

УДК 622:658.011.56; 624.131.3

В.В. Ческидов

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ САПР ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ НА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАЗРАБОТКАХ

Рассмотрены проблемы и пути их решения, связанные с проектированием инженерно-геологических сетей при исследовании техногенных массивов. А также необходимость и перспективы использования систем автоматизированного проектирования при моделировании пространственно-временной изменчивости гидроотвалов и хвостохранилищ.

Ключевые слова: инженерно-геологические изыскания, техногенный массив, гидроотвал, оптимальная плотность инженерно-геологической сети, системы автоматизированного проектирования.

Системы автоматизированного проектирования (САПР) сегодня — это неотъемлемая составляющая любого значимого процесса в производстве, будь то проектирование карьеров, выплавка металла или даже штамповка изделий. Начиная с 80-ых годов внедрение компьютерных технологий в производство — наиболее динамично развивающееся направление «эволюции» предприятий. При этом растет не только количество новых САПР с каждым годом, но и расширяется сфера их деятельности. К середине 90-ых практически все отрасли народного хозяйства уже успешно использовали информационные системы на тех или иных стадиях производства. На сегодняшний день практически все отрасли имеют специализированные САПР, активное развитие которых началось с 90-ых, при этом они охватывают не отдельные составляющие бизнес — процесса, а все подразделения и этапы жизненного цикла предприятиях [2, 4].

Применение ЭВМ в горном деле прошло несколько стадий развития и претерпело значительные измене-

ния. С появлением вычислительной техники был сделан акцент на автоматизацию проектных задач, имеющих четко выраженный расчетный характер: реализовывались методики, ориентированные на ручное проектирование: вычисление коэффициентов устойчивости бортов, прогнозирование извлекаемых объемов полезной породы и т.д. По мере накопления опыта, стали создавать программы автоматизированных расчетов на основе методов вычислительной математики (параметрическая оптимизация, метод конечных элементов и т.п.). В последние годы большое внимание уделяется автоматизации расчетно-конструкторских работ при проектировании новых выработок, когда вид разработки и ограничения выявляются эвристически, а основные параметры выбираются и оптимизируются в интерактивном режиме диалога проектировщика и ЭВМ.

Широкое распространение получили ГИС-технологии, позволяющие качественно повысить уровень хранения и представления фактического и расчетного материала. Развитие

и создание информационных систем сегодня требует разработки качественно новых методов и способов обработки данных, что в свою очередь позволит сократить затраты на проведение технических работ.

Одним из недостаточно развитых направлений во внедрении систем автоматизированного проектирования в горном деле является проведение инженерно-геологических изысканий. Основным смыслом которых заключается в определении характера и причины изменчивости техногенного массива (отвала, хвостохранилища, золоотвала), что позволяет скорректировать исследования и более полно изучить массив.

Одним из важнейших результатов исследований является инженерно-геологическое районирование техногенного массива (см. рис.1). Целью которого является выделение в массиве зон (участков), имеющих по всей площади одинаковые или близкие свойства или закономерности их изменения. Например, для гидроотвалов это может быть: несущая способность, гранулярный состав, время достижения необходимой несущей способности и т.п. Для хвостохранилища может добавляться содержание ценного компонента в хвостах, с целью разработки технологии и способов использования этого массива как техногенного месторождения.

Проведение испытаний на техногенных массивах связано с большими материальными и временными затратами, в связи с чем вопросы оптимизации при проведении полевых (натурных) исследований в последнее время стоят наиболее остро. В первую очередь это связано с необходимостью создания оптимальной сети инженерно — геологических исследований. Минимиза-

ция количества исследовательских пунктов без потери достоверности получаемой информации — задача, решение которой в значительной мере сократит затраты на наблюдение за поведением намывных массивов и позволит достоверно прогнозировать их состояние во времени, что в свою очередь позволит разрабатывать мероприятия по дальнейшему их использованию.

Современные методы проектирования инженерно — геологических сетей в основном базируются на принципе «последовательного сгущения» в результате чего возникает избыточность. Применяв принцип «последовательных приближений» (см. рис. 2), когда исследование массива производится параллельно (испытания охватывают всю территорию массива одновременно, при этом плотность регулируется заранее оговоренными критериями: равномерность охвата по объему, площади и т.п.) — можно в значительной мере приблизиться к оптимальному сочетанию: материальные и временные затраты — качество (полнота) исследований.

Анализируя многолетний опыт МГГУ исследования намывных массивов на карьерах КМА, Кузбасса, Вяземского ГОКа, сапропелевых отложений озер и т.п., можно сделать вывод, что плотность инженерно-геологической сети в большей степени определяется опытом исследователя. Например, после обработки результатов изысканий на гидроотвале «Лог Шамаровский» Михайловского ГОКа, оказалось, что около 30 % зондировочных скважин можно было исключить из сети без потери основного объема информации.

