МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования   
«Национальный исследовательский   
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

**(ННГУ)**

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТНЫХ   
И КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТ**

*Учебно-методические рекомендации*

*Для студентов, обучающихся   
в институте информационных технологий,  
 математики и механики*

Нижний Новгород  
 2019

**Введение**

Планирование и управление комплексом работ по проекту представляет собой сложную и, как правило, противоречивую задачу. Оценка временных и стоимостных параметров функционирования системы, осуществляемая в рамках этой задачи, производится различными методами. Среди существующих большое значение имеет метод сетевого планирования.

Сетевое планирование — метод анализа сроков (ранних и поздних) начала и окончания нереализованных частей проекта, позволяет увязать выполнение различных работ и процессов во времени, получив прогноз общей продолжительности реализации всего проекта.

Методы сетевого планирования могут широко и успешно применяются для оптимизации планирования и управления сложными разветвленными комплексами работ, которые требуют участия большого числа исполнителей и затрат ограниченных ресурсов.

Первый этап широкого использования сетевого планирования был связан с появлением диаграмм Ганта, которые появились в начале двадцатого века. Диаграмма Ганга это удобный инструмент для организации, планирования и управления ходом выполнения самых разнообразных процессов.

Второй этап. Методики сетевого планирования были разработаны в конце 50-х годов в США. В 1956 г. М. Уолкер из фирмы "Дюпон", исследуя возможности более эффективного использования принадлежащей фирме вычислительной машины Univac, объединил свои усилия с Д. Келли из группы планирования капитального строительства фирмы "Ремингтон Рэнд". Они попытались использовать ЭВМ для составления планов-графиков крупных комплексов работ по модернизации заводов фирмы "Дюпон". В результате был создан рациональный и простой метод описания проекта с использованием ЭВМ. Первоначально он был назван методом Уолкера-Келли, а позже получил название метода критического пути — МКП (или CPM —Critical Path Method).

Параллельно и независимо в военно-морских силах США был создан метод анализа и оценки программ PERT (Program Evaluation andReview Technique). Данный метод был разработан корпорацией "Локхид" и консалтинговой фирмой "Буз, Аллен энд Гамильтон" для реализации проекта разработки ракетной системы "Поларис", который объединял около 3800 основных подрядчиков и состоящего из 60 тыс. операций. Использование метода PERT позволило руководству программы точно знать, что требуется делать в каждый момент времени и кто именно должен это делать, а также вероятность своевременного завершения отдельных операций. Проект удалось завершить на два года раньше запланированного срока благодаря успешному руководству программы.

Третий этап связан как с продолжавшимся в конце двадцатого века усовершенствованием прежних методов управления проектами, так и с появлением новых, но на более качественном уровне - с применением современного программного обеспечения и персональных компьютеров. Сначала разработка программного обеспечения велась крупными компаниями с целью поддержки собственных проектов, но вскоре первые системы управления проектами появились и на рынке программного обеспечения. Системы, стоявшие у истоков планирования, разрабатывались для мощных больших компьютеров и сетей мини-ЭВМ.

Следует отметить, что главной целью сетевого планирования является сокращение до минимума продолжительности проекта, таким образом, использование сетевых моделей обусловлено необходимостью грамотного управления крупными проектами и предприятиями, научными исследованиями, конструкторской и технологической подготовкой производства, новых видов изделий, строительством и реконструкцией, капитальным ремонтом основных фондов и т.п.

С помощью сетевой модели руководитель работ или операции может системно и масштабно представлять весь ход работ или оперативных мероприятий, Управлять процессом их осуществления, а также маневрировать ресурсами.

**Глава 1.**

**Задача расчета временных характеристик**

Склады представляют собой разнообразные помещения, где содержатся товары, и различные устройства, специально предназначенные для их приемки, размещения и хранения. Сегодня склад – это хорошо отрегулированная многоуровневая организация, объединенная в единый технологический процесс с автоматизированными системами по учету складируемых запасов, начиная от их приемки и заканчивая отпуском конечному потребителю.

Таким образом, современный склад является сложной структурой, как с технической, так и с управленческой стороны. Ускоряющиеся темпы научно-технического прогресса вносят решительные изменения в структуру логистического процесса управления запасами. Это проявляется в том, что ежедневно в наш обиход входят новые, более совершенные системы движения материальных потоков.

