

ПРИМЕНЕНИЕ ЛОГИКИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ОЧЕРЕДНОСТИ РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ ОБЪЕКТОВ

Дадар А.Х., Куулар Ч.Ш.
Тувинский государственный университет

OPTIMIZATION OF THE BUILDING RECONSTRUCTION SEQUENCE BASED ON THE GENETIC ALGORITHM

Dadar A.Kh, Kuular Ch.Sh.

В статье представлен анализ сложностей решения комбинаторных задач различными методами. Анализ содержательной постановки задачи показал различные подходы к уменьшению вычислительной сложности. На основе этого представлена разработка нового алгоритма, ориентированного на широкий круг задач, связанных с комбинаторной оптимизацией календарных планов организации строительства и производства работ.

The present article suggests the analysis of the problems that appear when solving combinatorial tasks with the use of different methods. The analysis of the problem description has revealed various approaches to reducing the computational complexity. Based on this analysis there has been developed a new algorithm for a wide scope of tasks related to the combinatorial optimization of construction phasing into construction arrangements and job schedules.

В современном строительстве большую долю производства составляют объекты, на которых проводятся реконструкция, санация и технические ремонты [1]. Специфика этих объектов связана с тем, что продолжительности, стоимости и объемы работ на них, как правило, меньше соответствующих характеристик нового строительства. Т.о., даже для годового планирования в очередность строительства войдут десятки объектов. В результате для подобного рода задачи будет актуален поиск оптимальной очередности освоения объектов [2]. Однако подобные задачи относятся к категории *NP*-трудных, что определяется экспоненциальным увеличением вычислительной трудоемкости от увеличения числа объектов в очереди. Например, для решения задачи оптимизации очередности реконструкции энергоресурсосберегающих объектов, представленного в работе [3], на расчет каждого варианта, осуществленного в программе управления проектами типа Microsoft Project, требовалось время равное $\approx 0,001$ с. Из этого следует, что для полного перебора всех вариантов задачи с 20-ю объектами, потребуется более 10^{12} часов времени расчета.

В качестве мероприятия, уменьшающего размерность задачи, может быть рекомендован учет ограничений на последовательность освоения объектов. Предложено учитывать временные и

топологические ограничения, из которых последние разделяются на абсолютные и относительные. Под абсолютным ограничением понимается «жесткая» фиксация конкретного места данного объекта в общей очередности и такая фиксация дает эффект уменьшения размерности решаемой задачи сразу в N раз. Однако, более распространенными являются относительные ограничения, которые устанавливают отношения предшествования объектов. Для градостроительного комплекса это может быть введение отношения, определяющего, например, то, что детское дошкольное учреждение должно быть построено только после ввода жилого здания в эксплуатацию. Введение подобного ограничения снижает общую размерность задачи вдвое и более для нескольких пар объектов. Временные ограничения отражают такие сроки окончаний или начал работ на объектах, которые не могут быть нарушены. Например, объект не может быть введен в эксплуатацию раньше, чем состоится поставка оборудования, определенная договорными сроками. Обобщая подобные ситуации [4] для нахождения оптимума был предложен алгоритм, основанный на элиминации определенных вариантов последовательности освоения энергоресурсосберегающих объектов.

С целью сокращения размерности задачи правомерна постановка вопроса о том,

что при планировании долговременной оптимальной очереди реконструируемых объектов, не учитывается возрастающая во времени неопределенность их реализации. Экономическая же оценка вариантов очередности одинаково учитывает изменения эффективности как для объектов, расположенных в начале очереди, так и для объектов, расположенных в конце очереди. Поэтому порядок освоения объектов в планируемой последовательности должен быть связан с местом объекта в очереди, а именно, чем раньше запланирована реконструкция объекта, тем выше ее значимость. Для существенно вогнутой монотонно убывающей функции [5], может быть предложен эвристический алгоритм оптимизации, получивший название «наискорейшего спуска» в традиционном «дереве» решений. На реализацию данного алгоритма потребуется расчет $N(N-1)/2$ вариантов, что существенно меньше расчета числа вариантов, определяемых факториальной функцией $N!$