При проведении натурных исследований наблюдается множество

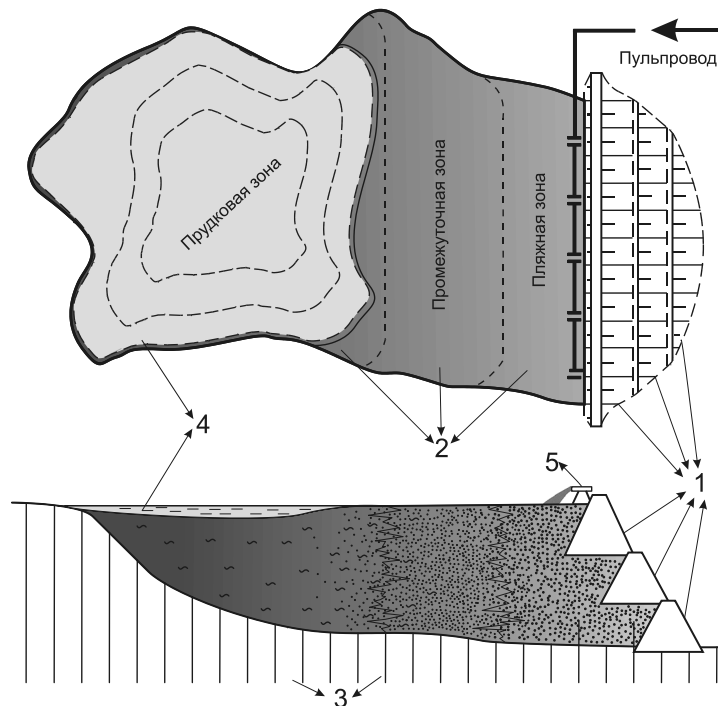


Рис. 1. Принципиальное районирование гидроотвала: 1 — дамба (упорная призма) гидроотвала; 2 — инженерно-геологические зоны; 3 — основание гидроотвала; 4 — прудок — отстойник; 5 — выпуски пульпы

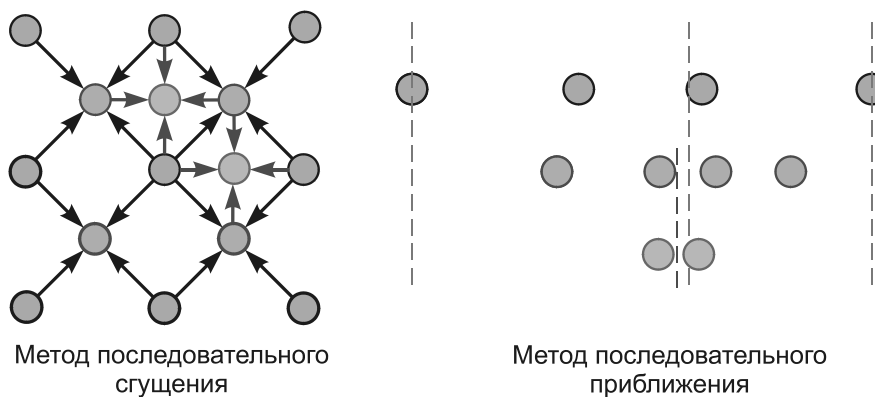


Рис. 2. Современные методы построения инженерно-геологической сети

показателей для одной пробы. Пусть имеется матрица наблюдений X размерностью $p \times m$, строки i которой соответствуют пробам, $i = 1, 2, \dots, n$, а столбцы j содержат конкретные показатели, $j = 1, 2, \dots, m$, полученные в

точке наблюдения i . При исследовании техногенных массивов возникает проблема невозможности сравнения проб, так как большинство показателей измеряются в различных шкалах. Для предотвращения этой ситуации

необходимо ввести относительную шкалу схожести объектов между собой, тогда получим новую матрицу симметричную относительно главной диагонали размером $n \times n$, каждый элемент которой будет показывать, в относительных долях единицы, насколько элемент h похож на g . Такое преобразование выполняем с помощью метода информационных мер, общая схема которого показана на рис. 3 [1,4].

Данная интерпретация данных позволяет легко переходить от физической модели построения инженерно-геологических сетей и самого процесса изысканий к их математической модели, что значительно облегчает разработку информационных систем, требующих четкой формализации данных.

Если полученные в результате такого преобразования данные понимать как точки в признаковом пространстве, то задача, фактически, сводится к разбиению проб на ряд подмножеств, количество которых может быть определено заранее или в процессе анализа. Каждая из групп — кластер — в рассматриваемом случае будет являться единицей районирования.

Процесс преобразования данных требует большого количества вычислений, однако четко формализован, поэтому легко реализуем на ЭВМ, в

связи, с чем разработка программного продукта преобразующего данных и разбивающего их на классы не требует значительных усилий специалиста.