Широкое распространение и энергичное внедрение современных комплексных автоматизированных систем управления складом, основанных на новейших средствах получения и обработки информации в режиме реального времени обуславливается необходимостью снижения временных и трудовых затрат.

Общая математическая модель задачи распределения ограниченных ресурсов включает в себя задание исходных параметров, варьируемых параметров и ограничений математической модели.

Исходные параметры:

j – номер работы, j∈J, где J - множество всех работ для всех изделий. Работы имеют сквозную нумерацию по всем изделиям.

i – номер ресурса, i∈I, где I - множество всех ресурсов производственной системы. Ресурсы представляются складируемыми (множество I⁰).

T – множество тактов периода планирования, включает такты tₙ, tₙ₊₁, … , tₖ - натуральные числа, tₙ≥I.

Jᵐ – множество работ, у которых заданы начальные сроки, Jᵐ ⊆ J.

Jᶠ – множество работ, обладающих директивными сроками окончания работ, Jᶠ ⊆ J.

tmj  - начальный срок работы J , tmj ≥ tm, tm j∈ T, j ∈ J.

tfj  - директивный срок работы j, j ∈ J.

r i,j – ресурсоемкость j-ой работы по ш –ому ресурсу, i ∈ I, j ∈ J, r i,j ≥ , t ∈ T, j ∈ J.

Qi,t – количество i-ого ресурса поступившего в такт t для выполнения работ, i ∈ I, t ∈ T.

K(j) – множество работ непосредственно предшествующих работе j , K(j) ⊆ J, j ∈ j.

Варьируемые параметры:

xj – номер такта начала работы j, xj ∈ T, j ∈ J.

yj – номер такта начала работы j, yj ∈ T, j ∈ J.

Zi,j,t  - интенсивность потребления j-ой работой i-ого ресурса в такт t, zi,j,t  ≥ 0, i ∈ I, t ∈ T, j ∈ J.

Возможные условия функционирования производственной системы разобьем на три класса:

1. Технологические условия (обусловлены заданной технологией изготовления совокупности сложных изделий).
2. Ресурсные условия (связанные с наличием ресурсов по тактам периода планирования).
3. Организационные условия (определяются заданием директивных и начальных сроков изготовления).

В свою очередь три класса возможных условий разобьем на две группы:

1. «Жесткие» условия – их нарушение недопустимо.
2. «Мягкие» условия – можно допустить их нарушение, но это приведет к наложению штрафных санкций на производственную систему.

На рисунке отражена связь между типами и классами возможных условий.

Рис. Классификация возможных условий математической модели распределения ресурсов складируемого и не складируемого типов.

Рис. Связь между типами и классами возможных ограничений.

Расчет сетевой модели начинают с временных параметров событий, которые вписывают непосредственно в вершины сетевого графика (рис.1):

https://pandia.ru/text/78/183/images/image001_180.gif – ранний срок наступления события i, минимально необходимый для выполнения всех работ, которые предшествуют событию i;

https://pandia.ru/text/78/183/images/image002_149.gif – поздний срок наступления события i, превышение которого вызовет аналогичную задержку наступления завершающего события сети;

https://pandia.ru/text/78/183/images/image003_124.gif – резерв события i, т. е. время, на которое может быть отсрочено наступление события i без нарушения сроков завершения проекта в целом.

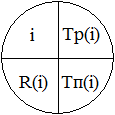


Рис.1. Отображение временных параметров событий на сетевом графике

Ранние сроки свершения событий https://pandia.ru/text/78/183/images/image001_180.gif рассчитываются от исходного (И) к завершающему (З) событию следующим образом:

1) для исходного события И https://pandia.ru/text/78/183/images/image005_95.gif;

2) для всех остальных событий Ihttps://pandia.ru/text/78/183/images/image006_87.gif,

где максимум берется по всем работам https://pandia.ru/text/78/183/images/image007_88.gif, входящим в событие i; https://pandia.ru/text/78/183/images/image008_79.gif – длительность работы (k, i) (рис.2).

