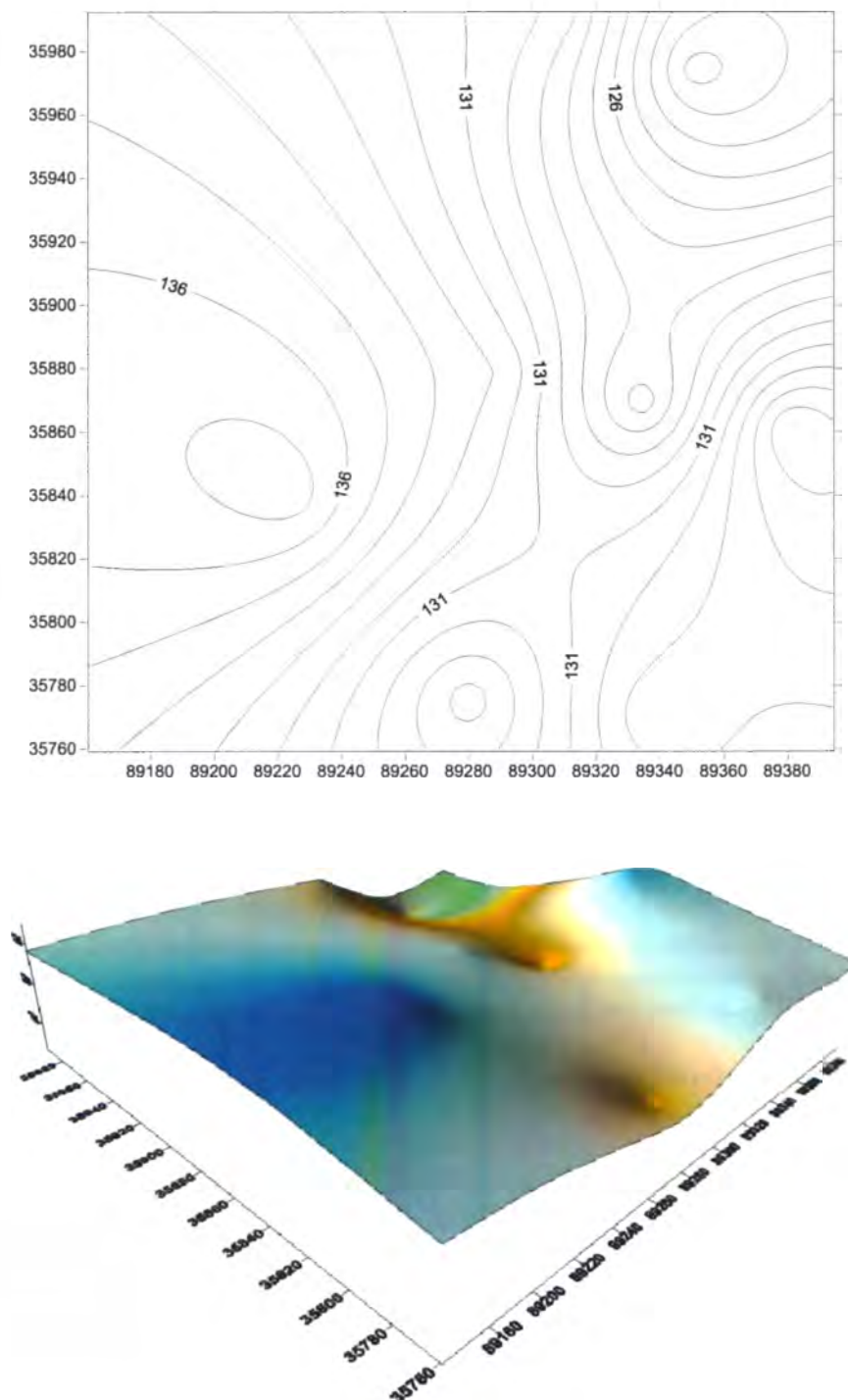


Рисунок 3 – Плоское и объемное представление дна карьера

Использование ГИС не ограничивается моделированием поверхностей, имеющих сложную форму. ГИС эффективно применяются для визуализации пространственно распределенных данных, связанных с качеством полезного ископаемого, для определения объемов вскрыши и полезного ископаемого в заданных границах, определения объемов выемки и насыпи при горнотехнической рекультивации нарушенных поверхностей, при подсчете запасов жидких тел и газосодержащих тел.

Заключение

Геоинформационные системы в настоящее время являются основным инструментом моделирования пространственно распределенных данных в различных областях, в том числе, в науках о Земле.

Непревзойденным достоинством ГИС являются заложенные в них алгоритмы интерполяции, которые позволяют с высоким качеством создавать цифровые модели поверхности в виде сеточных функций по неравномерно распределенным в пространстве данным. Они находят все более широкое применение в геологической и горной науке и, в частности, для визуального представления различного рода поверхностей, подсчета запасов полезного ископаемого и объемов горных работ.

Список использованных источников

1. **Аронов, В.И.** Методы построения карт геолого-геофизических признаков и геометризация залежей нефти и газа на ЭВМ / В.И. Аронов. – М.: Недра, 1990. – 303 с.
2. **Волков, А.М.** Геологическое картирование нефтегазоносных территорий с помощью ЭВМ / А.М. Волков. – М.: Недра, 1998. – 222 с.
3. **Дэвис, Дж.С.** Статистический анализ данных в геологии / Дж.С. Дэвис. – М.: Недра, 1990. – Т. 1, 2.
4. **Каждан, А.Б.** Математическое моделирование в геологии и разведке полезных ископаемых / А.Б. Каждан. – М.: Недра, 1979. – 168 с.
5. **Каждан, А.Б.** Математические методы в геологии / А.Б. Каждан, О.И. Гуськов. – М.: Недра, 1990. – 326 с.
6. **Иванова, М.М.** Нефтепромысловая геология / М.М. Иванова, И.П. Чоловский, Ю.И. Брагин. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2000. – 414 с.

Onika S.G., Khalyavkin F.G., Kovaleva I.M., Kulikovskaya O.Ye.

Geographic informational support in decision-making at building designing and exploitation of quarries

The paper presents the results of the application of geographic information system in the practice of designing building rock quarries. The results of modeling surfaces having a complex shape are stated.

Поступила в редакцию 13.11.2014 г.