Государственное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

Московский государственный индустриальный университет

(ГОУ МГИУ)

Кафедра ИДО № 72 «Экономики»

Курсовая работа

По дисциплине «Экономико-математическое моделирование систем управления»

на тему «Оптимизация сетевой модели комплекса производственных работ»

Выполнил: студент группы №Ах07Э22п

Ф. И.О. студента: Бирюкова Е.К.

Проверил: Смирнов Г.Б

Ф. И. О. преподавателя

Казаков О.Л.

Москва 2010

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1. Построение сетевого графика
2. Анализ сетевого графика
3. Оптимизация сетевого графика

Заключение

Список использованной литературы

Задание курсовой работы (660)

«Оптимизация сетевой модели комплекса производственных работ»

студент учебной группы

Весенний семестр 2009/10 учебного года

**Цель:** Определить минимальную стоимость комплекса производственных работ при заданной продолжительности его выполнения и других указанных условиях.

**Содержание (оглавление) проекта:**

ЗАДАНИЕ курсовой работы

ВВЕДЕНИЕ – потребность в сетевом планировании и управлении (СПУ), возможности СПУ, цель и задачи работы

1. ПОСТРОЕНИЕ СЕТЕВОГО ГРАФИКА – определение понятия «сетевой график» и технологии его построения, описание построения заданного сетевого графика, анализ адекватности построенного сетевого графика заданным в проекте исходным условиям (данным).
2. АНАЛИЗ СЕТЕВОГО ГРАФИКА – определение понятий «полный путь» и «критический путь», описание нахождения полных путей построенного сетевого графика и среди них – критического, анализ возможности доведения критического срока до заданной продолжительности выполнения рассматриваемого комплекса производственных работ.
3. ОПТИМИЗАЦИЯ СЕТЕВОГО ГРАФИКА – определение понятий «оптимизация сетевого графика», «критерий оптимизации», «показатель оптимизации и условия оптимизации», постановка задачи оптимизации сетевого графика, выбор способов оптимизации, описание процедур оптимизации выбранными способами, сравнение результатов оптимизации разными способами, вывод об оптимальном результате для построенного сетевого графика.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ – краткое описание перечня результатов, полученных в проекте; обоснование их достоверности и практической ценности, возможные перспективы совершенствования организации выполнения заданного комплекса производственных работ.

**Требования к отчету:**

Титульный лист отчета (курсового проекта) должен соответствовать образцу на сайте МГИУ.

В отчет должны входить:

* Содержание (оглавление) с указанием страниц разделов отчета.
* Выданное задание курсовой работы с подписью руководителя проекта.(**Обязательно !!! –** необходимо для проверки)
* Соответствующая содержанию (см. выше Содержание (оглавление) работы) пояснительная записка проекта с иллюстрациями.
* Список использованной литературы.

**Рекомендуемая литература:**

* Казаков О.Л., Миненко С.Н., Смирнов Г.Б. Экономико-математическое моделирование: учебно-методическое пособие. – М.: МГИУ, 2006 г. – 136 с.
* Миненко С.Н., Казаков О.Л., Подзорова В.Н. Экономико-математическое моделирование производственных систем: Учебно-методическое пособие. – М.: ГИНФО, 2002 г. – 128 с.

**Исходные данные:**

Вариант № 660

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| События (предки) | начало работ | готовность деталей | готовность документации | поступление дополнительного оборудования | готовность блоков |
| События (потомки) |
| готовность деталей | изготовление деталей (4/3) |  |  |  |  |
| готовность документации |  | подготовка документации (5/2) |  |  |  |
| поступление дополнительного оборудования | закупка дополнительного оборудования (10/5) |  |  |  |  |
| готовность блоков |  | сборка блоков (6/4) | составление инструкций (11/6) |  |  |
| готовность изделия |  |  |  | установка дополнительного оборудования (12/6) | компоновка изделия (9/6) |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Работы | Нормальный вариант | Ускоренный вариант | Прирост затрат на одни сутки ускорения |
| Время (сутки) | Затраты (у.е.) | Время (сутки) | Затраты (у.е.) |
| изготовление деталей | 4 | 100 | 3 | 120 | 20 |
| закупка дополнительного оборудования | 10 | 150 | 5 | 225 | 15 |
| сборка блоков | 6 | 50 | 4 | 100 | 25 |
| подготовка документации | 5 | 70 | 2 | 100 | 10 |
| установка дополнительного оборудования | 12 | 250 | 6 | 430 | 30 |
| составление инструкций | 11 | 260 | 6 | 435 | 35 |
| компоновка изделия | 9 | 180 | 6 | 300 | 40 |
|  | ВСЕГО | 1060 | ВСЕГО | 1710 |  |

Заданная продолжительность выполнения всего комплекса производственных работ –**19 суток**.

**ВВЕДЕНИЕ**

Анализ развития средств информатики в различных отраслях народного хозяйства показывает, что уже в настоящее время возникает необходимость интеграции различных автоматизированных систем как в отраслевом, так и территориальном разрезах. Такая тенденция закономерна, но от того, насколько этот процесс будет управляем, по каким законам будет протекать эта интеграция ускоренными темпами или замедленными, зависит в целом эффективность использования компьютеров в народном хозяйстве.

Методы сетевого планирования и управления (СПУ), разработанные в начале 50-х годов, широко и успешно применяются для оптимизации планирования и управления сложными разветвленными комплексами работ, требующими участия большого числа исполнителей и затрат ограниченных ресурсов. Для оптимизации сложных сетей, состоящих из нескольких сотен работ, вместо ручного счета следует применять типовые макеты прикладных программ по СПУ, имеющиеся в составе математического обеспечения ЭВМ.

