

УДК 004.021:517.977.5

Пимонов Александр Григорьевич, д. т. н., профессор
(КузГТУ, г. Кемерово; ИЭОП СО РАН, г. Новосибирск)

Степанюк Александр Владимирович, магистрант
(КузГТУ, г. Кемерово)

Alexander G. Pimonov, Doctor of Technical Science, Professor
(KuzSTU, Kemerovo; IEIE SB RAS, Novosibirsk)

Alexander V. Stepanjuk, Master's Degree student
(KuzSTU, Kemerovo)

**РЕШЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННОЙ ЗАДАЧИ СЕТЕВОГО
ПЛАНИРОВАНИЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ РЕСУРСАМИ
НА ОСНОВЕ ЭВОЛЮЦИОННЫХ МЕТОДОВ**

**THE SOLUTION OF THE OPTIMIZATION PROBLEM NETWORK
PLANNING WITH LIMITED RESOURCES BASED
ON EVOLUTIONARY METHODS**

В настоящее время существует большое количество сложных задач управления различными техническими и научными разработками, собирающими воедино десятки или сотни конструкторских бюро, заводов, поставщиков и т. п. Соответственно, возникла необходимость создания системы, обеспечивающей возможность оценки текущего состояния и предсказания последующего хода разработки. Результатом исследований в этом направлении явилось создание систем, базирующихся на так называемых сетевых графиках. Предположим, что для выполнения какого-либо проекта необходимо составить календарный план работ (сетевой график). Существующие базовые методы (методы оптимизации на графах [1]) позволяют составить график работ, в котором минимизируется суммарное время выполнения проекта (ищется критический путь) с учетом того, что некоторые виды деятельности (работы) не могут начаться раньше, чем будут завершены другие. При этом обычно необходимые для выполнения отдельных заданий ресурсы (финансы, рабочая сила, оборудование и т. д.) доступны в требуемых объемах. Однако в действительности эти ресурсы не бесконечны, и в этом случае появляются дополнительные ограничения. Для задач сетевого планирования и управления актуальной является проблема составления сетевого графика в условиях ограниченных ресурсов, выделенных для осуществления проекта, таким образом, чтобы удовлетворить ограничениям, накладываемым на задачу в том или ином случае. Существуют различные оптимизационные алгоритмы [2], в том числе и программно реализованные алгоритмы для составления и оптимизации графиков работ при ограниченности ресурсов [3, 4]. В данной работе рассматри-

вается решение этой задачи на основе одного из эволюционных методов – генетического алгоритма.

Существует большое количество сфер использования генетических алгоритмов [5] и их модификаций, позволяющих находить близкое к оптимальному решение задачи календарного планирования с ограниченными ресурсами [6]. Суть данного метода заключается в том, что происходит моделирование эволюционного процесса: имеется некая популяция (набор значений), которая размножается, на которую воздействуют мутации. В процессе моделирования производится естественный отбор лучшей популяции на основании значения целевой функции.

Для решения оптимизационной задачи сетевого планирования при наличии ограниченных ресурсов генетический алгоритм предлагается использовать следующим образом. В начале выполнения алгоритма произвольным образом формируется множество графиков работ (начальная популяция). Далее созданное множество проверяется на наличие повторяющихся графиков и выполняется удаление дублей. Следующий этап – это случайный выбор с равной вероятностью двух исходных графиков, на основании которых создаются два новых, идентичных исходным. Далее выполняется поиск расхождения в созданных графиках и обмен работами между ними. Сначала выполняется попарное сравнение работ и, при нахождении первого расхождения в последовательности, выполняется обмен работами между графиками. Если в полученных графиках образуются дублирующие работы, то продолжается обмен работами до исчезновения дублирования в каждом из графиков. На следующем шаге проводится проверка допустимости графика, т. е. для всех работ проверяется выполнение условия предшествования. Если условие не выполняется, то производится «мутация». Работы, которые не удовлетворяют условию предшествования, меняются местами до тех пор, пока график не станет допустимым. После получения заданного числа потомков выполняется удаление дублирующих графиков и оставшиеся рассчитываются. После этого производятся их сортировка и отсев неперспективных. Число неперспективных графиков определяется таким образом, чтобы полученная популяция (репродукционная группа) имела размер исходной популяции. Цикл повторяется до тех пор, пока не будет выполнено условие окончания поиска решения задачи: например, значение критерия оптимизации (целевой функции) не изменяется в десяти последних популяциях.

Рассмотренный генетический алгоритм вместе с эвристическим алгоритмом и методом ветвей и границ программно реализован в составе информационной системы (рис. 1), все основные классы которой написаны на языке программирования C#. В качестве среды разработки была использована Visual Studio 2015 Community. Информационная система разработана на основе принципов объектно-ориентированного программирования.

Для оптимизации календарного плана работ необходимо перейти к пункту меню Оптимизация и выбрать один из представленных алгоритмов (рис. 1). В меню информационной системы присутствует пункт настроек, с помощью которого открывается форма настроек оптимизационных алгоритмов. В данной форме можно, например, изменить максимальное число итераций в генетическом алгоритме, число родителей и число потомков. После окончания процесса оптимизации диаграмма Ганта изменяется, некоторые работы смещаются по временной шкале, что также изменяет и гистограмму требуемых ресурсов.