Важно отметить, что все алгоритмы кластеризации подчиняются гипотезе компактности, т.е. «в используемом базисном пространстве объекты, принадлежащие одному и тому же классу, максимально близки между собой, а объекты, принадлежащие разным классам хорошо разделены друг от друга». Уместнее говорить о достаточной разнице между центрами кластеров, так как различие между двумя объектами, принадлежащими соседним классам, может быть меньше, чем между двумя объектами одного класса. Данная ситуация возникает при проведении границы кластеров между «сильно» похожими измерениями. Исходя из упомянутого выше принципа компактности, уместно ввести количественную оценку качества кластеризации объектов. Простейшей оценкой будет отношение суммы дисперсий в каждом классе к дисперсии между центрами всех классов:

$$\theta = \frac{\sum \sigma_i}{\Omega},$$

где Ω — дисперсия между центрами кластеров.

Процесс разбиения на группы также может выполняться различными

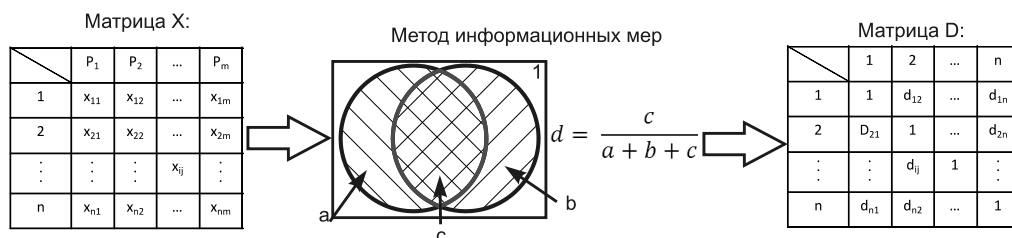


Рис. 3. Вычисление мер сходства между объектами: a — мера отличия первого объекта от второго; b — мера отличия второго от первого; c — относительная мера сходства между объектами; d — приведенная мера сходства

способами, однако наибольшее распространение получили итерационные процедуры, которые позволяют найти наилучшее разбиение, ориентируясь на заданный критерий оптимизации. В начале последовательных итераций каждый объект является центром собственного кластера. Затем объединяются два наиболее схожих кластера, в рассмотренном случае находим наибольшее значение в матрице D , не лежащее на главной диагонали, и склеиваем i и j строки и столбцы, соответственно изменяется центр кластера и его меры сходства с остальными. Далее процедура повторяется до тех пор, пока не выполнится условие остановки итераций, в данном случае необходимо разбить все объекты на количество выделяемых зон гидроотвала (обычно выделяют основные три: пляжная, промежуточная и прудковая — но часто выделяют еще две: промежуточно-пляжную и промежуточно-прудковую) [1, 3].

Одной из первоочередных задач инженерно-геологических изысканий является определение расположения первых N зондировочных скважин, во многом от этого зависит конечное число наблюдений. Минимизировать количество натурных исследований без потери достоверности можно только за счет увеличения лабораторных. Зная технологию формирования намывного массива и способ его намыва, можно оптимизировать систему инженерно-геологических исследований посредством моделирования изменчивости массива.

Для оптимального выбора необходимо произвести забор проб техногенных отложений, осуществить гранулометрический анализ, так как именно фракционирование пород является основополагающим процессом

при формировании массива. При намыве гидроотвалов происходит фракционирование пород по крупности с уменьшением диаметра частиц по мере удаления от выпуска. Характер фракционирования при намыве связных пород зависит от степени неоднородности, количества мелкодисперсных частиц, удельного расхода и консистенции пульпы, а также от изменения положения уреза воды в прудке-отстойнике. Используя полученные результаты, производим первичное разбиение массива на требуемое количество зон, затем согласно ему позиционируем зондировочные скважины.

В результате применения метода информационных мер для проб техногенных отложений гидроотвала «Лог Шамаровский» были получены меры сходства и отличия проб друг от друга (см. рис. 4). Как видно из рисунка, изменение мер имеет четко выраженную степенную зависимость.

При проведении исследований на техногенных массивах важным фактором является определение пространственных и временных зависимостей изменения наблюдаемых параметров. Это позволяет значительно сократить объем изысканий. Существенным отличием техногенных массивов пород от естественных является тот факт, что большинство характеристик техногенного объекта изменяется функционально, а не скачкообразно. Зная технологию намыва и свойства намывного материала можно с высокой степенью достоверности прогнозировать и пространственную, и временную изменчивость массива.

