

УДК 004.021:519.873

ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ АЛГОРИТМЫ СОСТАВЛЕНИЯ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНА РАБОТ ПРИ ОГРАНИЧЕННОСТИ РЕСУРСОВ

А.В. Степанюк, студент гр. ПИБ-121, IV курс
 Научный руководитель: А.Г. Пимонов, д.т.н., профессор
 Кузбасский государственный технический университет
 имени Т.Ф. Горбачева,
 г. Кемерово

Предположим, что для выполнения какого-либо проекта необходимо составить календарный план работ. Базовые модели позволяют составить график работ, который минимизирует суммарное время выполнения проекта с учетом того, что некоторые виды деятельности 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 могут быть ограничены, и в этом случае появляются дополнительные ограничения.

В качестве примера рассмотрим задачу составления графика работ [1], представленную на рис. 1. На нем представлены отношения предшествования между различными видами работ, т. е. показано, какие задания необходимо выполнить до того, как приступить к другим.

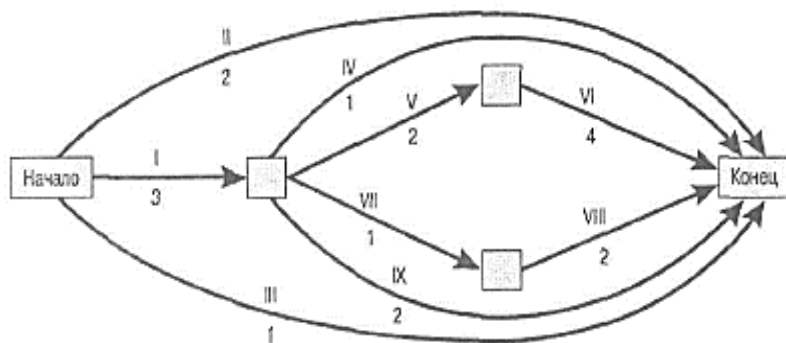


Рисунок 1 – Отношения между заданиями

Таблица 1 – Время и ресурсы

Задание	Время	Ресурсы
I	3	6
II	2	3
III	1	3
IV	1	3
V	2	6
VI	4	5
VII	1	3
VIII	2	4
IX	2	3

В табл. 1 приведены длительности выполнения каждого задания (в неделях) и необходимые ресурсы (количество человек). Если не учитывать ограничения на количество сотрудников, задача является простой, и найти кратчайшее возможное время окончания проекта просто: оно составляет 9 недель. На рис. 2 показан предлагаемый график выполнения заданий, при котором достигается данное время. Теперь проанализируем необходимое для реализации предложенного графика распределение исполнителей по неделям. Составим схему загрузки персонала (рис. 3), сопоставив данные о потребности персонала из табл. 1 с графиком работ на рис. 2. Как видно (рис. 3), пред-

лагаемая схема приводит к неравномерному использованию персонала: от 15 человек (неделя IV) до 5 человек (недели VII, VIII и IX). Целесообразней использовать график работ с более равномерным распределением ресурсов.

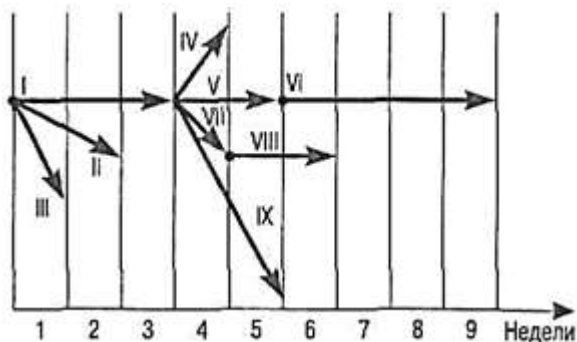


Рисунок 2 – Предлагаемый график работ

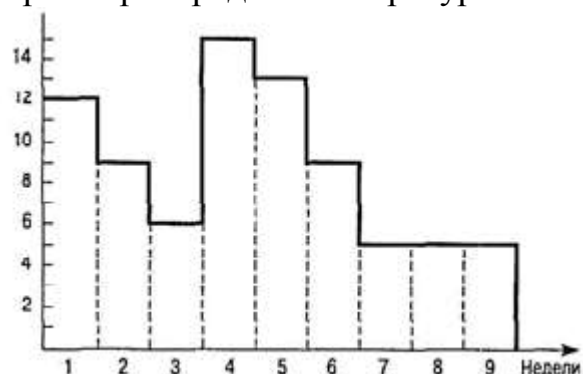


Рисунок 3 – Схема загрузки персонала

Существует множество оптимизационных алгоритмов [2], в том числе и алгоритмов для составления и оптимизации графика работ. В данной статье рассматривается три различных метода: алгоритм с использованием эвристических процедур, генетический алгоритм и метод ветвей и границ.