Другим мероприятием, снижающим размерность рассматриваемой оптимизационной задачи, является выбор определенного поточного метода организации строительства с предопределенной целевой функцией. Так, например, для задачи определения оптимального по времени маршрута обработки множества деталей на станках с двумя и тремя операциями С.М. Джонсоном [6] разработан полиномиальный алгоритм оптимизации, в котором число алгоритмических шагов будет равно $N-1$. В практическом плане данный метод обеспечивает непрерывную работу строительных бригад, при их переходе с объекта на объект. Но, полиномиальное решение подобного рода комбинаторной задачи связано с ограничением на метод организации поточного строительства, на число работ, отражаемых в расписании и на используемую при этом целевую функцию, определяющую минимизацию продолжительности строительства комплекса объектов.

Большую универсальность дает оптимизационный метод динамического программирования Беллмана [7]. Однако для его применения в организационно-технологических задачах строительства имеется существенное ограничение,

связанное со свойствами используемой целевой функции; она должна быть аддитивной по всем маршрутам освоения объектов и это обстоятельство делает использование такой функции, как чистый дисконтированный доход не приемлемым. По сравнению с динамическим программированием более универсальным является метод «ветвей и границ» [8]. Однако для этого метода надо иметь дополнительный алгоритм, задачей которого является определение «нижней» или «верхней» оценки эффективности промежуточных узлов, по которой определяется перспективность развиваемых «ветвей» решения. К сожалению, для сложных целевых функций, типа чистого дисконтированного дохода разработка такого алгоритма является само по себе сложным.

В этом отношении наиболее универсальными являются статистические алгоритмы, они ориентированы на преодоление вычислительной сложности оптимизационных задач, поскольку результаты их работы базируются не на генеральной совокупности, а на репрезентативных выборках. Статистический алгоритм может дать вполне достоверный результат в случае, если окажется, что погрешность в целевой функции будет больше полученной вариации ее значений, то есть искомый оптимизационный эффект «утонул» в погрешности целевой функции. В частности, такой результат может возникнуть в случае оптимизации строительного потока, незначительно отличающегося от ритмичного потока.

В других же случаях, представляющих больший интерес, в полученной выборке возможен поиск определенных закономерностей, нахождению которых посвящена работа [9]. Особенностью данного алгоритма является статистический поиск таких доминантных фрагментов, которые преимущественно присутствуют в перестановках, предположительно являющимися близкими к оптимальным перестановкам, и которые выявлены в результате ранжирования вариантов выборки. Данный статистический алгоритм является наиболее универсальными, а связанные с ним негативные обстоятельства можно исправить

с помощью введения дополнительных процедур, характерных для описанных ниже генетических алгоритмов.

Генетическими алгоритмами называются такие эвристические методы поиска оптимальных решений, которые напоминают биологическую эволюцию. «Отцом-основателем» генетических алгоритмов считается Д. Холланд [10].

Генетические алгоритмы работают с совокупностью «особей», называемых популяцией, каждая из которых представляет возможное решение данной проблемы. Обычно генетический алгоритм генерирует начальную популяцию случайным образом. Каждая особь оценивается мерой ее «приспособленности» согласно тому, насколько «хорошо» соответствующее ей решение задачи. Наиболее приспособленные особи получают возможность «воспроизводить» потомство с помощью «перекрестного скрещивания» с другими особями популяции. Это приводит к появлению новых особей, которые сочетают в себе некоторые характеристики, наследуемые ими от родителей. Достижению эффекта способствуют различные элитные методы отбора, направляющие эволюцию так, что при отборе обязательно будут выживать лучшие члены популяции. Задача исследователей как раз и заключается в экспериментировании с различными типами представлений, операторов кроссовера и мутации, причем логика введения последней операции, обычно сводится к расширению пространства поиска за счет выхода из области локального экстремума.

Как и все статистические алгоритмы, данный метод эволюционных вычислений, не гарантирует обнаружения глобального решения за полиномиальное время, он также не гарантирует и того, что глобальное решение будет найдено, но он достаточно пригоден для поиска близкого к оптимальному решению задачи за небольшое приемлемое время. Главным же преимуществом генетических алгоритмов является то, что они могут применяться в таких сложных задачах, где не существует других специальных методов, а если они существуют, то их можно улучшить сочетанием с генетическим подходом.