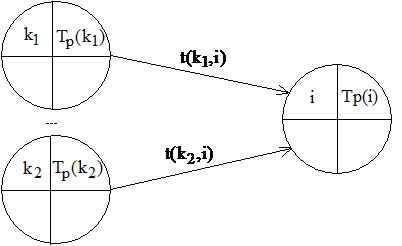


Рис.2. Расчет раннего срока https://pandia.ru/text/78/183/images/image001_180.gif свершения события i

Поздние сроки свершения событий https://pandia.ru/text/78/183/images/image002_149.gif рассчитываются от завершающего к исходному событию:

1) для завершающего события З https://pandia.ru/text/78/183/images/image010_71.gif;

2) для всех остальных событийhttps://pandia.ru/text/78/183/images/image011_66.gif,

где минимум берется по всем работам https://pandia.ru/text/78/183/images/image012_67.gif, выходящим из события i; https://pandia.ru/text/78/183/images/image013_62.gif – длительность работы (k, i) (рис.3).

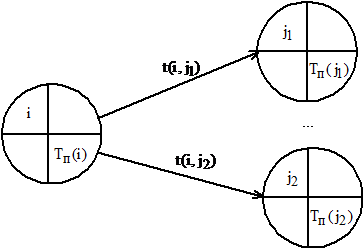


Рис.3. Расчет позднего срока https://pandia.ru/text/78/183/images/image002_149.gif свершения события i

Временные параметры работ определяются на основе ранних и поздних сроков событий:

https://pandia.ru/text/78/183/images/image015_58.gif – ранний срок начала работы;

https://pandia.ru/text/78/183/images/image016_53.gif – ранний срок окончания работы;

https://pandia.ru/text/78/183/images/image017_50.gif – поздний срок окончания работы;

https://pandia.ru/text/78/183/images/image018_49.gif – поздний срок начала работы;

https://pandia.ru/text/78/183/images/image019_45.gif – полный резерв работы показывает максимальное время, на которое можно увеличить длительность работы https://pandia.ru/text/78/183/images/image012_67.gif или отсрочить ее начало, чтобы не нарушился срок завершения проекта в целом;

https://pandia.ru/text/78/183/images/image020_47.gif – свободный резерв работы показывает максимальное время, на которое можно увеличить продолжительность работы https://pandia.ru/text/78/183/images/image012_67.gif или отсрочить ее начало, не меняя ранних сроков начала последующих работ.

Путь – это последовательность работ в сетевом графике (в частном случае это одна работа), в которой конечное событие одной работы совпадает с начальным событием следующей за ней работы. Полный путь – это путь от исходного до завершающего события. Критический путь –максимальный по продолжительности полный путь. Работы, лежащие на критическом пути, называют критическими. Критические работы имеют нулевые свободные и полные резервы. Подкритический путь – полный путь, ближайший по длительности к критическому пути.

Для проведения анализа временных параметров сетевой модели используют график привязки, который отображает взаимосвязь выполняемых работ во времени. По вертикальной оси графика привязки откладываются коды работ, по горизонтальной оси – отрезки, соответствующие длительностям работ (раннее начало и раннее окончание работ). График привязки можно построить на основе данных о продолжительности работ. При этом необходимо помнить, что работа https://pandia.ru/text/78/183/images/image021_44.gif может выполняться только после того как будут выполнены все предшествующие ей работы https://pandia.ru/text/78/183/images/image022_43.gif.

**Построение математической модели распределения ресурсов**

Важнейшим показателем сетевого графика являются резервы времени. Резервы времени каждого пути показывают, на сколько может быть увеличена продолжительность данного пути без ущерба для наступления завершающего события. Поскольку каждый некритический путь сетевого графика имеет свой полный резерв времени, то и каждое событие этого пути имеет свой резерв времени.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Элемент сети | Наименование параметра | Условное обозначение параметра |
| Событие i | Ранний срок свершения события | tp(i) |
|  | Поздний срок свершения события | t(i) |
|  | Резерв времени события | R(i) |
| Работа (i, j) | Продолжительность работы | t(i,j) |
|  | Ранний срок начала работы | tрн(i,j) |
|  | Ранний срок окончания работы | tpo(i,j) |
|  | Поздний срок начала работы | tпн(i,j) |
|  | Поздний срок окончания работы | tпо(i,j) |
|  | Полный резерв времени работы | Rп(i,j) |
| Путь L | Продолжительность пути | t(L) |
|  | Продолжительность критического пути | tkp |
|  | Резерв времени пути | R(L) |

Решение.

Резерв времени события показывает, на какой допустимый период времени можно задержать наступление этого события, не вызывая при этом увеличения срока выполнения комплекса работ.

