МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

 **«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**(ФГБОУ ВО «КубГУ»)**



**КУРСОВАЯ РАБОТА**

**оптимизация моделей сетевого планирования и управления**

Работу выполнила Д.Д.Козловская

(подпись, дата)

Факультет экономический курс 1

Направление 27.03.03 системный анализ и управление

Научный руководитель

доцент кафедры МКМ,

канд. экон. наук,

доцент Г.Н.Библя

(подпись, дата)

Нормоконтролер

ст. лаборант \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Ю.Д.Кравченко

(подпись, дата)

Краснодар 2018

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

 **«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**(ФГБОУ ВО «КубГУ»)**

**Кафедра математических и компьютерных методов**

**ЗАДАНИЕ**

на курсовую работу

Студенту \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ группы 113 направления подготовки 27.03.03 Системный анализ

**Тема курсовой работы: «Оптимизация методов сетевого планирования и управления»**

 **Цель**: Изучить предметную область. Рассмотреть возможности применения методики системного анализа и оптимизации данных. Построить модель системы.

 **Основные вопросы, подлежащие разработке (исследованию)**:

 1) Теоретический обзор современных подходов, методов и алгоритмов исследования проблемы;

 2) Анализ предметной области, обоснование *спецификации* исследуемой системы;

 3) Проектирование и реализация разработки.

 **Основная литература**:

1 Васильев, Ф.П. Методы оптимизации/Ф. П. Васильев.: Изд-во «Юрайт», 2016.- 376с.

2 Голубева Н.В. Математическое моделирование систем и процессов: учебное пособие /Н.В. Голубева.- Электрон. текстовые. дан.- СПБ.: Лань,2013.-192с.

3 Кузнецов, В.А. Системный анализ, оптимизация и принятие решений/В. А. Кузнецов.- М.: ИНФРА-М, 2017.- 256с.

4 Силич, М.П. Теория систем и системный анализ: учебное пособие/М.П. Силич, В.А. Силич. -М. : ТУСУР, 2011.- 276с.

5 Сухарев, А.Г. Методы оптимизации/А. Г. Сухарев, А.В. Тимохов, В.В. Федоров.: Изд-во «Юрайт», 2014.-368с.

Срок представления законченной работы 29 мая 2018 г.

Дата выдачи задания 05 февраля 2018 г.

Руководитель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ /Г.Н. Библя /

Задание получил 05 февраля 2018 г.

Студент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ /\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/

РЕФЕРАТ

Курсовая работа 31 с., 5 рис, 3 табл., 10 источников, 1 прил.

ОПТИМИЗАЦИЯ МОДЕЛЕЙ СЕТЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ

Объект исследования – проект по производству компьютерных систем.

Предмет исследования – сетевое планирование и управление

Целью курсовой работы является изучение и оптимизация проекта методом сетевого планирования и управления. Рассмотрение возможности применения методики сетевого планирования для предмета исследования. Построение модели сетевого планирования и управление и ее оптимизация.

Метод исследования – методы оптимизации и управления сетевых моделей. Оптимизация по различным критериям.

Для выполнения поставленных задач использовался проект производства компьютерных систем.

Преимущество и актуальность СПУ как метода планирования в том, что имеют место быть строгие логические элементы, вследствие чего применение современного математического аппарата и вычислительной техники.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение5

1 Основы теории сетевого планирования 8

1.1 Основные элементы сетевой модели 8

1.2 Расчет критического пути 11

1.3 Временные лаги 12

1.3.1 Полный резерв времени 12

1.3.2 Частный резерв времени 1 вида 12

1.3.3 Частный резерв времени 2 вида 13

1.3.4 Независимый резерв времени 13

1.4 Оптимизация по критериям 13

2 Моделирование систем сетевого планирования в условиях

неопределенности 16

2.1 Определение числовых характеристик сетевой модели 16

2.2 Центральная теорема Ляпунова 18

2.3 Коэффициент напряженности работы 18

3 Решение задачи оптимизации сетевой модели 20

3.1 Оптимизация по критерию 20

Заключение 27

Список использованных источников 28

Приложение А Сетевое дерево 29

ВВЕДЕНИЕ

Методы сетевого планирования используются при решении весьма трудоемких и значимых задач. Сфера применения сетевого планирования весьма обширна:

* научные исследования;
* сельскохозяйственные и производственные работы;
* строительные работы;
* инновационная деятельность;
* диверсификация производства;
* бизнес планирование и прочее.