Рассмотрим алгоритм пошагового синтеза генетического подхода и статистического поиска доминантных фрагментов и логические основы оптимизации очередности реконструкции объектов.

0-й шаг. **На подготовительном (начальном) этапе задается целевая функция** необходимая для оценки особей популяции. Это может быть интегральный критерий качества календарного плана, чистый дисконтированный доход, общее время строительства, суммарные перерывы между работами и др. Также на данном этапе вводятся временные и топологические ограничения задач.

1-й шаг. **Создается начальная популяция вариантов** исходя из половины лимита времени, выделенного для общего решения задачи. Здесь, как отображено в блок-схеме рис. 2., определены два одновременных оптимизационных этапа, суммарная продолжительность которых задана лимитом времени.

2-й шаг. **Формируется множество элитных вариантов**. В соответствии с ранее заданной целевой функцией и погрешностью в ее исчислении создается множество вариантов, включающих варианты с минимальными значениями критерия отбора.

3-й шаг. **Формируется множество антиэлитных вариантов**. В соответствии с ранее заданной целевой функцией и погрешностью в ее исчислении создается множество вариантов, включающих варианты с максимальными значениями критерия отбора.

4-й шаг. **Формирование элитной популяции**. В качестве основы элитной популяции без изменений принимаются все элитные варианты. В качестве возможного дополнения к элитным вариантам выбирается множество антиэлитных вариантов, которые подвергаются направленной мутации, заключающейся в инвертировании мест объектов в исходных очередностях на противоположные, формируя тем самым кандидатов в элитную группу.

Введение данной процедуры связано со следующими обстоятельствами. Описанный выше алгоритм Джонсона обладает определенной симметрией относительно максимизированного и минимизированного

критериев так, что возникает двойственность, аналогом которой является двойственность в задачах линейного программирования. Двойственность заключается в том, что очередность минимизированного оптимального варианта можно инвертировать и получить максимизированный оптимальный вариант. На этой основе этой эвристики в алгоритм может быть введена обратная процедура, заключающаяся в получении оптимального решения на основе инвертирования противоположного решения.

Если инвертированный антиэлитный вариант является уникальным, то для него рассчитывается целевая функция, и если ее значение удовлетворяет признаку элитности, то данный вариант добавляется в элитную популяцию.

5-й шаг. **Отбор элитных генов** осуществляется на множестве вариантов элитной популяции. На данном алгоритмическом шаге используется общая статистика предшествования объектов в форме матрицы, пример которой показан на рис. 1.

Предшествующие объекты	Последующие объекты				
	1-й объект	2-й объект	3-й объект	4-й объект	5-й объект
1-й объект	25	25	0	0	25
2-й объект	75	50	25	50	50
3-й объект	100	75	75	100	75
4-й объект	100	50	0	50	50
5-й объект	75	50	25	50	25

Рис. 1. Пример статистики бинарных отношений в обобщенной элитной популяции

Представленная статистика показывает, какой процент вариантов в обобщенной элитной популяции соответствует заданному бинарному отношению. Чем этот процент больше отличается от 50%, тем большая вероятность принадлежности данного отношения к итоговому доминантному фрагменту, являющемуся признаком оптимального варианта. Аналогичный показатель, находящийся в районе 50%, с определенной доверительной вероятностью показывает индифферентные отношения, не входящие в итоговый доминантный фрагмент. Т.о., наличие определенного бинарного отношения в доминантном фрагменте может трактоваться как отбор элитных генов из их общей совокупности.

6-й шаг. **Проведение 2-го этапа оптимизации.** На основе статистического выбора доминантных фрагментов производится определение объема новой выборки вариантов расчета. Если оставшийся лимит времени достаточен для расчета всех новых вариантов, то алгоритм сводится к их полному перебору, в противном случае число новых вариантов рассчитывается исходя из лимита времени.

7-й шаг. **Окончательный выбор** оптимизированных очередностей освоения объектов осуществляется по результатам совместной выборки, полученной на обоих этапах расчета.

