

## ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ КАК МЕТОД РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ

Назимко В.В. (ДонГТУ, г. Донецк, Украина)

*Запропонований новий підхід при вирішенні проблем гірського тиску за допомогою генетичного алгоритму. Цей метод показав на порядок вищу ефективність у порівнянні з методом динамічного програмування при знаходженні оптимальної послідовності розвитку зони руйнувань навколо підземної виробки.*

*Genetic algorithm has been proposed to deal with ground pressure problems. New approach demonstrated efficiency that is 13 times higher than traditional technique. An example of GA application for development of loosening zone around an underground opening has been discussed.*

Задачи поиска оптимального решения весьма распространены при решении проблем горного давления. Перечислим некоторые из тех, которые не получили до сих пор удовлетворительного решения. Одной из острых проблем остается выбор и обоснование оптимальной планировки горных работ в свите сближенных пластов. Сложность указанной проблемы обусловлена рядом факторов, к которым следует отнести прежде всего недостаточную изученность необратимых процессов сдвигения толщи при ее многократной под- и надработке, а также наличие множества объективных ограничений по условиям вентиляции, транспорта и безопасности. Вышеприведенный пример касается региональной системы, которая охватывает область размерами в сотни метров и десятки геомеханических объектов.

В качестве локальной, но не менее сложной проблемы можно привести задачу о развитии зоны разрушения вокруг

одиночной подземной выработки [1]. При решении данной задачи следует учитывать сложные необратимые геомеханические процессы разрушения и деформирования массива на запредельной ветви, которые на сегодняшний день изучены недостаточно. Кроме того, в зависимости от интенсивности нагружения выработки критерии оптимального решения задачи могут изменяться [1].

На сегодня достаточно хорошо разработан ряд методов поиска оптимумов. Не перечисляя их все, назовем одни из наиболее распространенных, которые основаны на случайном поиске и градиентном подходе. Отметим, что эти методы пока не эффективны при решении сложных проблем, связанных с проявлением горного давления. Так методы случайного поиска наталкиваются на проблему размерности, которая экспоненциально увеличивается с ростом числа влияющих факторов. Методы, основанные на градиентных поисках, теряют свою эффективность там, где функции не дифференцируемые. При решении проблем горного давления весьма часто возникает необходимость использования таких функций и эмпирических (часто вообще дискретных) зависимостей.

В связи с указанными сложностями в данной статье предлагается новый подход к решению проблем горного давления, основанный на генетических алгоритмах [2-5]. Генетический алгоритм (ГА) оперирует с набором битовых строк, в которых закодированы некоторые функции или зависимости. По своей реализации генетический алгоритм предельно прост, поскольку включает лишь размножение (репродукцию) строк, их скрещивание (кроссовер) и мутации. Размножение производится пропорционально показателю выживаемости (фитнесу). Строки, проявившие большую пригодность согласно заранее заданному критерию, дают потомков больше. Кроссовер осуществляется в случайно выбранном месте строки и реализуется обменной перестановкой соответствующих отрезков. Мутации реализуются случайным изменением отдельных бит в строках. Все эти процедуры легко реализуются программно с помощью компьютера.

ГА имеет несколько существенных преимуществ перед традиционными методами поиска оптимальных решений. В отличие от существующих методов, которые оперируют с самими функциями и их переменными, ГА непосредственно оперирует с их кодами, в результате чего вероятность попадания в ложный или локальный оптимум резко уменьшается. ГА проводит одновременный поиск во всей популяции строк, тогда как традиционные методы как правило работают в одной текущей точке. Это обеспечивает очень важный принцип параллельности поиска, что ускоряет его, а также содействует устранению опасности попадания в ложный оптимум. ГА осуществляет слепой поиск, основываясь только на величине фитнеса генов-строк, тогда как традиционным методам поиска нужно гораздо больше информации, которая не всегда имеется или ее вообще получить невозможно, например производные для определения градиентов в точке разрыва функции. Это существенно расширяет применимость ГА. Наконец ГА ищет оптимум основываясь на стохастических операторах, тогда как традиционные методы поиска используют детерминированные операторы поиска. В отличие от методов случайного поиска, который может блуждать сколько угодно долго ГА использует стохастическую процедуру поиска для направленного движения в сторону оптимума. Такая направленность обеспечивается путем использования шаблонов строк или так называемых схем или схемат, с которых создаются строительные блоки для построения оптимального решения. Схема представляет собой строку-заготовку, в которой присутствуют короткие участки генов-битов, дающих во всех пробах на выживаемость наибольший показатель. Эти участки очень трудно разрушить путем мутаций или скрещивания. Поэтому они живучи. Эффективные схемы получают возможность рекомбинировать в окрестности оптимальной точки в экспоненциально возрастающем темпе, что обеспечивает высокую эффективность поиска. По существу эффективные заготовки-схемы представляют собой частные решения проблемы поиска. На основании этих частных решений ГА ищет конечный оптимум.

Для обеспечения более равномерного поиска и представительства на начальном этапе поиска вводят масштабирование показателя выживаемости для того, чтобы выдающиеся гены-строки не подавили всех остальных на начальном этапе и увели решение от глобального оптимума, не дав проявиться еще более выдающимся. На завершающем этапе поиска масштабирование убирается и соревнование лучших строк идет на равных.

Ограничения условий поиска легко учитываются методом штрафных функций с помощью которых наказываются строки, нарушившие заданные ограничения.