Проведение подобного рода проектов требует определенной календарной увязки большого числа взаимосвязанных работ, которые выполняются различными организациями. Планирование, анализ и оптимизация являются достаточно сложными задачами при немалом потоке информации. Как правило, человеку сложно собрать все что нужно в голове воедино, чтобы с минимальной погрешностью принимать решения. Для выполнения подобного рода задач используют методы сетевого планирования.

Данный метод дает возможность определить какие операции из числа многих являются «критическими» по своему влиянию на общую продолжительность проекта, и какие есть пути выполнения работ сохраняя общие сроки проекта. За рубежом система СПУ известна как система РЕRТ (Рrоgram Еvaluation and Review Тechnique - метод анализа и оценки программ) или СРМ (Critical Рath Мethod - метод критического пути).

Сетевой моделью (СМ) называется графическое представление плана выполнения комплекса работ, заданного в специфической форме сети. Графическое изображение подобной сети называется сетевым графиком.

В итоге оптимизация сетевого графика заключается в усовершенствовании процесса планирования и управления совокупностью работ с целью сокращения временных, экономических ресурсов и повышение финансовой оставляющей проекта.

Преимущество и актуальность СПУ как метода планирования в том, что имеют место быть строгие логические элементы, вследствие чего применение современного математического аппарата и вычислительной техники.

Предмет исследования: сетевое планирование и управление.

Объект исследования: проект по производству компьютерных систем.

Методы СПУ весьма универсальны и могут использоваться на всех этапах планирования строительных работ, научно-исследовательских, производственных и т.д. Оптимизация построенной сетевой модели, в свою очередь, позволит сократить издержки и увеличить эффективность проекта.

Цель курсовой работы: Оптимизация проекта методом сетевого планирования и управления.

Задачи данной курсовой работы:

* рассмотреть теоретические основы сетевого планирования;
* рассмотреть типологию временных резервов;
* изучить методику сетевого планирования в условиях неопределённости;
* рассмотреть критерии, по которым возможна оптимизация модели;
* задача оптимизации сетевой модели на примере проекта по производству компьютерных систем.

В первой главе были раскрыты теоретические основы сетевого планирования и управления, описанные все части составляющие сетевую модель, приведены способы оптимизации.

В второй главе рассмотрена возможность сетевого планирования в условиях неопределенности, приведены все необходимы формулы расчета параметров сетевой модели.

В третьей главе решена задача оптимизации сетевой модели и ее составления, на основе проекта по производству компьютерной техники мы составили сетевую модель, просчитали ее характеристики при оптимистичных и пессимистичных условиях, и вы полнили оптимизацию по критерию «время-стоимость».

Исследованиями в данной области занималось не малое количество ученых. В основном зарубежные ученные активно принимали участие в исследованиях.

1. Основы теории сетевого планирования
	1. Основные элементы сетевой модели

Создание проекта всегда начинается с планирования задач, лиц, непосредственно отвечающих за исполнение данных задач, количества ресурсов и времени, которым мы можем располагать. Чем сложнее и объёмней предполагаемая работа, тем сложнее координировать процесс. Простой календарный график неспособен отвечать всем нуждам, так как остается проблема принятия срочных решений на его основе, корректировка графика в ходе исполнения проекта, также он не дает увидеть резервы времени и ресурсов. Составление календарного графика при больших объёмах задач не имеет смысла. Приведенным выше задачам отвечаю модели сетевого планирования.

Приступим к рассмотрению основных элементов сетевой модели.

Сетевая модель в сущности основана на теории графов. Схема, состоящая из установленных точек (вершин), объединенных отрезками (ребрами). Если их направления обозначены стрелками, схема именуется ориентированным графом.

Основные понятия на которых базируется теоретическое изучение сетевой модели:

1. Сетевой график, сеть- экономико-математическая модель содержащая взаимосвязь комплекса работ и событий, которые входя в реализацию проекта, связи между ними, хронологические, логические и технические. Представляет собой ориентированный граф без контуров с ребрами, отмеченными соответствующими числами.

Анализ сетевого графика, представленного либо в графической, либо в табличной форме позволяет более четко выявлять взаимосвязи этапов реализации проектов и определять наиболее оптимальный способ выполнения работ. Таким образом метод сетевого моделирования относится к методам принятия оптимальных решений.

Пример сетевого графика рисунок 1.1.