Для определения резервов времени по событиям сети рассчитывают наиболее ранние tp и наиболее поздние tп сроки свершения событий. Любое событие не может наступить прежде, чем свершаться все предшествующие ему события и не будут выполнены все предшествующие работы. Поэтому ранний (или ожидаемый) срок tp(i) свершения i-ого события определяется продолжительностью максимального пути, предшествующего этому событию:

tp(i) = max(t(Lni)), где Lni – любой путь, предшествующий i-ому событию, то есть путь от исходного до i-ого события сети.

Если событие j имеет несколько предшествующих путей, а следовательно, несколько предшествующих событий i, то ранний срок свершения события j удобно находить по формуле:

tp(j) = max[tp(i) + t(i,j)]

Задержка свершения события i по отношению к своему раннему сроку не отразится на сроке свершения завершающего события (а значит, и на сроке выполнения комплекса работ) до тех пор, пока сумма срока свершения этого события и продолжительности (длины) максимального из следующих за ним путей не превысит длины критического пути. Поэтому поздний (или предельный) срок tп(i) свершения i-ого события равен: tп(i) = tkp - max(t(Lci))   
где Lci - любой путь, следующий за i-ым событием, т.е. путь от i-ого до завершающего события сети.

Если событие i имеет несколько последующих путей, а следовательно, несколько последующих событий j, то поздний срок свершения события i удобно находить по формуле:

tп(i) = min[tп(j) - t(i,j)]

Резерв времени R(i) i-ого события определяется как разность между поздним и ранним сроками его свершения: R(i) = tп(i) - tp(i)

Резерв времени события показывает, на какой допустимый период времени можно задержать наступление этого события, не вызывая при этом увеличения срока выполнения комплекса работ.

Критические события резервов времени не имеют, так как любая задержка в свершении события, лежащего на критическом пути, вызовет такую же задержку в свершении завершающего события. Таким образом, определив ранний срок наступления завершающего события сети, мы тем самым определяем длину критического пути.

При определении ранних сроков свершения событий tp(i) двигаемся по сетевому графику слева направо и используем формулы (1), (2).

Расчет сроков свершения событий.

Для i=1 (начального события), очевидно tp(1)=0.   
i=2: tp(2) = tp(1) + t(1,2) = 0 + 8 = 8.   
i=3: tp(3) = tp(2) + t(2,3) = 8 + 16 = 24.   
i=4: tp(4) = tp(2) + t(2,4) = 8 + 16 = 24.   
i=5: tp(5) = tp(3) + t(3,5) = 24 + 3 = 27.   
i=6: tp(6) = tp(4) + t(4,6) = 24 + 3 = 27.   
i=7: tp(7) = tp(5) + t(5,7) = 27 + 4 = 31.   
i=8: tp(8) = tp(6) + t(6,8) = 27 + 8 = 35.   
i=9: tp(9) = tp(7) + t(7,9) = 31 + 4 = 35.   
i=10: tp(10) = tp(7) + t(7,10) = 31 + 16 = 47.   
i=11: max(tp(2) + t(2,11);tp(8) + t(8,11);tp(9) + t(9,11);tp(10) + t(10,11)) = max(8 + 20;35 + 0;35 + 32;47 + 32) = 79.

Длина критического пути равна раннему сроку свершения завершающего события 11: tkp=tp(11)=79

При определении поздних сроков свершения событий tп(i) двигаемся по сети в обратном направлении, то есть справа налево и используем формулы (3), (4).

Для i=11 (завершающего события) поздний срок свершения события должен равняться его раннему сроку (иначе изменится длина критического пути): tп(11)= tр(11)=79.

Далее просматриваются строки, оканчивающиеся на номер предпоследнего события, т.е. 10. Просматриваются все строчки, начинающиеся с номера 10. i=10: tп(10) = tп(11) - t(10,11) = 79 - 32 = 47.

Далее просматриваются строки, оканчивающиеся на номер предпоследнего события, т.е. 9. Просматриваются все строчки, начинающиеся с номера 9. i=9: tп(9) = tп(11) - t(9,11) = 79 - 32 = 47.

Далее просматриваются строки, оканчивающиеся на номер предпоследнего события, т.е. 8. Просматриваются все строчки, начинающиеся с номера 8. i=8: tп(8) = tп(11) - t(8,11) = 79 - 0 = 79.

Далее просматриваются строки, оканчивающиеся на номер предпоследнего события, т.е. 7. Просматриваются все строчки, начинающиеся с номера 7. i=7: min(tп(9) - t(7,9);tп(10) - t(7,10)) = min(47 - 4;47 - 16) = 31.

