БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Кафедра менеджмента

РЕФЕРАТ

На тему:

"Расчёт и оптимизация параметров сетевых графиков, используемых при создании и освоении новой техники"

Минск, 2009

В настоящее время для планирования и управления процессами создания и освоения новой техники широко применяются методы сетевого планирования и управления (СПУ), в основу которых положена модель, описывающая объект управления в виде сетевого графика.

Сетевой график по сравнению с ленточным (всё ещё широко применяемым) имеет ряд преимуществ, в частности: на нём широко просматриваются взаимосвязи между работами; в график легко вводятся ранее не предусмотренные работы; на графике может быть легко выявлена технологическая последовательность работ, которая определяет конечные сроки всей разработки – критический путь; по сетевому графику можно определять резервы времени работ, не лежащих на критическом пути, что позволяет наиболее рационально перераспределять наличные, людские, материальные и финансовые ресурсы; этот график даёт возможность оптимизировать план предстоящих работ.

Сетевой график (сеть) представляет собой план работ по созданию сначала промежуточной продукции с определённой степенью готовности, а в конце – полному его завершению, т.е. достижению конечной цели.

Наиболее распространённый способ изображения плана работ – это сетевой график в терминах работ и событий.

Термин “работа” используется в сетевом графике в широком смысле слова и имеет следующие значения:

1. Действительная работа – производственный процесс, требующий затрат времени и ресурсов (например, проектирование рабочих чертежей, изготовление деталей и т.д.).

2. Ожидание – процесс, требующий затрат времени, но не требующий затрат ресурсов (процессы старения металла, охлаждения деталей после термообработки и т.д.).

3. Зависимость (фиктивная работа) – условный элемент, который вводится для отражения взаимосвязи между работами. Зависимость не требует ни затрат времени, ни ресурсов.

Действительная работа и ожидание изображаются в сети сплошными стрелками, а зависимость – пунктирами.

Термин “событие” обозначает факт свершения одной или нескольких работ, без чего невозможно начало последующих. События изображаются на графике кружками или другими геометрическими фигурами. Событие в отличие от работы не является процессом, оно не имеет длительности, так как совершается мгновенно и не сопровождается затратами времени и ресурсов.

При построении сетевых графиков необходимо соблюдать несколько весьма несложных логических правил:

1. График должен быть простым, без лишних перечислений.

2. Стрелки (работы) должны быть направлены слева направо.

3. Между двумя событиями может быть изображена только одна работа (рис.1).

Рис.1

4. Для параллельно выполняемых работ вводятся дополнительное событие и зависимость (рис.2).

Рис.2

5. В сетевом графике не должно быть тупиков, т.е. событий, из которых не выходит ни одной работы (за исключением завершающих событий) или в которые не входит ни одна работа (за исключением исходных событий), например на рис.3 событие 4 является тупиковым, а в событие 2 не входит ни одна работа.

Рис.3

6. В сетевом графике не должно быть замкнутых контуров (на рис.4 работы 1-2, 2-3, 3-1 образуют замкнутый контур).

Рис.4

7. В сетевом графике не должно быть событий, обозначенных одинаковыми кодами (на рис.5 одинаково закодированы два события).

Рис. 5.

8. Сетевой график должен кодироваться так, чтобы стрелки (работа) выходила из события, закодированного меньшим числовым значением, и входила в событие с большим числовым значением.

Параметры сетевого графика рассчитываются одним из способов: аналитическим, табличным, методом расчёта на самом графике, с применением ЭВМ и др.

Наиболее широко применяют метод расчёта сетевого графика на самом графике и табличный метод. В них полностью используются формулы аналитического метода.

Методические указания по расчёту и оптимизации параметров сетевого графика приводятся по ходу решения задач.

Расчёта и оптимизации сетевого графика

Разработать план выполнения ОКР по созданию нового образца телевизора в виде сетевого графика на основе перечня работ и трудоёмкости их выполнения, приведенных в табл.1, гр.1, 3-6.

Произвести расчёт продолжительности каждой работы (i − j) исходя из заданной трудоёмкости и установленной численности (см. табл.1, гр.5 и 6); построить сетевой график на данный комплекс работ; закодировать построенный график; рассчитать параметры данного графика (наиболее ранние и наиболее поздние сроки свершения событий; наиболее ранние и наиболее поздние сроки начала и окончания работ; общие и частные резервы времени работ; продолжительность критического пути); произвести оптимизацию сетевого графика по параметру “время-людские ресурсы”.