Рисунок 1.1- Сетевая модель

2. Работа- часть проекта имеющее начало и конец в форме количественно описываемого результата. Характеризует материальное действие, требующее привлечения ресурсов, либо логическое, требующее лишь взаимосвязи событий. Работы делятся на 2 типа: действительные (рисунок 1.2) и фиктивные. Фиктивные работы не требует привлечения материальных ресурсов. Графически работа представляется однонаправленной стрелкой соединяющей события. Фиктивные работы обозначаются пунктирной стрелкой (рисунок 1.3). Под фиктивной работой чаще всего понимается указание на необходимое условие. Также выделяют ожидание отдельным видом работы, требующая времени, но не использующая материальных ресурсов. Работа в терминологии графической представляет собой ребра, дуги. Также существует понятие «веха», это работа с нулевой продолжительностью по времени, обозначающее значимое событие в проекте.

Рисунок 1.2- Действительная работа

Рисунок 1.3- Фиктивная работа

3. Событие- событием называется некий результат выполненной работы, события не имеют временных промежутков, оно совершается в тот момент, когда в него входит последнее действие. Каждый сетевой график имеет начальное событие, из которого работы только выходят и конечное, в которое работы только входят. Обозначаются кругом (либо любой ругой геометрической фигурой) внутри которого находится порядковый номер. В графической теории событию соответствует термин вершина, точка.

4. Путь- в графической теории совокупность ребер в последовательности, при которой конец каждого ребра, является началом последующего. Путь является очередностью работ, соединяющих начальное и конечное событие. Продолжительность пути можно определить, суммировав продолжительность всех входящих в него работ.

5. Критический путь- не единственный, но самый длительный по времени путь в сетевом графике. Его протяженность во времени соответствует времени, которое необходимо на выполнение всех операций проект, включая параллельные. Очень часто критический путь принимают за наикратчайший- это неверно. Путаница происходит из-за того, что длина критического пути не включает в себя резервы времени (временные лаги), таким образом каждая последующая операция начинается после окончания предыдущей. Вследствие чего задержка выполнения любой критической операции приводит к отсрочке всего финиша проекта.

При каждой возможности руководитель проекта пытается сократить длину критического пути оптимизируя сетевой график. Управляющие проектом часто прибегают к искусственному созданию буферных зон для критического пути.

* 1. Расчет критического пути

Алгоритм расчета критического пути:

Пусть дана сеть. Для каждого события i определим наиболее ранний срок его наступления tp(i) по следующему правилу:

tp(0)=0;

для i >0 tp(i) равно продолжительности самого длинного (0, i)-пути.

Значения tp(i) определяют последовательно, переходя от источника к стоку.

Значения находятся из соотношения: tp(i) = max{ tp(k) + tki } ,т. е. для всех дуг (k, i), для которых i является концом, необходимо вычислить tp(k) + tki и выбрать наибольшее значение. Чтобы получить критический путь, будем передвигаться в обратном направлении, от стока к источнику, по тем ребрам (k, i), которые определяли значения tp(i), т.е. для которых выполняется равенство:

tp(i) - tki = tp(k).

* 1. Временные лаги

Следует разобраться в таком понятии как временной лаг или резерв времени. Временной лаг(резерв)- это своеобразный буфер для руководителя проекта, он показывает насколько можно задержать выполнение той или иной операции без изменения общего финиша проекта. Различают несколько видов временных резервов и соответственно несколько способов их расчета.

* + 1. Полный резерв времени

Полный резерв времени показывает насколько можно увеличить продолжительность работы, чтобы проходящий через нее максимальный путь (при условии сохранения директивных сроков совершения других работ, лежащих на этом пути) не превысил длину критического пути. Полный резерв времени рассчитывается по формуле:

 $R\_{i , j=t\_{max}\left(i,j\right)-t\left(i,j\right)-t\_{min}(i,j)}^{п}$ (1.1)

* + 1. Частный резерв времени первого вида

Частный резерв времени первого вида $R\_{1}$ является частью полного резерва, показывает такую часть полного резерва, на которую можно увеличить продолжительность работы, не меняя при этом позднего срока завершения начального события. Частный резерв времени 1 вида находится по формуле:

 $R\left(i,j\right)=R\_{i , j}^{п}-R(i)$ (1.2)

* + 1. Частный резерв времени второго вида

Частный резерв времени второго вида, или свободный резерв времени $R\_{2}$ являются частью полного резерва на которую можно увеличить продолжительность работы, не меняя при этом раннего рока завершения ее конечного события. Частный резерв времени 2 вида находится по формуле:

