

Вариант использования математико-картографических моделей в геологических исследованиях представил В. М. Прилепин. Он показал высокую эффективность таких исследований для изучения и прогноза закономерностей формирования подземного стока.

Подводя итоги заседания, А. М. Берлянт отметил, что конференция — это

не только дань памяти и уважения ученому, но и желание оглядеть достигнутое, а главное наметить пути продвижения вперед по тому направлению в картографии, которому Сергей Николаевич Сербенюк отдал лучшие силы своего научного интеллекта и незаурядные организационные способности.

УДК 528.92.001.57

© С. Н. Сербенюк, С. М. Кошель,
О. Р. Мусин, 1991

ПРОГРАММЫ МАГ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ ГЕОПОЛЕЙ

С. Н. СЕРБЕНЮК, С. М. КОШЕЛЬ, О. Р. МУСИН

Основой представления данных в геоинформационных системах и их переработки для автоматизации картографических, карто- и морфометрических работ является цифровая модель — формализованное структурное описание географических объектов. Для создания и использования цифровых моделей требуется достаточно сложное математическое обеспечение.

Пакет программ МАГ, предназначенный для использования в картографии, географии, геологии, метеорологии, океанологии, автоматизированном проектировании, научных исследованиях и других областях, разрабатывался авторами на кафедре картографии и геоинформатики МГУ в 1985—1990 гг. Название МАГ можно расшифровать, например, как моделирование и автоматизация в географии, геодезии, геологии и др. Отдельные части пакета были реализованы сначала на разных языках (ФОРТРАН, АПЛ, ПЛ/М), его основные программы улучшались, дополнялись и тестировались на большом фактическом материале. Пакет использовался в целом ряде работ, ведущихся на кафедре. Среди них, в частности, составление оперативных карт радиоактивного загрязнения района Чернобыльской АЭС (1986), модели дна Каспийского моря (1987), цифровой модели поверхности Фобоса (1988) и др.

Основным принципом при разработке пакета программ была многовариантность. Это позволяет пользователю

самому выбирать ту или иную технологическую цепочку решения задачи, исходя из собственных экспериментов. Так, моделирование поверхности по произвольному набору опорных точек может быть проведено не одним, а совершенно разными пятью методами.

Программы пакета МАГ написаны на стандартном языке ФОРТРАН и не зависят от типа ЭВМ. Существует С-версия базового графического обеспечения, а в настоящее время планируются варианты на языках Паскаль и БЕЙСИК. Пакет МАГ состоит из пяти разделов: моделирование геополей, вычисления на основе моделей, сервисные и служебные программы, графические программы, базовое графическое обеспечение.

Моделирование геополей. Поверхность геополя (высота, глубина, температура, давление, показатель загрязнения и т. п.), представляемая в виде функции двух переменных, строится как по значениям в точках, расположенных регулярно (в узлах прямоугольной сетки), так и в произвольных точках. В первом случае восстановление поверхности может быть проведено на основе бикубической сплайн-интерполяции, сглаживания с помощью В-сплайнов, билинейной и средневзвешенной интерполяции. В случае нерегулярного расположения точек моделирование может быть осуществлено с помощью аналитических сплайнов (D-сплайны), обобщенной средневзвешенной интерполяции, кусочно-полино-

миального сглаживания, полиномиальной интерполяции на основе триангуляции, трендовых поверхностей. Кроме того, параметры каждого метода могут варьироваться в зависимости от конкретной задачи. В работах [3, 4, 6] имеется подробное описание перечисленных методов моделирования и содержатся необходимые рекомендации и анализ.

Вычисления на основе моделей. Для функции $z=f(x, y)$ хорошо известны формулы для определения длины линии на поверхности, площади участка, объемов, углов наклона, экспозиций склонов и др. Если заданы значения $z(i, j)$ в узлах регулярной сетки, то определение этих характеристик сводится к применению стандартных методов вычислительной математики для подсчета производных и интегралов. Например, угол наклона поверхности равен $\arctg(|\text{grad } f(x, y)|)$, где $\text{grad } f(x, y) = (p^2 + q^2)^{1/2}$, а $p(x, y)$ и $q(x, y)$ — частные производные по x и y . После их определения вычисляются углы наклона в узлах регулярной сетки. Более подробно с этим можно познакомиться в работах [2, 5].

Программы этого раздела пакета МАГ позволяют определять указанные выше показатели, а также строить профили разрезов, вычислять основные статистические характеристики — наименьшее, наибольшее, среднее значения показателя, стандартное отклонение на всей сетке или в выделенной области. Кроме того, можно находить распределение показателя (гистограмму) и автоматически определять шкалу сечения поверхности так, чтобы площади между изолиниями были примерно равны.

Сюда включены и более сложные программы поиска критических точек поверхности (вершин, впадин, седловин), построения линий стока и структурных линий (тальвегов и водоразделов) на поверхности, вычисления расстояния и поиска кратчайшего пути между двумя точками.

Служебные и сервисные программы используются во многих программах других разделов пакета МАГ и позволяют интерполировать с помощью кубических сплайнов, сглаживать с помощью В-сплайнов, сортировать массивы чисел, определять принадлежность точки к одно- и многосвязной об-

ластям, решать системы линейных уравнений, осуществлять сингулярное разложение матрицы и т. д. Многие программы этого раздела самостоятельные и базируются на современных математических идеях и алгоритмах. Некоторые программы (решение систем линейных уравнений, сглаживание с помощью В-сплайнов и др.) основаны на известных алгоритмах [1, 7]. В других (проверка принадлежности точки, построение регулярной топографической сетки и т. д.) используются оригинальные разработки. Выбор алгоритма диктовался его быстротой действием и объемом памяти ЭВМ.