1. Продолжительность выполнения каждой работы (i − j) определяется по формуле

,

( 1 )

где – трудоёмкость работы (i − j), чел. -недель;

 – численность исполнителей работы (i − j), чел.;

 – коэффициент выполнения норм времени (принимается равным 1).

Таблица 1. Перечень ОКР по созданию нового образца телевизора

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Код работы | Работа | Номера предшествующих работ | Трудоёмкость,чел. -недель | Численность исполнителей, чел.  | Продолжительность выполнения работ, недель |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 0-1 | Разработка технического задания | 0 |  9 | 3 | 3 |
| 2 | 1-5 | Патентный поиск | 1 | 10 | 2 | 5 |
| 3 | 1-2 | Выбор и расчёт скелетной схемы | 1 |  6 | 2 | 3 |
| 4 | 1-3 | Разработка эскизного проекта | 1 | 16 | 4 | 4 |
| 5 | 2-4 | Разработка принципиальной схемы | 3 | 12 | 4 | 3 |
| 6 | 4-5 | Расчёт принципиальной схемы и определение допусков на электронные параметры | 5 |  8 | 4 | 2 |
| 7 | 3-5 | Блочное проектирование макета нового телевизора | 3, 4 | 20 | 4 | 5 |
| 8 | 5-7 | Разработка и расчёт конструкторской документации для изготовления макета | 2, 6, 7 | 24 | 6 | 4 |
| 9 | 5-6 | Проектирование технологии и специальной оснастки | 2, 6, 7 | 20 | 4 | 5 |
| 10 | 6-7 | Изготовление оснастки | 9 | 30 | 6 | 5 |
| 11 | 2-7 | Обработка данных расчёта скелетной схемы и подготовка к макетированию | 3 |  8 | 2 | 4 |
| 12 | 7-8 | Изготовление макета нового телевизора | 8, 10, 11 | 40 | 8 | 5 |
| 13 | 8-9 | Испытание макета нового телевизора, изучение свойств и параметров, корректировка схем, расчётов, документации | 12 | 15 | 5 | 3 |

Подставив в формулу (1) соответствующие данные по первой работе из табл.1, получим

 недели.

Аналогично производим расчёты по всем остальным работам, а результаты заносим в гр.7 табл.1.

2. Построение сетевого графика осуществляться на основании данных, приведенных в гр.1, 3 и 4 табл.1 (Рис.6).

Рис. 6. Сетевой график на выполнение ОКР по созданию нового образца телевизора

3. Кодирование сетевого графика выполняется в соответствии с правилом № 8. Коды событий проставляются по возрастанию от i до j (см. Рис.6), а также в гр.2 табл.1.

4. Расчёт параметров сетевого графика.

Для пояснения методики расчёта рассмотрим два метода:

1. Расчёт параметров сетевого графика на самом графике.

2. Табличный метод расчёта.

Первый метод предусматривает расчёт следующих параметров:

− ранних сроков свершения событий ();

− поздних сроков свершения событий ();

− резервов времени свершения событий ().

Для расчёта параметров сетевого графика по первому методу все события (кружки) делятся на четыре сектора (см. Рис.6). В верхних секторах проставляют коды событий. В левые секторы в процессе расчёта вписывают наиболее ранние сроки свершения событий (), а в правые – наиболее поздние сроки свершения событий (). В нижних секторах проставляют календарные даты или резервы событий ().

Расчёт наиболее ранних сроков свершения событий ведётся слева направо, начиная с исходного события и заканчивая завершающим событием. Ранний срок свершения исходного события принимается равным нулю ( = 0). Ранний срок свершения j-го события определяется суммированием продолжительности работы (), ведущей к j-му событию, и раннего срока предшествующего ему i-го события . Это при условии если в j-е событие, входит одна работа (например, для события № 2 ), а если j-му событию предшествует несколько работ, то определяют ранние сроки выполнения каждой работы и из них выбирают максимальный по абсолютной величине и записывают в левом секторе события .

Например, ; ; . Из этих значений выбирают максимальное – 12 и вписывают в левый сектор события № 5. Аналогично расчёт ведётся до завершающего события.

Расчёт наиболее поздних сроков свершения событий ведётся справа налево, начиная с завершающего события и заканчивая исходным. Поздний срок свершения завершающего события принимается равным раннему сроку этого события (). например . Это значение записывают в правый сектор события.