 $R\left(i,j\right)=R\_{i , j}^{п}-R(j)$ (1.3)

* + 1. Независимый резерв времени

Независимый резерв времени работы $R\_{н}$ является частью полного резерва времени, которую получают в случае, когда все предшествующие работы заканчиваются в поздние сроки, а все последующие начинаются в ранние сроки. Независимый резерв времени находится по формуле:

 $R\left(i,j\right)=R\_{i , j}^{п}-R\left(i\right)-R(j)$ (1.4)

* 1. Оптимизация по критериям

После составления сетевой модели, расчета всех ее параметров следует приступить к оптимизации. Оптимизация может производится по критериям:

* время – трудовые ресурсы;
* время – материальные ресурсы;
* время – денежные затраты;

Оптимизация сетевого графика по времени производится за счет использования временных лагов и с целью сокращения общей продолжительности работ. Как правило сокращают продолжительность критических работ. При оптимизации по критерию «время» стоимость финиша проекта увеличивается. Существуют различные способы оптимизации по данному критерию:

* увеличение численности персонала при выполнении работ критического пути за счет использования ресурсов работ некритической зоны, располагающих резервами времени;
* уменьшение продолжительности работ критического пути за счет привлечения дополнительного количества исполнителей, если есть соответствующие ресурсы и позволяет фронт работ;
* совершенствование применяемой базы временных оценок работ, за счет использования новейших достижений научно-технического прогресса и передового опыта при выполнении подобного вида работ;
* разработка мер по разделению некоторых работ на более мелкие процессы, по которым возможно параллельное выполнение;
* выявление возможности изменения технологии выполнения отдельных групп работ для оптимизации топологии сетевого графика.

На практике же оптимизации только по временному параметру оказывается недостаточно.

Необходимо правильно распределить трудовые и материальные ресурсы, которыми обладают руководители работ. Следовательно, появляется важнейший вопрос сопоставления имеющихся ресурсов с директивами сроков. Приступать к оптимизации сетевой модели по ресурсам следует после оптимизации по времени. Как правило самым лимитированным ресурсом оказывается трудовой, это следует учесть при определении последовательности, если оптимизация производится по нескольким ресурсам.

Процесс оптимизации сетевого графика осуществляется следующим образом.

1. На основе первоначальной сетевой модели строят календарный график (линейный график).

В левой части графика проставляют код работ, их продолжительность в днях и численность занятых на этих работах. Линейную диаграмму строят по ранним началам. Дата проведения работ ставится с использованием календаря за вычетом выходных и праздничных дней.

2. На основе календарного графика строится график изменения численности. На этом графике отмечаются интервалы времени, в которых одновременно, не прерываясь, выполняется та или иная группа работ.

3. Оптимизация сетевого графика может осуществляться способами, описанными выше.

4. Подсчитывается общая трудоемкость работ (как сумма произведений продолжительности каждой работы на численность рабочих, занятых на этой работе) и делится на общую продолжительность всех работ, равную величине критического пути. Полученный результат определяет количество рабочих, которые, работая каждый день, обеспечат выполнение всего комплекса работ в срок. Таким образом, на каждом интервале времени должно работать полученное количество рабочих для обеспечения равномерного использования трудовых ресурсов.

Оптимизация по материальным ресурсам производится последовательно по каждому виду ресурса в пределах имеющихся резервов времени.

Сначала выбирают ресурс, который является определяющим для данного вида работ, оптимизацию следует начать именно с него.

Оптимизация сетевой модели за счет минимизации материальных ресурсов сводится к определению оптимальной(минимальной) нормы расхода на единицу выполненной работы или распределению ресурсов на весь имеющийся комплекс работ. Во втором случае возможно перераспределение ресурсов с работ имеющих резервы времени, на работы критического пути с целью его сокращения.

2 Моделирование систем сетевого планирования в условиях неопределенности

2.1 Определение числовых характеристик сетевой модели

На практике случается так, что задать определенные сроки выполнение тех или иных работ бывает достаточно сложно, а порой это просто невозможно. В таком случае руководители проекта задают минимальные и максимальные сроки финиша проекта. Следовательно, продолжительность работ является величиной случайной, характеризующейся своим законом распределения, а значит и своими числовыми характеристиками- средним значением или математическим ожиданием.