Далее просматриваются строки, оканчивающиеся на номер предпоследнего события, т.е. 6. Просматриваются все строчки, начинающиеся с номера 6. i=6: tп(6) = tп(8) - t(6,8) = 79 - 8 = 71.

Далее просматриваются строки, оканчивающиеся на номер предпоследнего события, т.е. 5. Просматриваются все строчки, начинающиеся с номера 5. i=5: tп(5) = tп(7) - t(5,7) = 31 - 4 = 27.

Далее просматриваются строки, оканчивающиеся на номер предпоследнего события, т.е. 4. Просматриваются все строчки, начинающиеся с номера 4. i=4: tп(4) = tп(6) - t(4,6) = 71 - 3 = 68.

Далее просматриваются строки, оканчивающиеся на номер предпоследнего события, т.е. 3. Просматриваются все строчки, начинающиеся с номера 3.

i=3: tп(3) = tп(5) - t(3,5) = 27 - 3 = 24.

Далее просматриваются строки, оканчивающиеся на номер предпоследнего события, т.е. 2. Просматриваются все строчки, начинающиеся с номера 2.

i=2: min(tп(3) - t(2,3);tп(4) - t(2,4);tп(11) - t(2,11)) = min(24 - 16;68 - 16;79 - 20) = 8.

Далее просматриваются строки, оканчивающиеся на номер предпоследнего события, т.е. 1. Просматриваются все строчки, начинающиеся с номера 1.

i=1: tп(1) = tп(2) - t(1,2) = 8 - 8 = 0.

Таблица 1 - Расчет резерва событий

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номер события | Сроки свершения события: ранний tp(i) | Сроки свершения события: поздний tп(i) | Резерв времени, R(i) |
| 1 |  | 0 | 0 |
| 2 | 8 | 8 | 0 |
| 3 | 24 | 24 | 0 |
| 4 | 24 | 68 | 44 |
| 5 | 27 | 27 | 0 |
| 6 | 27 | 71 | 44 |
| 7 | 31 | 31 | 0 |
| 8 | 35 | 79 | 44 |
| 9 | 35 | 47 | 12 |
| 10 | 47 | 47 | 0 |
| 11 | 79 | 79 | 0 |

Заполнение таблицы 2

Перечень работ и их продолжительность перенесем во вторую и третью графы. При этом работы следует записывать в графу 2 последовательно: сначала начиная с номера 1, затем с номера 2 и т.д.

Во второй графе поставим число, характеризующее количество непосредственно предшествующих работ (КПР) тому событию, с которого начинается рассматриваемая работа.

Так, для работы (1,2) в графу 1 поставим число 0, т.к. на номер 1 не оканчивается ни одна работа.

Графу 4 получаем из таблицы 1 (tp(i)). Графу 7 получаем из таблицы 1 (tп(i)).

Значения в графе 5 получаются в результате суммирования граф 3 и 4.

В графе 6 позднее начало работы определяется как разность позднего окончания этих работ и их продолжительности (из значений графы 7 вычитаются данные графы 3);

Содержимое графы 8 (полный резерв времени R(ij)) равно разности граф 6 и 4 или граф 7 и 5. Если R(ij) равен нулю, то работа является критической

Полный резерв пути показывает, на сколько в сумме может быть увеличена продолжительность всех работ, принадлежащих данному пути, при условии, что срок выполнения всего комплекса работ не изменится. Образовывается, когда предшествующие работы закончатся в свой наиболее ранний срок.

Находим полный резерв RПi-j = Tпj-ti-j-Tрi

RП(1,2) = 8-8-0 = 0   
RП(2,3) = 24-16-8 = 0   
RП(2,4) = 68-16-8 = 44   
RП(2,11) = 79-20-8 = 51   
RП(3,5) = 27-3-24 = 0   
RП(4,6) = 71-3-24 = 44   
RП(5,7) = 31-4-27 = 0   
RП(6,8) = 79-8-27 = 44   
RП(7,9) = 47-4-31 = 12   
RП(7,10) = 47-16-31 = 0   
RП(8,11) = 79-0-35 = 44   
RП(9,11) = 79-32-35 = 12   
RП(10,11) = 79-32-47 = 0