Подробное описание алгоритма с использованием эвристических процедур и решение этой задачи в среде MS Excel приведены в работе [3], а программная реализация в работе [4]. В общих чертах алгоритм подразумевает многократный перебор всех имеющихся работ с последовательным сдвигом сроков этих работ на минимально возможное количество единиц времени с последующим пересчетом схемы загрузки персонала. Перебор продолжается до тех пор, пока график работ невозможно будет в дальнейшем улучшить. Результат применения данного метода на вышеописанном примере представлен на рис. 4. Однако использование эвристических алгоритмов, как правило, не гарантирует получения оптимального решения.

В настоящий момент разработано множество методов, основанных на применении 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, и производится естественный отбор на основании значения целевой функции. Блок-схема работы генетического алгоритма, который может быть использован для решения рассмотренной задачи, представлена на рис. 5.

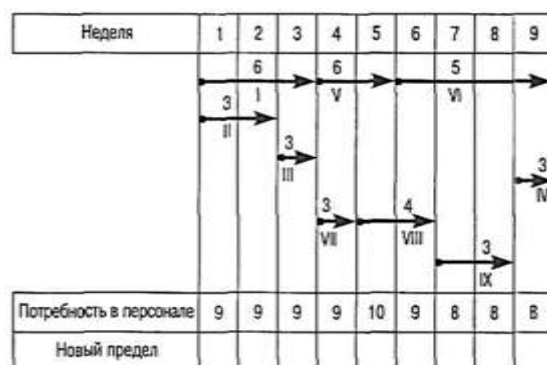


Рисунок 4 – Оптимальный график работ

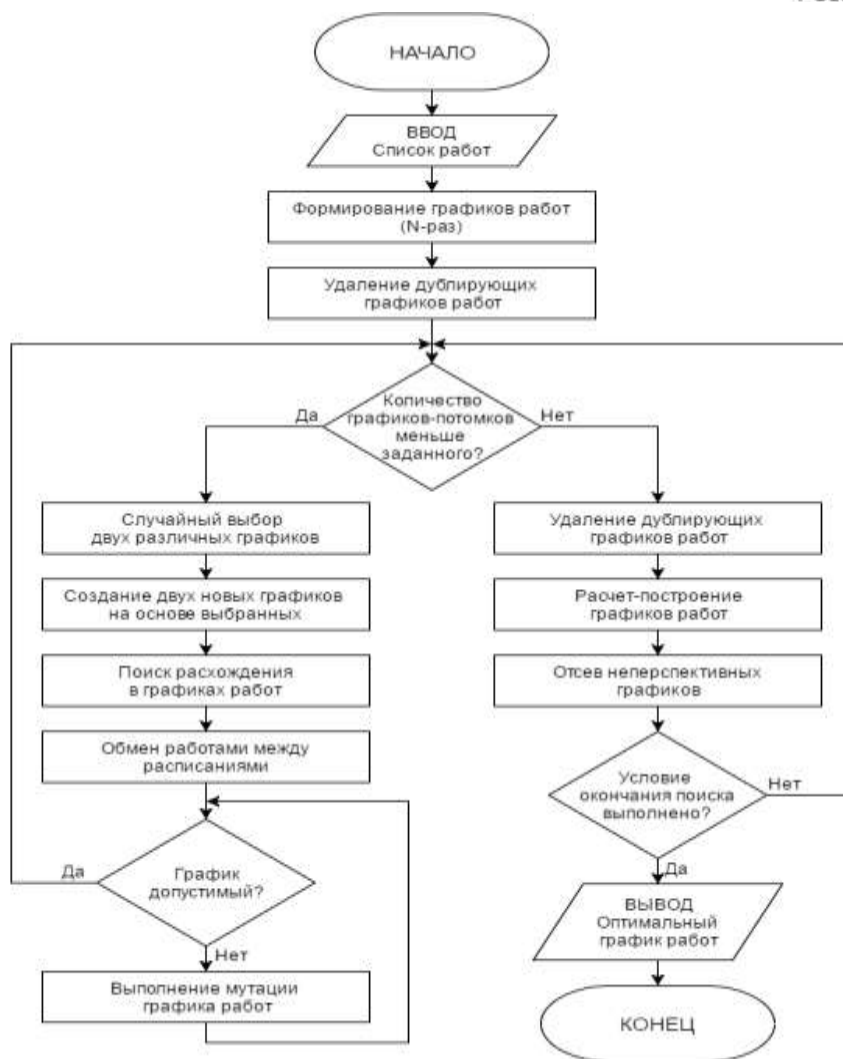


Рисунок 5 – Блок-схема генетического алгоритма

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. В следующем блоке 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 выполняются 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: значение критерия оптимизации не изменяется в десяти последующих популяциях.

