

УДК 004.023

РЕАЛИЗАЦИЯ ЭВРИСТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА СОСТАВЛЕНИЯ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНА РАБОТ ПРИ ОГРАНИЧЕННОСТИ РЕСУРСОВ СРЕДСТВАМИ MS EXCEL

А.В. Степанюк, студент гр. ПИБ-121, 3 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 модель составления графика работ [1], представленную на рисунке 1. На нем представлены отношения предшествования между различными видами работ, т. е. показано, какие задания необходимо выполнить до того, как приступить к другим. Например, выполнение задания VIII нельзя начинать, пока не будет выполнено задание VII, а к заданию VII нельзя приступить до завершения задания I.

Таблица 1 – Время и ресурсы

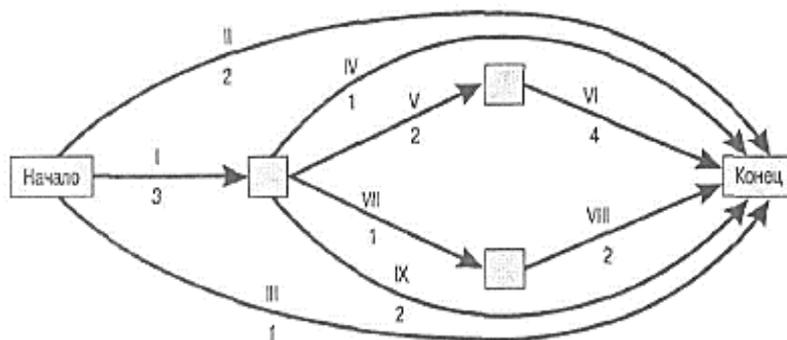


Рисунок 1 – Отношения между заданиями

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 таблице 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 рисунке 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 потребно-

сти персонала из таблицы 1 с графиком работ на рисунке 2. Как видно (рис. 3), предлагаемая 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 использованием ресурсов. Для этого часто применяют эвристические методы.

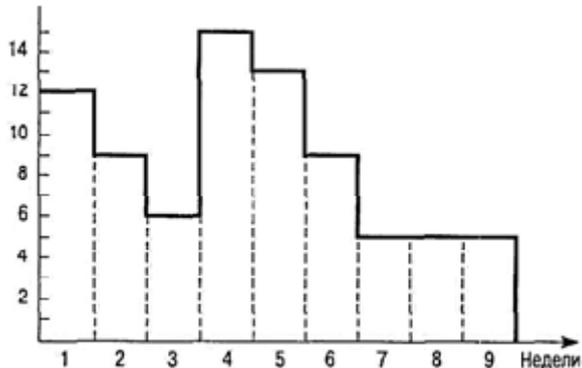
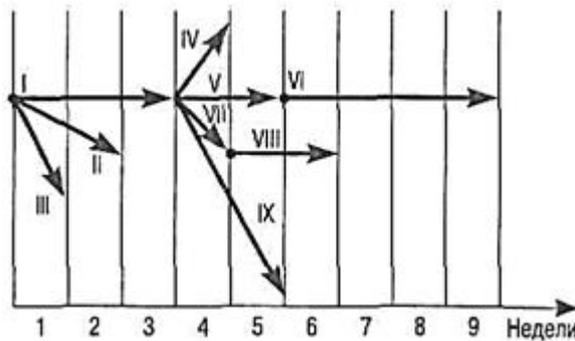


Рисунок 2 – Предлагаемый график работ Рисунок 3 – Схема загрузки персонала

Перед выполнением эвристической процедуры определим для каждого задания проекта резерв – максимальное время задержки начала задания, которое не приведет к задержке выполнения проекта в целом. Например, если задержать выполнение задание V (рис. 2), то задание VI тоже задержится, и проект не будет завершён к концу девятой недели. А задание VIII можно задержать на 3 недели, и при этом время выполнения проекта не изменится.

Используя введенное понятие резерва, опишем эвристическую процедуру для выравнивания рабочей нагрузки на протяжении всего времени выполнения проекта.