Полученные функциональные зависимости пространственно-временных изменений свойств техногенного массива могут широко

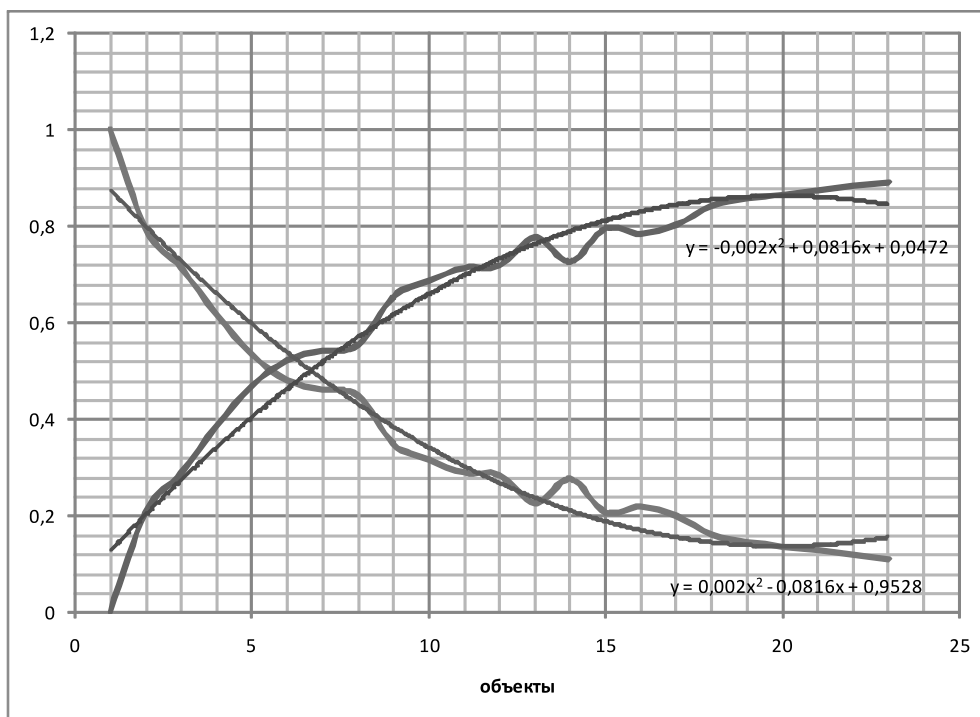


Рис. 4. Меры сходства и отличия первой пробы от остальных

применяться при моделировании наблюдаемого объекта или инженерно-геологической сети изысканий. Построенная модель в общем случае может быть задана следующим образом: где целевая функция $H(u)$ — полнота исследований, ограничения затраты $T(u)$ — временные и $M(u)$ — материальные (в лучшем случае они минимально необходимы). Решением (S) является инженерно-геологическая сети с заявленными требованиями.

$$S = \begin{cases} H(u) \rightarrow \max \\ T(u) \rightarrow \min \\ M(u) \rightarrow \min \end{cases}$$

Моделирование намывного сооружения осуществляется последовательно и на каждой итерации происходит уточнение полученной модели. Наи-

более важным отличием данного подхода от существующих является квазиодновременное (в условиях данной задачи считаем, что все действия произошли одновременно и независимо друг от друга) исследование всего массива за один этап — границы всех зон при районировании определяются параллельно. Мониторинг технико-физических показателей массивов является своего рода регулятором построенной системы.

Инженерно-геологические изыскания техногенных массивов на сегодняшний день не имеет строгого регламента, в силу значительного отличия объектов исследования. Наиболее перспективным является применение комбинированных методов, опирающихся на опыт ведения исследований на предыдущих этапах и способов современной статистики, вычислитель-

ной математики и других областей науки.

Применение САПР на различных этапах ведения изысканий позволит сократить объем проводимых натурных и лабораторных исследований за счет моделирования изменчивости техногенного массива с целью построения сетей, в которых дополнительные пункты исследований бу-

дут располагаться в непосредственной близости от граничных значений наблюдаемых параметров. Использование разрабатываемой методики построения инженерно-геологических сетей в совокупности с современными достижениями техники позволит в значительной мере сократить затраты материальные и особенно временные.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. — Тольятти, 2003.

2. Ческидов В.В. Обоснование сети мониторинга техногенных массивов с использованием принципов кластерного анализа, Проблемы освоения недр в XXI

веке глазами молодых. — М.: ИПКОН РАН, 2009.

3. Ческидов В.В. Использование статистических и математических методов при исследованиях намывных массивов, Сборник докладов Съезда гидромеханизаторов — 2009. — М.: Издательство МГГУ, 2009.

4. Материалы сайта www.iki.rssi.ru. **ИДБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Ческидов В.В. — магистрант,
Московский государственный горный университет,
Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru



ДИССЕРТАЦИИ ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ Г.В.ПЛЕХАНОВА (ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)			
ПАЛЬЦЕВ Анатолий Иванович	Управление горным давлением при интенсивной отработке свит угольных пластов на шахтах ОАО «СУЭК-КУЗБАСС»	25.00.20	к.т.н.