Свободный резерв времени также можно найти и по формуле RCi-j = Tпi-ti-j-Tрi

RC(1,2) = 8-8-0 = 0   
RC(2,3) = 24-16-8 = 0   
RC(2,4) = 24-16-8 = 0   
RC(2,11) = 79-20-8 = 51   
RC(3,5) = 27-3-24 = 0   
RC(4,6) = 27-3-24 = 0   
RC(5,7) = 31-4-27 = 0   
RC(6,8) = 35-8-27 = 0   
RC(7,9) = 35-4-31 = 0   
RC(7,10) = 47-16-31 = 0   
RC(8,11) = 79-0-35 = 44   
RC(9,11) = 79-32-35 = 12   
RC(10,11) = 79-32-47 = 0

Независимый резерв времени также можно найти и по формуле RНi-j = Tрj-ti-j-Tпi

RН(1,2) = 8-8-0 = 0   
RН(2,3) = 24-16-8 = 0   
RН(2,4) = 24-16-8 = 0   
RН(2,11) = 79-20-8 = 51   
RН(3,5) = 27-3-24 = 0   
RН(4,6) = 27-3-68 = -44   
RН(5,7) = 31-4-27 = 0   
RН(6,8) = 35-8-71 = -44   
RН(7,9) = 35-4-31 = 0   
RН(7,10) = 47-16-31 = 0   
RН(8,11) = 79-0-79 = 0   
RН(9,11) = 79-32-47 = 0   
RН(10,11) = 79-32-47 = 0

Таблица 2 - Анализ сетевой модели по времени

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Работа (i,j) | Количество предшествующих работ | Продолжительность tij | Ранние сроки: начало tijР.Н. | Ранние сроки: окончание tijР.О. | Поздние сроки: начало tijП.Н. | Поздние сроки: окончание tijП.О. | Резервы времени: полный RijП | Независимый резерв времени RijН | Частный резерв I рода, Rij1 | Частный резерв II рода, RijC |
| (1,2) | 0 | 8 | 0 | 8 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (2,3) | 1 | 16 | 8 | 24 | 8 | 24 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (2,4) | 1 | 16 | 8 | 24 | 52 | 68 | 44 | 0 | 44 | 0 |
| (2,11) | 1 | 20 | 8 | 28 | 59 | 79 | 51 | 51 | 51 | 51 |
| (3,5) | 1 | 3 | 24 | 27 | 24 | 27 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (4,6) | 1 | 3 | 24 | 27 | 68 | 71 | 44 | -44 | 0 | 0 |
| (5,7) | 1 | 4 | 27 | 31 | 27 | 31 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (6,8) | 1 | 8 | 27 | 35 | 71 | 79 | 44 | -44 | 0 | 0 |
| (7,9) | 1 | 4 | 31 | 35 | 43 | 47 | 12 | 0 | 12 | 0 |
| (7,10) | 1 | 16 | 31 | 47 | 31 | 47 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (8,11) | 1 | 0 | 35 | 35 | 79 | 79 | 44 | 0 | 0 | 44 |
| (9,11) | 1 | 32 | 35 | 67 | 47 | 79 | 12 | 0 | 0 | 12 |
| (10,11) | 1 | 32 | 47 | 79 | 47 | 79 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Следует отметить, что кроме полного резерва времени работы, выделяют еще три разновидности резервов. Частный резерв времени первого вида R1 - часть полного резерва времени, на которую можно увеличить продолжительность работы, не изменив при этом позднего срока ее начального события. R1 находится по формуле:

R(i,j)= Rп(i,j) - R(i)

Частный резерв времени второго вида, или свободный резерв времени Rc работы (i,j) представляет собой часть полного резерва времени, на которую можно увеличить продолжительность работы, не изменив при этом раннего срока ее конечного события. Rc находится по формуле:

R(i,j)= Rп(i,j) - R(j)

Значение свободного резерва времени работы указывает на расположение резервов, необходимых для оптимизации.

Независимый резерв времени Rн работы (i,j) - часть полного резерва, получаемая для случая, когда все предшествующие работы заканчиваются в поздние сроки, а все последующие начинаются в ранние сроки. Rн находится по формуле:

R(i,j)= Rп(i,j)- R(i) - R(j)

Критический путь: (1,2)(2,3)(3,5)(5,7)(7,10)(10,11)

Продолжительность критического пути: 79

Анализ сетевого графика

Сложность сетевого графика оценивается коэффициентом сложности, который определяется по формуле:

Kc = npab / ncob

где Kc – коэффициент сложности сетевого графика; npab – количество работ, ед.; ncob – количество событий, ед.