- 1) Определяется максимум требуемых ресурсов в имеющемся графике работ – m рабочих в неделю.
- 2) Для каждой недели устанавливается новый верхний предел использования ресурсов в размере $m - 1$, и, если возможно, существующий график работ преобразуется так, чтобы он удовлетворял ограничению. Преобразование осуществляется следующим образом.
 - а) Начиная с первой недели, для которой нарушено ограничение, рассматриваем задания. Задание с наибольшим резервом сдвигается на минимально возможное время, обеспечивающее выполнение ограничения по нагрузке, но не задерживающее окончание проекта. При наличии нескольких вариантов следует сдвигать задания, требующие минимального количества ресурсов.
 - б) Эвристическая процедура завершается, когда текущий уровень нагрузки нельзя понизить.

На рисунке 4 изображен график выполнения рассматриваемого проекта. Под каждой стрелкой указан номер задания, а над стрелкой – количество сотрудников, требуемое каждую неделю. Таким образом легко подсчитать, какое количество человек требуется каждую неделю в сумме. Расстояние от конца стрелки до конца проекта показывает, чему равен резерв для этого задания.

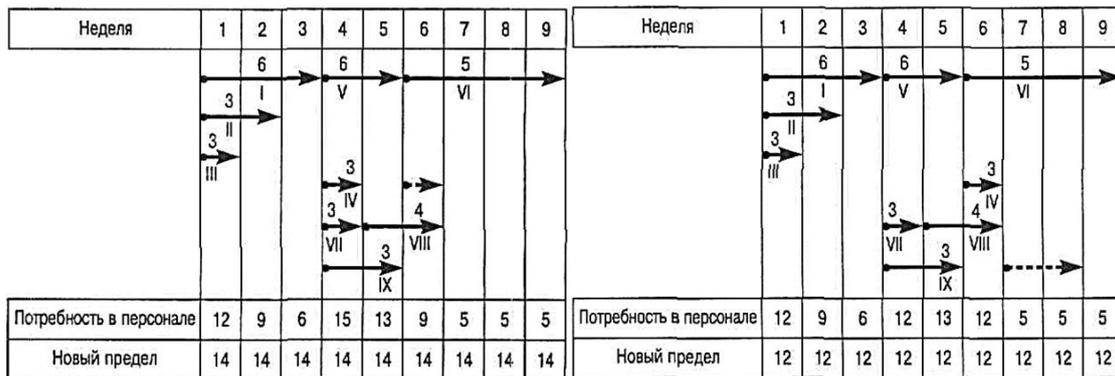


Рисунок 4 – Первый график работ Рисунок 5 – Второй график работ

Используем описанный эвристический алгоритм для нашего примера. Для первого графика работ (рис. 4) максимальное количество требуемых ресурсов составляет 15 человек (неделя 4). Задаем новое ограничение сверху: $(m - 1) = 14$ человек. Ограничение нарушается на неделе 4. Если сдвинуть задание IV на две недели вперед, ограничение нигде не будет нарушено (максимум 13 человек). В результате получаем второй график работ (рис. 5). Далее нужно уменьшить ограничение сверху до 12 человек (нарушение на неделе 5). Задание IX имеет большой резерв, и начало его выполнения следует передвинуть на три недели вперед на неделю 7 (рис. 6).

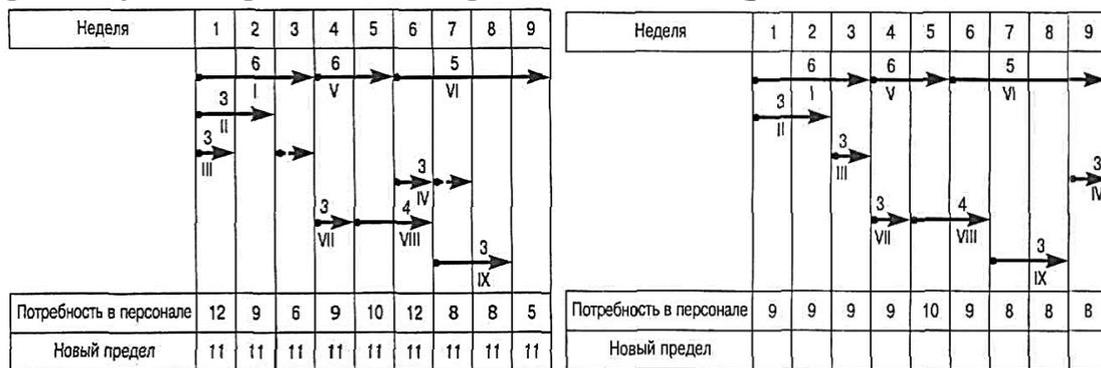


Рисунок 6 – Третий график работ Рисунок 7 – Оптимальный график работ

Продолжая эту процедуру, получаем окончательный график работ (рис. 7). Улучшить его уже нельзя. Таким образом, условие завершения эвристического алгоритма выполнено. Максимальная потребность в персонале составляет 10 человек (неделя 5), а минимальная – 8.