Последним рассматриваемым методом является так называемый метод ветвей и границ. По существу этот метод является вариацией полного перебора с отсеком подмножеств допустимых решений, заведомо не содержащих оптимальных. В данном методе рассматривается одновременно несколько работ, или набор работ, подходящих для планирования в определенный момент времени таким образом, что не будут превышены совокупные требования в данном ресурсе этой группой рассматриваемых работ. Эти группы работ, которые могут содержать как одну работу, так и несколько одновременно планируемых работ, назовем дополнительными альтернативами. На каждом уровне дерева ветвей и границ перечисляются все дополнительные альтернативы. Наилучший вариант находится в одном из крайних листьев дерева. Он будет являться оптимальным с точки зрения, как времени выполнения проекта, так и распределении ресурсов.

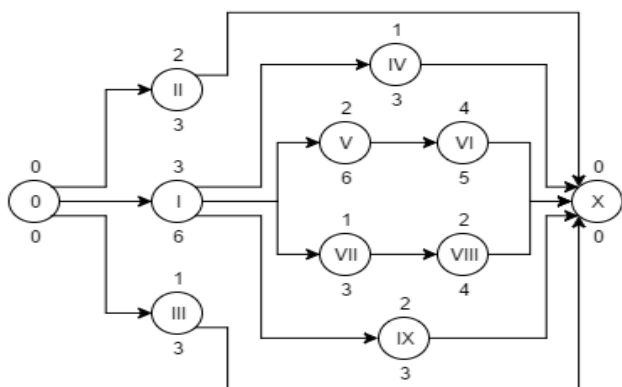


Рисунок 6 – Модифицированный граф

делить 7 возможных альтернатив: {I, II, III}, {I, II}, {II, III}, {I, III}, {I}, {II}, {III}. В простейшем случае мы можем рассмотреть и исключить две из этих альтернатив ({II} и {III}), поскольку для них при рассмотрении по отдельности большое количество ресурса остается незадействованным. А вариант {II, III} исключается из-за того, что его использование увеличивает общее время выполнения работ (из-за сдвига начала работы I).

В последующем простое правило доминирования будет использоваться при построении дерева поиска (рис. 7). Поскольку определено, что расширенная альтернатива существует тогда, когда, по крайней мере, одна работа мо-

Для иллюстрации данного алгоритма на рис. 6 представлен модифицированный граф из вышеописанного примера. В нем добавлены работы 0 и 10, являющиеся фиктивными (с нулевыми продолжительностью и затратами ресурсов).

В начальный момент времени три работы могут быть спланированы, основываясь на правилах предшествования, это работы I, II и III. Учитывая эти работы, можно опре-

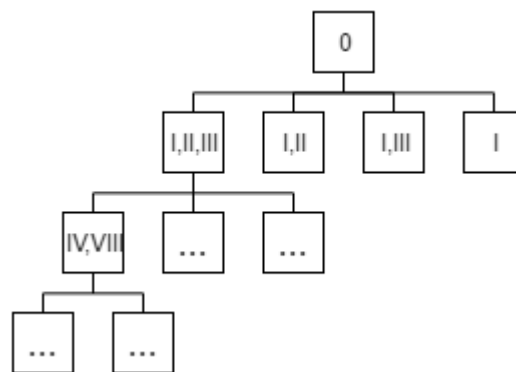


Рисунок 7 – Дерево поиска дополнительных альтернатив

жет быть включена в альтернативу материнского узла в дереве поиска, то она может быть исключена из рассмотрения. Это правило носит название «сдвиг влево». Следует отметить, что недостатком данного метода является значительное усложнение и укрупнение решения в случае крупных проектов.

В настоящее время ведутся работы по созданию информационной системы, в составе которой будут реализованы все вышеописанные алгоритмы. В дальнейшем возможна реализация программного продукта в виде веб-сервиса [7] для поиска оптимальных календарных планов выполнения проектов.

Список литературы:

1. Мур, Джеффри. Экономическое моделирование в Microsoft Excel / Джеффри Мур, Ларри Р. Уэдерфорд и др. – Москва: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 1024 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: 24.03.2016).

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. / СПбГПУ. – Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – Ч. 1. – С. 243.

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