Сетевые графики, имеющие коэффициент сложности от 1,0 до 1,5, являются простыми, от 1,51 до 2,0 – средней сложности, более 2,1 – сложными. Kc = 13 / 11 = 1.18

Поскольку Kc < 1.5, то сетевой график является простым.

Коэффициентом напряженности КH работы Pi,j называется отношение продолжительности несовпадающих (заключенных между одними и теми же событиями) отрезков пути, одним из которых является путь максимальной продолжительности, проходящий через данную работу, а другим – критический путь:

https://chart.googleapis.com/chart?cht=tx&chl=K_%7bH%7d%20=%20\frac%7bt(Lmax)-t1_%7bkp%7d%7d%7bt_%7bkp%7d-t1_%7bkp%7d%7d

где t(Lmax) – продолжительность максимального пути, проходящего через работу Pi,j, от начала до конца сетевого графика; tkp – продолжительность (длина) критического пути; t1kp – продолжительность отрезка рассматриваемого максимального пути, совпадающего с критическим путем.

Коэффициент напряженности КH работы Pi,j может изменяться в пределах от 0 (для работ, у которых отрезки максимального из путей, не совпадающие с критическим путем, состоят из фиктивных работ нулевой продолжительности) до 1 (для работ критического пути). Чем ближе к 1 коэффициент напряженности КH работы Pi,j, тем сложнее выполнить данную работу в установленные сроки. Чем ближе Кн работы Pi,j к нулю, тем большим относительным резервом обладает максимальный путь, проходящий через данную работу.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Работа | Путь | Максимальный путь, t(Lmax) | Совпадающие работы | t1kp | Расчет | КH |
| (1,2) | (1,2)(2,3)(3,5)(5,7)(7,10)(10,11) | 79 | (1,2)(2,3)(3,5)(5,7)(7,10)(10,11) | 79 | - | - |
| (2,3) | (1,2)(2,3)(3,5)(5,7)(7,10)(10,11) | 79 | (1,2)(2,3)(3,5)(5,7)(7,10)(10,11) | 79 | - | - |
| (2,4) | (1,2)(2,4)(4,6)(6,8)(8,11) | 35 | (1,2) | 8 | (35-8)/(79-8) | 0.38 |
| (2,11) | (1,2)(2,11) | 28 | (1,2) | 8 | (28-8)/(79-8) | 0.282 |
| (3,5) | (1,2)(2,3)(3,5)(5,7)(7,10)(10,11) | 79 | (1,2)(2,3)(3,5)(5,7)(7,10)(10,11) | 79 | - | - |
| (4,6) | (1,2)(2,4)(4,6)(6,8)(8,11) | 35 | (1,2) | 8 | (35-8)/(79-8) | 0.38 |
| (5,7) | (1,2)(2,3)(3,5)(5,7)(7,10)(10,11) | 79 | (1,2)(2,3)(3,5)(5,7)(7,10)(10,11) | 79 | - | - |
| (6,8) | (1,2)(2,4)(4,6)(6,8)(8,11) | 35 | (1,2) | 8 | (35-8)/(79-8) | 0.38 |
| (7,9) | (1,2)(2,3)(3,5)(5,7)(7,9)(9,11) | 67 | (1,2)(2,3)(3,5)(5,7) | 31 | (67-31)/(79-31) | 0.75 |
| (7,10) | (1,2)(2,3)(3,5)(5,7)(7,10)(10,11) | 79 | (1,2)(2,3)(3,5)(5,7)(7,10)(10,11) | 79 | - | - |
| (8,11) | (1,2)(2,4)(4,6)(6,8)(8,11) | 35 | (1,2) | 8 | (35-8)/(79-8) | 0.38 |
| (9,11) | (1,2)(2,3)(3,5)(5,7)(7,9)(9,11) | 67 | (1,2)(2,3)(3,5)(5,7) | 31 | (67-31)/(79-31) | 0.75 |
| (10,11) | (1,2)(2,3)(3,5)(5,7)(7,10)(10,11) | 79 | (1,2)(2,3)(3,5)(5,7)(7,10)(10,11) | 79 | - | - |

Вычисленные коэффициенты напряженности позволяют дополнительно классифицировать работы по зонам. В зависимости от величины Кн выделяют три зоны: критическую (Кн > 0,8); подкритическую (0,6 < Кн < 0,8); резервную (Кн < 0,6).  **Глава 2.**

**Методы решения задач оперативного управления для автономной системы сетевой структуры**