Для определения значений числовых характеристик на основании опроса ответственных лиц определяют:

* оптимистическую оценку $t\_{min}$ (i,j) - продолжительность при самых благоприятных условиях;
* пессимистическая оценку $t\_{max}$ (i,j)- продолжительность при самых неблагоприятных условиях;
* наиболее вероятную оценку $t\_{ср}$(i,j)- среднюю продолжительность работ на основании оптимистической и пессимистической оценок.

Числовые значение продолжительности работ будут находиться в интервале между оптимистической и пессимистической оценками.

При предварительном анализе сетей с случайными продолжительностями работ как правило кроме расчета временных параметров определяют вероятность того, что срок на практике не превзойдёт максимальную оценку. В некоторых случаях интересна обратная задача. Определение максимального срока, который определен заданной надежностью (вероятностью). Практически во всех системах СПУ априори принимается, что распределение продолжительности работы обладает тремя свойствами:

* непрерывность;
* унимодальность, т.е. наличием единственного максимума у кривой распределения;
* две точки пересечения кривой распределения с осью Ох;

Простейшим распределением с подобными свойствами является β - распределение, которое можно использовать в качестве априорного для всех работ.

Предположение о β - распределении работы позволяет получить следующие оценки ее числовых характеристик:

 $t(i,j)=\frac{t\_{min}\left(i,j\right)+4t\_{ср} \left(i,j\right)+t\_{max}(i,j)}{6}$ (2.1)

Следует отметить, что на практике специалистам бывает сложно оценить среднею вероятностную оценку продолжительности работ, следовательно, используют формулу, основанную только на двух показателях.

 $t(i,j)=\frac{2t\_{min}\left(i,j\right)+3t\_{max}(i,j)}{5}$ (2.2)

Существует еще одна числовая характеристика- дисперсия. Дисперсию рассчитывают по формуле:

 $σ^{2}\left(i,j\right)=\left(\frac{t\_{max}\left(i,j\right)-t\_{min}\left(i,j\right)}{6}\right)^{2} $ (2.3)

Определить временные параметры графика в условиях неопределённости и оценить их надежность можно только зная t и $σ^{2}$.

В условиях, когда количество работ, принадлежащих пути, достаточно велико возможно использование теоремы Ляпунова.

2.2 Центральная теорема Ляпунова

Центральная теорема Ляпунова применима к моделям имеющих достаточно большое количество работ на пути N. Используя данную теорему мы утверждаем, что общая продолжительность пути N имеет нормальный закон распределения с средним значением t(N), которое равно сумме средних значений продолжительности его работ t(i,j) и дисперсией $σ^{2}$(i,j).

 $t\left(N\right)=\sum\_{i,j}^{}t(i,j)$ (2.4)

 $σ^{2}(N)=\sum\_{i,j}^{}σ^{2}(i,j)$ (2.5)

Если предположить, что график состоит из работ с случайными продолжительностями работ и цифры над стрелками обозначают средние значения t(i,j) продолжительностей соответствующих операция, которые найдены по формуле (1), а также известны все дисперсии $σ^{2}\left(i,j\right)$ найденные по формуле (3). То значение $t\_{кр}$ будет равно среднему значению длины критического пути.

2.3 Коэффициент напряженности работы

После того, как критический путь определен, резервы времени рассчитаны и проведена оценка вероятности выполнения проекта в заданный директивами срок, стоит приступить к всестороннему анализу модели сетевого планирования и управления и провести ее оптимизацию.

Анализ сетевого графика начинается с анализа топологии сети, включающего контроль построения сетевого графика, установление целесообразности выбора работ.

Затем проводится классификация и группировка работ по величинам резерва времени. Следует отметить, что величина полного резерва времени не всегда может достаточно точно характеризовать, насколько напряженным является выполнение той или иной работы некритического пути. Все зависит от того, на какую последовательность работ распространяется вычисленный резерв, какова продолжительность этой последовательности.

Коэффициент напряженности работы ($ K\_{н}$)- это 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:

 $K\_{н}\left(i,j\right)=\frac{t\left(N\_{max}\right)-t\_{кр}^{,}}{t\_{кр}-t\_{кр}^{,}}$ *,* (2.6)

где:

* t($N\_{max})$- продолжительность самого длинного пути проходящего через работу (i,j);
* $t\_{кр}$- длина критического пути;
* $t\_{кр}^{,}$- длина рассматриваемого отрезка пути совпадающего с критическим путем.