Наиболее поздний срок свершения i-го события определяется как разность между сроками последующего j-го события, записанным в правом секторе, и продолжительностью работы, ведущей из i-го события к j-му событию, т.е. . Это значение вписывают в правый сектор i-го события, если из этого события выходит одна работа, а если из i-го события выходит несколько работ, то выбирают минимальное значение и записывают правый сектор i-го события, это и будет поздним сроком свершения i-го события.

Например, из события № 2 выходят три работы с поздними сроками свершения событий: ; . Из трёх значений выбирают минимальное, равное 7, и вписывают его в правый сектор события № 2. Аналогично расчёт ведётся до исходного события.

Расчёт резервов времени на свершение событий.

Резерв времени i-го события определяется непосредственно на сетевом графике вычитанием величины раннего срока свершения i-го события из величины позднего срока свершения i-го события .

Следует отметить, что все события, которые не имеют резервов времени, лежат на критическом пути, однако этого недостаточно, чтобы выделить работы, находящиеся на критическом пути. Например, несмотря на то, что у работы (5-7) ранние и поздние сроки свершения событий равны, она не лежит на критическом пути. Для выделения критических работ необходимо, чтобы .

Например, для работы (5-7): 22-12 = 10, а , следовательно, данная работа имеет резерв и потому не является критической. Критический путь проходит по работам (0-1), (1-3), (3-5), (5-6), (6-7), (7-8), (8-9).

Второй метод расчёта параметров сетевого графика (табличный) предусматривает расчёт следующих параметров:

− наиболее ранних сроков начала i – j работ ();

− наиболее ранних сроков окончания i – j работ ();

− наиболее поздних сроков начала i – j работ ();

− наиболее поздних сроков окончания i – j работ ();

− общих резервов времени i – j работ ();

− частных резервов времени первого и второго вида работы i – j.

Все указанные параметры сетевого графика определяются в табличной форме (табл.2).

Таблица 2. Расчёт параметров сетевого графика табличным методом

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Код |  |  |  |  |  |  |  |  |
| i | j |
| 1 | 2 | 3 |  4 |  5 |  6 |  7 |  8 |  9 | 10 |
| 0 | 1 | 3 |  0 |  3 |  0 |  3 |  0 |  0 |  0 |
| 11 | 23 | 34 |  33 |  67 |  43 |  77 |  10 |  00 |  10 |
| 122 | 534 | 503 |  366 |  869 |  777 | 12710 |  411 |  410 |  400 |
| 23 | 75 | 45 |  67 | 1012 | 187 | 2212 | 120 | 120 | 110 |
| 45 | 56 | 25 |  912 | 1117 | 1012 | 1217 |  10 |  10 |  00 |
| 56 | 77 | 45 | 1217 | 1622 | 1817 | 2222 |  60 |  60 |  60 |
| 78 | 89 | 53 | 2227 | 2730 | 2227 | 2730 |  00 |  00 |  00 |

Расчёт параметров сетевого графика начинают с заполнения первых трёх граф таблицы. В гр.1 и 2 записывают коды событий, строго по их возрастанию, а в гр.3 проставляют продолжительность выполнения работ.д.алее рассчитывают наиболее ранние сроки начала и окончания работ (см. табл.2, гр.4 и 5). Расчёт ведётся сверху вниз.

Для работ, опирающихся на исходное событие, наиболее раннее начало принимают равным нулю () = 0 и проставляют в гр.4 табл.2. Ранний срок окончания работ получается в результате сложения и в каждой строке . Полученный результат записывают в гр.5 табл.2.

Для определения раннего срока начала последующих работ в вышерасположенных строках таблицы находится обозначение работы, у которой последующее событие j имеет номер предыдущего события i рассчитываемой работы, и значение из этой строки (гр.5) переносят в гр.4 строки рассчитываемой работы.

Если начальному событию рассматриваемой работы предшествует несколько работ, то в качестве выбирают наибольшее значение . Например, , так как работе (5-6) предшествует три работы: (1-5), (3-5), (4-5), из которых работа (3-5) имеет максимальное раннее окончание равное 12, а работы (1-5) и (4-5) соответственно имеют , равное 8 и 11.

Расчёт наиболее поздних сроков начала и окончания работ ведётся снизу вверх в гр.6 и 7 табл.2.

Для завершающего события наиболее ранний срок свершения равен наиболее позднему сроку и равен продолжительности критического пути, т.е. .

Для нашего случая . Это значение записываются в гр.7 табл.2. Позднее начало определяется как разность между и её продолжительностью, т.е. .