Графические программы пакета МАГ (см. рисунок) позволяют:

- вычерчивать (на основе цифровых моделей) изолинейные карты на прямоугольной или произвольной области с маркировкой линий уровня по картографическим стандартам;

- строить перспективные проекции поверхности (блок-диаграммы);

- вычерчивать схематические карты углов наклона и экспозиции склонов;

- выполнять штриховку по заданным образцам;

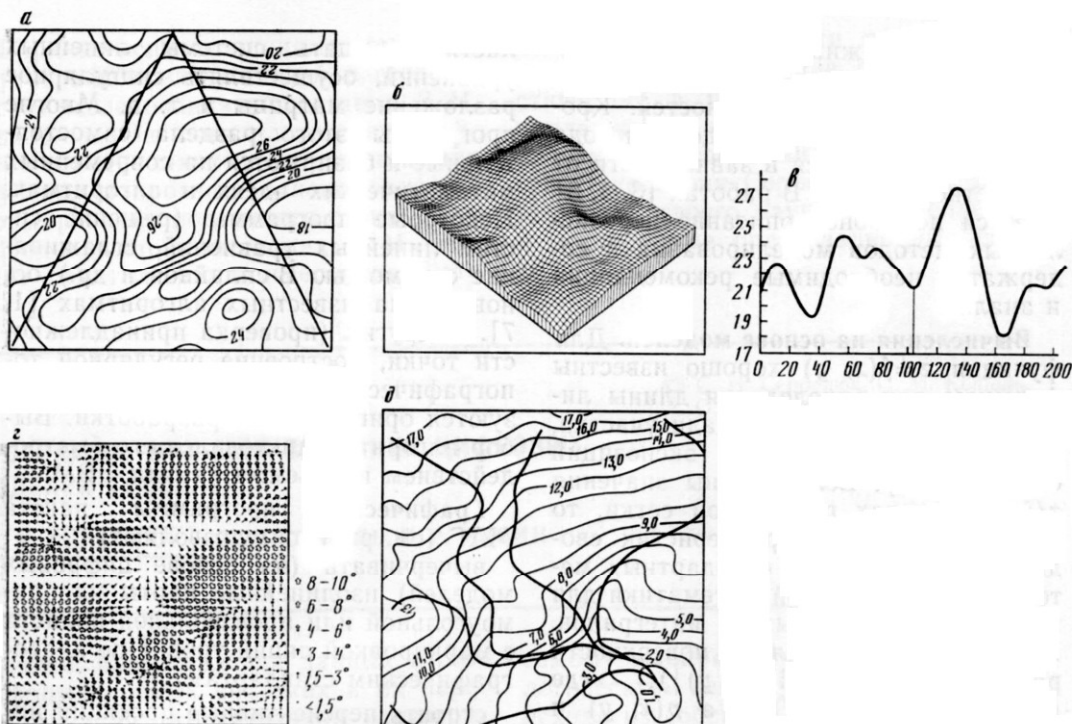
- заполнять области символами различного типа (качественный фон);

- вычерчивать (на основе цифровых моделей) структурные линии (тальвеги и водоразделы);

- чертить градуированные координатные оси и т. д.

Программы этого раздела опираются на базовое графическое обеспечение.

Базовое графическое обеспечение пакета МАГ является фактически графическим расширением языка программирования и позволяет создавать графические примитивы (отрезки, окружности, эллипсы, знаки, текст и т. д.) независимо от конкретного графического устройства вывода. Результатом работы этих программ является специальным образом закодированный файл графических данных (метафайл), который затем может быть отображен на любом графическом устройстве (видеотерминал, графопостроитель, графическое печатающее устройство) с помощью специальной программы МЕТАСОПУ. Отметим, что разработан ее вариант для ЭВМ, совместимых с IBM PC/AT.



Примеры работы графических программ пакета МАГ:

а — фрагмент карты в изолиниях; б — перспективная проекция; в — профиль (на а отмечена линия профиля); г — фрагмент схематической карты углов наклона и экспозиций склонов; д — эквидистанты от заданной точки и кратчайшие пути

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Де Бор К. Практическое руководство по сплайнам. — М.: Радио и связь, 1985. — 303 с.
2. Мусин О. Р., Новаковский Б. А., Сербенюк С. Н. Автоматизированное составление карт углов наклона и экспозиций склонов по аэрофотоснимкам // Геоморфология. — 1987. — № 4. — С. 30—36.
3. Мусин О. Р., Сербенюк С. Н. Цифровые модели «рельефа» континентальных и дискретных географических полей // Банки географических данных для тематического картографирования. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. — С. 156—170.
4. Сербенюк С. Н., Мусин О. Р. Автоматизи-
- рованное построение изолинейных карт и производных от них изображений // Геодезия и картография. — 1986. — № 7. — С. 42—45.
5. Сербенюк С. Н., Мусин О. Р. Математико-картографическое моделирование для автоматизированного решения карто- и морфометрических задач // Геодезия и картография. — 1989. — № 5. — С. 42—46.
6. Сербенюк С. Н., Кошель С. М., Мусин О. Р. Методы моделирования геополей по данным в нерегулярно расположенных точках // Геодезия и картография. — 1990. — № 11. — С. 31—35.
7. Форсайт Дж., Малькольм М., Моулер К. Машинные методы математических вычислений. — М.: Мир, 1980. — 280 с.