Формулу (6) можно привести к виду:

 $K\_{н}\left(i,j\right)=1-\frac{R\_{n}\left(i,j\right)}{t\_{кр}-t\_{кр}^{,}} $, (2.7)

где:

* $R\_{n}$(i,j)- полный резерв времени работы (i,j).

Коэффициент напряженности может изменяться от 0 до 1. Для работ у которых отрезки максимального из путей, не совпадающие с критическим путем, состоят из фиктивных работ нулевой продолжительности коэффициент напряженности будет равен 0. Коэффициент напряженности равен 1 для работ критического пути.

3 Решение задачи оптимизации сетевой модели

3.1 Оптимизация по критерию

Рассмотрим процесс производства компьютеров. Данные о времени выполнения той или иной операции в нормально и ускоренном режиме, очередность их выполнения представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1- Параметры сетевой модели

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование работы | A | B | C | D | E |
| Опирается на работу | E, H | G | - | C, F, A | - |
| Нормальный срок (дни) | 8 | 24 | 34 | 10 | 27 |
| Ускоренный срок (дни) | 6 | 18 | 24 | 6 | 18 |
| Нормальная цена (т.р.) | 13,8 | 46,8 | 69,6 | 61,2 | 189 |
| Ускоренная цена (т.р.) | 18,4 | 62,4 | 88,6 | 107,2 | 270 |
| Наименование работы | F | G | H | Q | V |
| Опирается на работу | E, H | V | G | V | - |
| Нормальный срок (дни) | 8 | 8 | 8 | 37 | 8 |
| Ускоренный срок (дни) | 6 | 6 | 6 | 24 | 6 |
| Нормальная цена (т.р.) | 64,8 | 12,6 | 14,4 | 280,8 | 72 |
| Ускоренная цена (т.р.) | 70,4 | 16,8 | 19,2 | 432,9 | 82 |

Задачи по оптимизации сетевой модели:

* построить сетевой график с учетом всех характеристик приведенных в таблице 1;
* рассчитать временные характеристик при нормальном режиме;
* оптимизировать модель с условием: «Перед предприятием поставлена задача сократить временной параметр процесса основного производства на 2 дня, при минимальных затратах на эту операцию».

С учетом все приведенных выше характеристик составим сетевой график в MS Project (Рисунок 3.1.). Данная сетевая модель учитывает продолжительность работ и их последовательность.



Рисунок 3.1- Сетевой график.

Для большей наглядности представлен также сетевой график с указанием продолжительностей работ над стрелками(работами) в Приложении А.

Рассмотрим диаграмму Ганта :



Рисунок 3.2- Диаграмма Ганта

Произведя расчёт сроков выполнения работ по формулам, приведенным в 1 разделе данной работы определили:

Длина критического пути равна раннему сроку свершения завершающего события 7:

$t\_{кр}$=$t\_{min}$(7)=45.

При определении поздних сроков свершения событий $t\_{max}$(i) двигаемся по сети в обратном направлении, то есть справа налево.

Для i=7 (завершающего события) поздний срок свершения события должен равняться его раннему сроку (иначе изменится длина критического пути):

$t\_{max}$(7) = $t\_{min}$(7)=45.

Далее находим строки, которые оканчиваются на номер предпоследнего события, в данном случае это событие 6.

i=6: $t\_{max}$(6) = $t\_{max}$(7) - t(6,7) = 45 - 10 = 35.

Далее находим строки, которые оканчиваются на номер следующего предпоследнего события, т.е. 5.

i=5: $t\_{max}$(5) = $t\_{max}$(6) - t(5,6) = 35 - 0 = 35

И далее пока процесс расчета не будет завершен.

Приступим к расчёту резервов времени с использованием формул (1.1)-(1.4) описанных в 1 разделе данной работы. Получим таблицу анализа временных характеристик модели:

Таблица 3.2 - временные характеристики сетевой модели

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Раб.(i,j) | П.р. | $$t\_{i,j}$$ | $$t\_{min}^{н}(i,j)$$ | $$t\_{min}^{о}(i,j)$$ | $$t\_{max}^{н}(i,j)$$ | $$t\_{max}^{о}(i,j)$$ | $$R\_{i, j}^{п}$$ | $$R\_{i, j}^{н}$$ | $$R\_{i, j}^{1}$$ | $$R\_{i, j}^{2}$$ |
| (1,2)  | 0 | 8 | 0 | 8 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (1,4) | 0 | 27 | 0 | 27 | 0 | 27 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (1,6) | 0 | 34 | 0 | 34 | 1 | 35 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| (2,3) | 1 | 8 | 8 | 16 | 11 | 19 | 3 | 0 | 3 | 0 |