Рассмотрим реализацию приведенного эвристического алгоритма средствами MS Excel. На рисунке 8 представлен вышеописанный пример. Все исходные данные: длительность работ, номер начальной недели, предшествующие работы и количества ресурсов вводятся вручную в левой таблице. Неделя завершения текущей работы вычисляется как сумма начальной недели и продолжительности этой работы. Резерв каждой из работ высчитывается путем нахождения минимального резерва из всех зависящих от нее работ. Например, резерв работы I равен резерву работы V, который в свою очередь равен нулевому резерву работы VI.

В правой таблице (рис. 8) представлена схема всех описанных работ, которая строится по данным левой таблицы. Цветом выделяются границы выполняемых работ.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1																		
2	№	Длина	Родит.	Начало	Конец	Резерв	Ресурс		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
3	1	3	0	1	3	0	6		6	6	6	0	0	0	0	0	0	
4	2	2	0	1	2	7	3		3	3	0	0	0	0	0	0	0	
5	3	1	0	1	1	8	3		3	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	4	1	1	4	4	5	3		0	0	0	3	0	0	0	0	0	
7	5	2	1	4	5	0	6		0	0	0	6	6	0	0	0	0	
8	6	4	5	6	9	0	5		0	0	0	0	0	5	5	5	5	
9	7	1	1	4	4	3	3		0	0	0	3	0	0	0	0	0	
10	8	2	7	5	6	3	4		0	0	0	0	4	4	0	0	0	
11	9	2	1	4	5	4	3		0	0	0	3	3	0	0	0	0	
12									12	9	6	15	13	9	5	5	5	14

Рисунок 8 – Данные в MS Excel

В каждой из ячеек этой таблицы записана формула, подставляющая ресурс соответствующей работы, если она выполняется на неделе данной ячейки. Ниже располагаются суммы требуемых ресурсов в каждой неделе. В ячейке, расположенной в правом нижнем углу таблицы, высчитывается верхний предел используемых ресурсов. Эта ячейка и будет целевой для надстройки Поиск решения [2–3], с помощью которой находится ее минимальное значение. В качестве изменяемых (влияющих на целевую) ячеек для средства Поиск решения задаются номера начальных недель работ. К ограничениям относятся целочисленность номеров начальных недель и неотрицательность резервов работ. Найденное решение показано на рисунке 9.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1																		
2	№	Длина	Родит.	Начало	Конец	Резерв	Ресурс		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
3	1	3	0	1	3	0	6		6	6	6	0	0	0	0	0	0	
4	2	2	0	2	3	6	3		0	3	3	0	0	0	0	0	0	
5	3	1	0	1	1	8	3		3	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	4	1	1	9	9	0	3		0	0	0	0	0	0	0	0	3	
7	5	2	1	4	5	0	6		0	0	0	6	6	0	0	0	0	
8	6	4	5	6	9	0	5		0	0	0	0	0	5	5	5	5	
9	7	1	1	4	4	1	3		0	0	0	3	0	0	0	0	0	
10	8	2	7	7	8	1	4		0	0	0	0	0	0	4	4	0	
11	9	2	1	5	6	3	3		0	0	0	0	3	3	0	0	0	
12									9	9	9	9	9	8	9	9	8	

Рисунок 9 – Полученный календарный план выполнения работ

Максимальная потребность в персонале составляет 9 человек, а минимальная – 8, что является наилучшим распределением ресурсов в рассмотренном проекте.

В описанном примере рассматривается проект, состоящий всего из 9 задач. В больших же моделях невозможно легко найти наилучший график выполнения работ, используя классические методы. Именно поэтому для решения такого рода задач успешно используются эвристические алгоритмы.

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. Мир MS EXCEL [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.excelworld.ru> (дата обращения: 31.03.2015).
3. Уокенбах, Джон. Microsoft Excel 2010. Библия пользователя. – Москва: ООО «И.Д. Вильямс», 2011. – 912 с.