Позднее окончание для каждой работы (i – j) определяется путём отыскания поздних начал работ − последующих за данной работой. Если за ней следует одна работа, то будет являться для рассматриваемой работы и её значение из гр.6 переносят в гр.7 табл.6.2. Например, данная работа (5-7), за ней следует одна работа (7-8), у которой , следовательно, . Если за данной работой следует несколько работ, тогда выбирается минимальное значение позднего их начала. Например, за работой (4-5) следуют две работы (5-6) и (5-7), т.е. и . Выбирают минимальное значение, равное 12, и переносят из гр.6 в гр.7 для работы (4-5), т.е. .

Полный (общий) резерв времени работы (i – j) определяют как разность между наиболее поздним (гр.7) и наиболее ранним (гр.5) окончанием работы (i – j), а результат записывают в гр.8 табл.2. Например, .

Расчёт частных резервов времени работы (i – j) ведётся в табличной форме снизу вверх с использованием формул для определения частного резерва времени первого вида (результат записывают в гр.10 табл.2)

.

Например, .

Частный резерв времени второго вида рассчитывается по формуле (результат заносят в гр.9 табл.2)

.

Например, .

5. Оптимизация сетевого графика по параметру “время – ресурсы”.

Эта оптимизация производится эвристическим методом. Сначала график оптимизируют по параметру “время”, а затем, если он удовлетворяет длительности критического пути, – по ресурсам (людским, материальным и др.). По параметру “время” существует несколько способов приведения графика в соответствие с заданными сроками, например, пересмотр топологии сети, сокращение продолжительности работ, лежащих на критическом пути, и др.

В нашем случае недель устраивает разработчика, и график пока не оптимизируется по параметру “время”.

Оптимизация сетевого графика по параметру “людские ресурсы” сводится к расчёту численности исполнителей по календарным периодам и приведению её к заданным ограничениям. Для этого сетевой график наносят на календарную сетку (рис.7, а), при этом работы изображаются стрелками в масштабе времени их свершения по наиболее ранним срокам, а резервы времени работ (частные резервы времени работ второго вида) изображают пунктирными линиями со стрелкой.

После построения графика в масштабе времени над стрелками (работами) проставляют числа исполнителей, которые затем суммируются по календарным периодам, и результаты сравнивают с располагаемой численностью. Под сетевым графиком строят график загрузки людских ресурсов по плановым периодам (рис.7, б). Если расчётные числа превышают располагаемую численность исполнителей в каком-либо периоде (в нашем случае располагаемая численность – 8 человек), то начало работ сдвигается на более ранние или более поздние сроки в пределах имеющихся резервов времени выполнения работ с таким расчётом, чтобы сумма людских ресурсов по календарным периодам не превышала наличную численность работников. В нашем случае имеется превышение численности в отдельные плановые периоды (см. рис.7, б) и недогрузка исполнителей в отдельные недели.

В этой связи было перемещено начало выполнения отдельных работ в пределах имеющихся резервов времени. В частности, работа (1-5) перемещена на более раннее её начало с изменением топологии сетевого графика; начало работ (4-5) и (2-7) перемещено соответственно на величину их резервов; время выполнения работы (5-7) увеличено с 4 до 6 недель с сокращением численности исполнителей; срок выполнения завершающей работы (8-9) сокращён с 3 до 2 недель с увеличением численности исполнителей.

Рис.7. Сетевой график и график движения людских ресурсов до оптимизации по параметру “время – ресурсы”.

Сетевой график и график загрузки людских ресурсов после оптимизации представлены на рис.8. Приоритет передвижения работ по оси времени отдавался работам с наибольшими резервами времени. Из рис.8 видно, что критический путь сократился на 1 неделю и составил 29 недель, а численность исполнителей по всем плановым периодам не превышает 8 человек.

Рис.8. Сетевой график движения людских ресурсов после оптимизации по параметру “время – ресурсы”.

# ЛИТЕРАТУРА

1. Новицкий Н.И. Организация и планирование производства: Практикум / Н.И. Новицкий. – Мн.: Новое знание, 2004. – 256 с.
2. Новицкий Н.И. Организация производства на предприятиях: Учеб. -метод. пособие. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 392 с.
3. Новицкий Н.И. Основы менеджмента: организация и планирование производства: задачи и лабораторные работы. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 208 с.
4. Новицкий Н.И., Пашуто В.П. Организация, планирование и управление производством: Учеб. -метод. пособие / Под ред. Н.И. Новицкого. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 576 с.