Продолжение таблицы 3.2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| (2,7) | 1 | 37 | 8 | 45 | 8 | 45 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (3,4) | 1 | 8 | 16 | 24 | 19 | 27 | 3 | 0 | 0 | 3 |
| (3,7) | 1 | 24 | 16 | 40 | 21 | 45 | 5 | 2 | 2 | 5 |
| (4,5) | 2 | 8 | 27 | 35 | 27 | 35 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (4,6) | 2 | 8 | 27 | 35 | 27 | 35 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (5,6) | 1 | 0 | 35 | 35 | 35 | 35 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (6,7) | 3 | 10 | 35 | 45 | 35 | 45 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Исходя из данных приведенных в таблице 3.2 можно определить длину критического пути, которая равна 45 дней.

При этом стоимость производства в нормальном режиме проведения работ составит:

72+189+69,6+12,6+280,8+14,4+46,8+64,8+13,8+0+61,2=825

Приступим к оптимизации модели. Необходимо сократить срок проведения работ на 2 дня с минимальным удорожанием.

Прежде чем совершать какие-либо операции определим за какую минимальную доплату можно сократить срок с 45 до 44 дней. Сокращения сроков на день возможно при сокращении на день продолжительности всех критических путей. Этого можно добиться за счет ускорения на день критических работ, лежащих на этих путях. Для того чтобы определить, какие работы в совокупности ускорять дешевле необходимо вычислить средние стоимость 1 дня всех выявленных критических работ.

Критическую работу (1, 2) можно ускорить с 8 до 6 дней доплатив 10 денежных единиц.

Критическую работу (2, 7) можно ускорить с 37 до 24 дней доплатив за это 152.1 денежных единиц.

Критическую работу (1, 4) можно ускорить с 27 до 18 дней доплатив за это 81 денежных единиц.

Критическую работу (4, 5) можно ускорить с 8 до 6 дней доплатив за это 5.6 денежных единиц.

Критическую работу (6, 7) можно ускорить с 10 до 6 доплатив за это 46 денежных единиц.

Критическую работу (4, 6) можно ускорить с 8 до 6 дней доплатив за это 4.6 денежных единиц.

После того, как произведены все расчеты можно утверждать, что уменьшение продолжительности критического пути (1, 2), (4, 5), (4, 6) является самым дешевым и приводит к критическому сроку в 44 дня с минимальной доплатой.

После проведения всех перерасчетов составим анализ сетевой модели по времени после оптимизации.

Таблица 3.3 - временные характеристики оптимизированной сетевой модели.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Раб.(i,j) | П.р. | $$t\_{i,j}$$ | $$t\_{min}^{н}(i,j)$$ | $$t\_{min}^{о}(i,j)$$ | $$t\_{max}^{н}(i,j)$$ | $$t\_{max}^{о}(i,j)$$ | $$R\_{i, j}^{п}$$ | $$R\_{i, j}^{н}$$ | $$R\_{i, j}^{1}$$ | $$R\_{i, j}^{2}$$ |
| (1,2)  | 0 | 7 | 0 | 7 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (1,4) | 0 | 27 | 0 | 27 | 0 | 27 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (1,6) | 0 | 34 | 0 | 34 | 0 | 34 | 0 | 0 | 0 |  |
| (2,3) | 1 | 8 | 7 | 15 | 11 | 19 | 4 | 0 | 4 | 0 |
| (2,7) | 1 | 37 | 7 | 44 | 7 | 44 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (3,4) | 1 | 8 | 15 | 23 | 19 | 27 | 4 | 0 | 0 | 4 |
| (3,7) | 1 | 24 | 15 | 39 | 20 | 44 | 5 | 1 | 1 | 5 |
| (4,5) | 2 | 7 | 27 | 34 | 27 | 34 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (4,6) | 2 | 7 | 27 | 34 | 27 | 34 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (5,6) | 1 | 0 | 34 | 34 | 34 | 34 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Продолжение таблицы 3.3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| (6,7) | 3 | 10 | 34 | 44 | 34 | 44 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Продолжительность критического пути составляет 44 дня.