Следует отметить, что в описании разработанного алгоритма принята такая степень детализации, которая дала системный охват его основных логических особенностей, его же дальнейшая детализация связана с конкретным программным кодом, который в нюансах должен отражать как специфику решаемой задачи, так и специфику среды программирования.

Резюме. Представленная разработка нового алгоритма ориентирована на широкий круг задач, связанных с комбинаторной оптимизацией календарных планов организации строительства и производства работ. Полученный алгоритм программно адаптирован к программе управления проектами Microsoft Project и реализован в ней в виде макроса, что позволяет автоматизировано решать практические задачи, требующие оптимизационного подхода.

Литература:

1. Афанасьев В.А. Поточная организация строительства. – Ленинград: Стройиздат, 1990. – 160 с.
2. Беллман Р., Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования. – М.: Наука, 1965. – 460 с.
3. Болотин С.А., Мещанинов И.Ю. Основы постановки частной задачи комбинаторной оптимизации строительства комплекса объектов. //Изв. Вузов. Строительство. – Новосибирск, - 2009. - №2 (602). – С.38-42.
4. Болотин С.А., Дадар А.Х., Мещанинов И.Ю., Оолакай З.Х. Элиминация последовательности энергоресурсосберегающей реконструкции объектов при учете разнородных ограничений для нахождения оптимума. Вестник СПбГАСУ, № 3 (28), 2011, С. 60-65.
5. Болотин С.А., Дадар А.Х. Оптимизация последовательности реконструкции энергоресурсосберегающих объектов в условиях роста неопределенности. // Недвижимость: экономика, управление, 2011.
6. Болотин С.А. Комбинаторная оптимизация расписаний СМР на основе статистического выявления доминантных фрагментов. // Деп. ВНИИС Госстроя СССР, №10588, 1990. - 55 с. Горбанева Е.П., Мищенко В.Я. Роль реконструкции и модернизации в системе обеспечения сохранности и воспроизводства объектов недвижимости// Научный вестник ВГАСУ. Серия: Дорожно-транспортное строительство. – Воронеж, 2004. – №3. – С.72-76.
7. Джонсон С.М. Оптимальные двух- и трехоперационные календарные планы производства с учетом подготовительно-заключительного времени //Календарное планирование. - М.: Прогресс, 1966. - С.33-41.
8. Кофман Э.Г. Теория расписаний и вычислительные машины. - М.: Наука, 1984. - 335 с.
9. J. H. Holland. Adaptation in natural and artificial systems. University of Michigan Press, Ann Arbor, 1975.

ИЗУЧЕНИЕ РЕЖИМОВ И КИНЕТИКИ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ШЛАМОВ КОМБИНАТА «ТУВАКОБАЛЬТ»

Очур-оол А.П.*, Молдурушку М.О.**

**Тувинский государственный университет.*

***Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН*

STUDYING OF MODES AND SLIME ALKALIZATION KINETICS OF TUVACOBALT' PLANT

Ochur-ool A.P., Moldurushku M.O.

В статье описывается кинетика выщелачивания, состоящая в определении зависимости скорости процесса от основных технологических параметров – температуры и концентрации реагентов и установлении лимитирующей стадии, что необходимо для отыскания оптимальных условий выщелачивания.

Ключевые слова: кинетика, выщелачивание, шлам, механоактивация.

This paper describes the kinetics of leaching, which consists in determining the speed of the process from the main process parameters, temperature and concentration of reactants and the establishment of the rate-limiting step, it is necessary to find the optimum leaching conditions.

Key words: kinetics, alkalization, slime, mechanics activation.

Общим для всех способов выщелачивания руд, отходов производства является его базовый принцип – перевод металлов из руды или отходов в растворимое состояние. Именно этапом раскрытия руды или отходов определяется экономическая целесообразность и выгода всего процесса,

т.к. здесь определяется степень извлечения металлов.

В данной работе изучено влияние условий выщелачивания на извлечение никеля из шламов комбината «Тувакобальт» в аммиачно-карбонатный раствор. Исследована кинетика выщелачивания шламов (рис. 1).