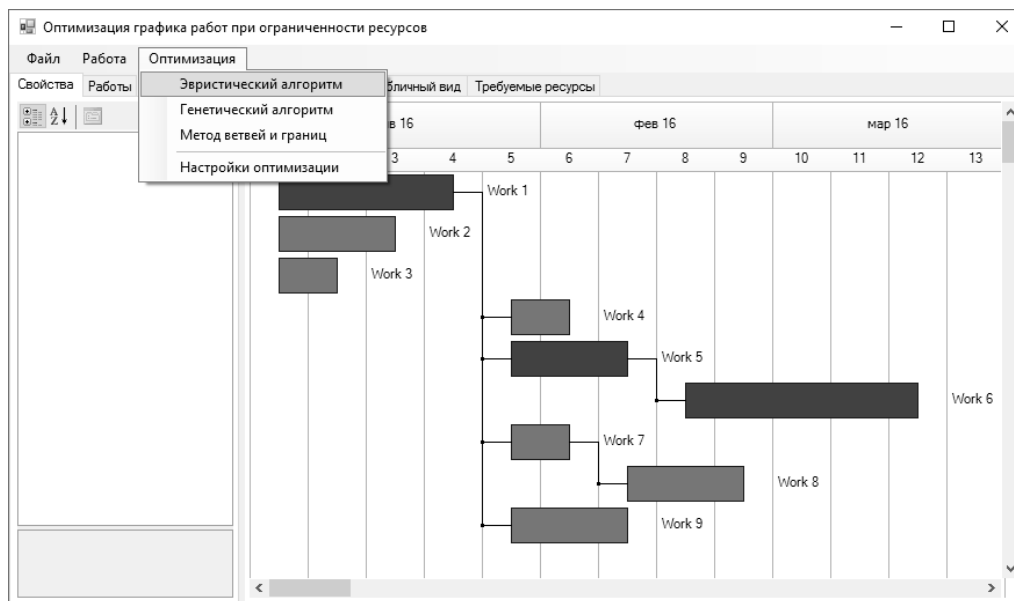


Рис. 1. Основная форма информационной системы (диаграмма Ганта)

Для сравнительного анализа эффективности работы реализованных алгоритмов (табл. 1) с помощью информационной системы была произведена оптимизация произвольного процесса, состоящего из 100 работ, параметры которых, а также отношения между которыми были сгенерированы случайно.

Таблица 1. Апробация информационной системы

Алгоритм \ Результат	Эвристический алгоритм	Генетический алгоритм	Метод ветвей и границ
Время оптимизации (минуты)	5,13	3,37	6,28
Минимальная загрузка работников (недели)	25	23	31
Максимальная загрузка работников (недели)	58	65	53

Как видно из таблицы 1, генетический алгоритм показал наименьшее время оптимизации (3,37 мин.), на втором месте эвристический алгоритм

(5,13 мин.), на третьем – метод ветвей и границ (6,28 мин.). Минимальная и максимальная загрузка персонала для различных алгоритмов отличаются не существенно: значения минимума находятся в пределах от 23 до 31 недели, а значения максимума – в пределах от 53 до 65 недель.

Разработанная информационная система может быть использована для создания и оптимизации календарных планов работ при ограниченности ресурсов различных процессов, состоящих из набора работ, имеющих четкие сроки и порядок выполнения. Примерами таких процессов являются, например, процесс ремонта многоквартирного дома, процесс сборки сложной технической системы, процесс ремонтов оборудования предприятия и т. п. В дальнейшем предполагается реализация программного продукта в виде веб-сервиса [7] для поиска оптимальных календарных планов выполнения проектов с ограниченными ресурсами.

Список литературы

1. Тынкевич, М.А. Введение в дискретную математику / М.А. Тынкевич, А.Г. Пимонов, Е.В. Прокопенко. – Кемерово: КузГТУ, 2016. – 106 с.
2. Тайлакова, А.А. Оптимизационные модели расчета конструкции нежестких дорожных одежд / А.А. Тайлакова, А.Г. Пимонов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2015. – №3. – С. 149-155.
3. Степанюк, А.В. Реализация эвристического алгоритма составления календарного плана работ при ограниченности ресурсов средствами MS Excel // Сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием «Россия молодая», 21-24 апр. 2015 г., Кемерово [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/RM/2015/RM15/pages/Articles/ИТМА/5/58.pdf>, свободный (дата обращения: 14.10.2016).
4. Степанюк, А.В. Программная реализация эвристического алгоритма составления календарного плана работ при ограниченности ресурсов // Сборник материалов Всероссийской конференции «Информационно-телекоммуникационные системы и технологии 2015», 17 окт. 2015 г., Кемерово [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sibscience.ru/page/ITSIT-2015/index.html>, свободный (дата обращения: 24.03.2016).
5. Дороганов, В.С. Модифицированная сеть Ворда и гибридный метод обучения для прогноза показателей качества металлургического кокса / В.С. Дороганов, А.Г. Пимонов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2015. – №3. – С. 141-148.
6. Мышенков, К.С. Постановка задачи составления календарного плана ремонтов оборудования предприятия / К.С. Мышенков, А.Ю. Романов // Системный анализ в проектировании и управлении: Сб. науч. тр. XIV Междунар. науч.-практ. конф. Ч. 1. – Санкт-Петербург: СПбПУ, 2010. – С. 243.

7. Тайлакова, А.А. Web-сервис для поиска оптимальной конструкции не- жестких дорожных одежд / А.А. Тайлакова, А.Г. Пимонов // Вестник Куз- басского государственного технического университета. – 2015. – №6. – С. 176-181.