Достаточно просто программируются более продвинутое свойства генов. С их помощью ГА можно сделать более устойчивым и эффективным. Примером сохранения длительной памяти на определенный признак у популяции является моделирование диплоидности и доминантности. Покажем это на примере. Пусть ген потомка унаследовал от родителей два варианта одного признака. Например, проявление горного давления может сказываться как в виде обрушения кровли, так и в виде внезапного отжима пласта. Это аналогично тому, как запоминается два варианта цвета глаз. Однако в будущем для универсальности прогноза понадобятся оба признака, хотя в большинстве случаев нас будет интересовать обрушение кровли. Для сохранения в длительной памяти признака «внезапный отжим» он заносится в строку-ген в виде рецессивного (подавленного) бита. В процессе скрещивания в большинстве случаев будет проявляться доминантный (преобладающий ген «обрушение кровли»), когда в кроссвере будет участвовать хоть один доминантный ген. Однако и рецессивный ген имеет возможность проявить себя в том редком случае, когда в процессе скрещивания будут участвовать с обеих сторон только рецессивные гены.

Указанные принципы заложены в пакет вычислительных программ, который в настоящее время применяются для решения задач оптимального поиска решений, в том числе и при рассмотрении сложных задач горного давления. Одной из

актуальных задач, решаемой в настоящее время, является исследование процесса развития зоны разрушений вокруг одиночной подземной выработки. Эта задача весьма актуальна,

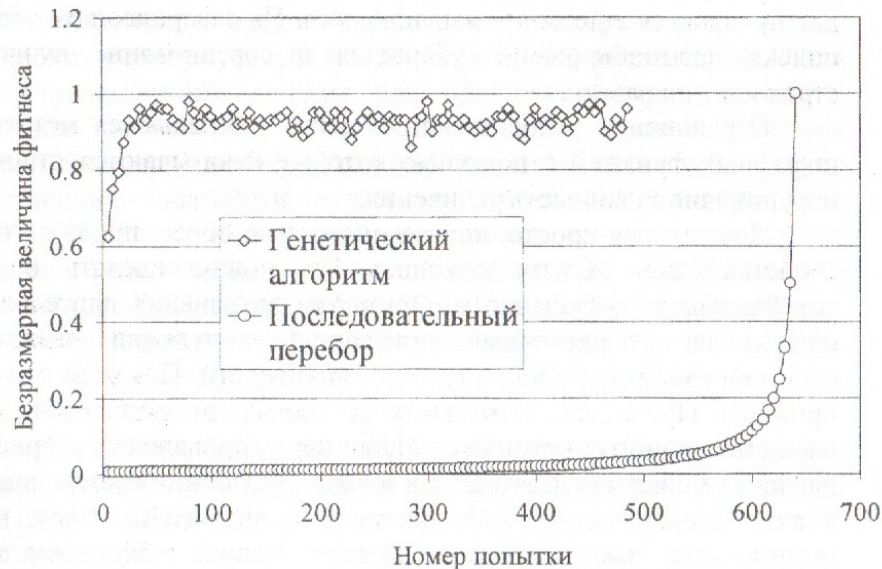


Рис. 1. Скорость сходимости решения

поскольку имеет широкое прикладное значение в связи с расширяющимися масштабами подземного строительства во всем мире, которое интенсифицируется по ряду причин. Среди них главными являются удорожание земли, необходимость сооружения надежных хранилищ жидких энергоресурсов, развитие транспортных коммуникаций.

На рис. 1 показаны графики сходимости решения задачи определения очередности развития зоны разрушения подземной выработки для условий, указанных в [1], а именно: одиночная выработка кругового сечения диаметром 5 м пройдена на глубине 800 м в слоистых породах с углом падения  $15^{\circ}$  и имеющих прочность на одноосное сжатие 40-50 МПа. Конечное положение

границ зоны разрушений было известно. Необходимо определить очередность развития зоны, при которой производство энтропии в процессе разрушения и необратимого сдвижения пород минимально. Вся область разрушений была разделена на 54 элементарные зоны, которые переходили в запредельное состояние в определенном порядке. Решение задачи было закодировано в виде строки из 54 бит. Декодирование производилось по зависимостям, приведенным [1]. Согласно данным формулам энтропия элементарного участка зависела от его положения относительно сечения выработки в полярной системе координат.

Контрольное решение было получено в [1] методом динамического программирования. Сравнение решения динамическим программированием и полученным с помощью ГА свидетельствует о явном преимуществе последнего. Так близкое к оптимальному решение было получено через 48 попыток с помощью ГА и только через 640 попыток методом перебора, на котором основано динамическое программирование. Таким образом эффективность ГА оказалась по крайней мере в 13 раз выше.

Предложенный подход представляется весьма перспективным для решения проблем горного давления и управления состоянием массива горных пород.

## СПИСОК ССЫЛОК

1. Назимко В.В., Лаптев А.А., Напрасников С.В. Динамическая модель развития зоны разрушений вокруг горной выработки // Физика и техника высоких давлений, том 8, №3, 1998.
2. Michalewicz, Z. Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs. Springer Verlag, Berlin, 1994
3. Bäck, T.: Evolutionary Algorithms in Theory and Practice - Evolution Strategies, Evolutionary Programming, Genetic Algorithms. New York, Oxford: Oxford University Press, 1996.