Прежде чем совершать какие-либо операции определим за какую минимальную доплату можно сократить срок с 44 до 43 дней. Сокращения сроков на день возможно при сокращении на день продолжительности всех критических путей. Этого можно добиться за счет ускорения на день критических работ, лежащих на этих путях. Для того чтобы определить, какие работы в совокупности ускорять дешевле необходимо вычислить средние стоимость 1 дня всех выявленных критических работ.

Критическую работу (1, 2) можно ускорить с 7 до 6 дней доплатив 10 денежных единиц.

Критическую работу (2, 7) можно ускорить с 37 до 24 дней доплатив за это 152.1 денежных единиц.

Критическую работу (1, 4) можно ускорить с 27 до 18 дней доплатив за это 81 денежных единиц.

Критическую работу (4, 5) можно ускорить с 7 до 6 дней доплатив за это 5.6 денежных единиц.

Критическую работу (6, 7) можно ускорить с 10 до 6 дней доплатив за это 46 денежных единиц.

Критическую работу (1, 6) можно ускорить с 34 до 24 дней доплатив за это 19 денежных единиц.

Критическую работу (4, 6) можно ускорить с 7 до 6 дней доплатив за это 4.6. денежных единиц.

После того, как произведены все расчеты можно утверждать, что уменьшение продолжительности критического пути (1, 2), (4, 5), (1, 6), (4, 6) является самым дешевым и приводит к критическому сроку в 43 дня с минимальной доплатой.

Доплата составит 22.1 денежных единиц.

Итоговая стоимость проекта после проведения оптимизации по критерию «время-стоимость» составит 847.1 денежных единиц.

В конечном итоге оптимизировав сетевую модель по критерию «время-стоимость» мы сократили длительность общего финиша проекта на 2 дня при минимальных затратах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Работа проведенная нами в данной курсовой работе, показывает:

* эффективность применения методологии сетевого планирования и управления;
* многозадачность данной методологии;

Тем самым показав эффективность и применимость данного метода на практике.

Метод сетевого планирования и управления может быть внедрен в достаточное большое количество сфер, это показывает его универсальность. Оптимизация же в свою очередь увеличит эффективность проекта.

Актуальность метода сетевого планирования заключается в применение строго математического аппарата, что позволят привлекать вычислительную технику и соответствующие программы, которые упрощают процесс создания и оптимизации сетевых моделей. Эффективность создания и оптимизации сетевой модели и преимущество ее перед методами календарного планирования очевидна, и заключается в многозадачности сетевой модели и унимодальности.

Таким образом, рассмотренный нами метод анализа может эффективно применяться при управлении проектами. С помощью сетевой модели можно учесть альтернативный характер как технологии производства работ, так и способов назначения ресурсов работы, произвести их оптимальное назначение с оптимальными темпами использования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Архипова, Н.И Теория системного анализа и управления: учеб. пособие для вузов / Н.И Архипова, В.В. Кульба, С.А. Косяченко. – М.: «Издательство ПРИОР», 2008. – 384 с.

2 Аттетков, А.В. Введение в методы оптимизации/А. В. Аттетков, В. С. Зарубин, А.Н. Канатников. -М.:ИНФРА-М, 2008.-272 с.

 3 Васильев, Ф.П. Методы оптимизации/Ф. П. Васильев.: Изд-во «МЦНМО», 2011.-620 с.

4 Васильев, Ф.П. Методы оптимизации/Ф. П. Васильев.: Изд-во «Юрайт», 2016.- 376 с.

5 Голубева Н.В. Математическое моделирование систем и процессов: учебное пособие /Н.В. Голубева.- Электрон. текстовые. дан.- СПБ.: Лань,2013.-192 с.

6 Корнеенко, В.П. Методы оптимизации/В. П. Корнеенко.: Изд-во «Высшая школа», 2007.-664 с.

7 Кузнецов, В.А. Системный анализ, оптимизация и принятие решений/В. А. Кузнецов.- М.: ИНФРА-М, 2017.- 256 с.

8 Силич, М.П. Теория систем и системный анализ: учебное пособие/М.П. Силич, В.А. Силич. -М. : ТУСУР, 2011.- 276 с.

9 Сухарев, А.Г. Методы оптимизации/А. Г. Сухарев, А.В. Тимохов, В.В. Федоров.: Изд-во «Юрайт», 2014.-368 с.

10 Тимченко , Т.Н. Системный анализ в управлении/Т.Н. Тимченко- М.: РИОР,2011.-162 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Сетевое дерево