**Сетевое планирование** – метод управления, основанный на использовании математического аппарата теории графов и системного подхода для отображения и алгоритмизации комплексов взаимосвязанных работ, действий или мероприятий для достижения четко поставленной цели.

Основная цель сетевого планирования - сокращение до минимума продолжительности проекта.

Задача сетевого планирования состоит в том, чтобы графически, наглядно и системно отобразить и оптимизировать последовательность и взаимозависимость работ, действий или мероприятий, обеспечивающих своевременное и планомерное достижение конечных целей. Для отображения и алгоритмизации тех или иных действий или ситуаций используются экономико-математические модели, которые принято называть сетевыми моделями, простейшие из них - сетевые графики. С помощью сетевой модели руководитель работ или операции имеет возможность системно и масштабно представлять весь ход работ или оперативных мероприятий, управлять процессом их осуществления, а также маневрировать ресурсами.

Анализ сетевой модели, представленной в графической или табличной (матричной) форме, позволяет, во-первых, более четко выявить взаимосвязи этапов реализации проекта и во-вторых, определить наиболее оптимальный порядок выполнения этих этапов в целях, например, сокращения сроков выполнения всего комплекса работ.

Таким образом, методы сетевого моделирования относятся к методам принятия оптимальных решений, что оправдывает рассмотрение этого типа моделей в данной курсовой работе.

В данном курсовом проекте рассматриваются цель: определить минимальную стоимость комплекса производственных работ при заданной продолжительности его выполнения и других указанных условиях.

1. **ПОСТРОЕНИЕ СЕТЕВОГО ГРАФИКА**

**Сетевой график** - экономико-компьютерная модель, отражающая комплекс работ (операций) и событий, связанных с реализацией некоторого проекта (научно-исследовательского, производственного и др.), в их логической и технологической последовательности и связи.

Сеть представляет собой граф – фигуру, состоящую из точек и соединяющих их линий. Точки в этой фигуре называются вершинами графа, линии, которыми они соединены – ребрами (дугами). Модель СПУ представляет собой особый вид графов:

- во-первых, это связный граф, то есть любая его вершин связана между собой дугами;

- во-вторых, это конечный граф, то есть множество его ребер конечно;

- в-третьих, это ориентированный граф, то есть его вершины соединены упорядоченно, дуги в ориентированном графе обычно обозначаются стрелками, показывающими порядок перехода от вершины к вершине.

События сетевого графика – это вершины графа (обычно изображаются кружками), работы – дуги графа (обычно обозначаются стрелками).

Подготовка исходных данных для построения сетевого графика включает:

1. Определение начального и конечного событий;
2. Составление перечня всех событий, следующих за начальным и без которых не может произойти конечное событие;
3. Составление списка работ, соединяющих намеченные события;
4. Определение продолжительности выполнения каждой работы.

При построении сетевого графика для СПУ должны учитываться следующие правила:

1. График должен иметь только одно начальное событие и только одно конечное событие;
2. Ни одно событие не может произойти до тех пор, пока не будут закончены все входящие в него работы;
3. Ни одна работа, выходящая из какого-либо события, не может начаться до тех пор, пока не произойдет данное событие;
4. График должен быть упорядоченным.

Построение сетевого графика производится по первой таблице исходных данных.

В этой таблице в шапках по горизонтали и вертикали перечисляются все события, в остальной части таблицы приводятся работы.

Начальным событием – истоком I является «начало работ», а завершающим событием – стоком S – «готовность изделия». Поэтому нужно пронумеровать их соответственно числами 1 и 6.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| События (предки) | начало работ (1) | готовность деталей | готовность документации | поступление дополнительного оборудования | готовность блоков |
| События (потомки) |
| готовность деталей | изготовление деталей (4/3) |  |  |  |  |
| готовность документации |  | подготовка документации (5/2) |  |  |  |
| поступление дополнительного оборудования | закупка дополнительного оборудования (10/5) |  |  |  |  |
| готовность блоков |  | сборка блоков (6/4) | составление инструкций (11/6) |  |  |
| готовность изделия (6) |  |  |  | установка дополнительного оборудования (12/6) | компоновка изделия (9/6) |

Из таблицы видно, что событие 1 (по горизонтали) является началом двух работ-дуг, завершающейся в событиях (по вертикали), которое нужно обозначить по порядку числом 2 и 3. То же событие по горизонтали обозначается теми же числами 2 и 3.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| События (предки) | начало работ (1) | готовность деталей (2) | готовность документации | поступление дополнительного оборудования (3) | готовность блоков |
| События (потомки) |
| готовность деталей(2) | изготовление деталей (4/3) |  |  |  |  |
| готовность документации  |  | подготовка документации (5/2) |  |  |  |
| поступление дополнительного оборудования (3) | закупка дополнительного оборудования (10/5) |  |  |  |  |
| готовность блоков |  | сборка блоков (6/4) | составление инструкций (11/6) |  |  |
| готовность изделия (6) |  |  |  | установка дополнительного оборудования (12/6) | компоновка изделия (9/6) |

Из этого события 2 (по горизонтали) выходят две работы-дуги, которые ведут к соответствующим событиям по вертикали. Их обозначим по порядку 4 и 5. Соответствующим событиям по горизонтали присвоим те же числа.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| События (предки) | начало работ(1) | готовность деталей(2) | готовность документации(4) | поступление дополнительного оборудования(3) | готовность блоков(5) |
| События (потомки) |
| готовность деталей(2) | изготовление деталей (4/3) |  |  |  |  |
| готовность документации(4) |  | подготовка документации (5/2) |  |  |  |
| поступление дополнительного оборудования(3) | закупка дополнительного оборудования (10/5) |  |  |  |  |
| готовность блоков(5) |  | сборка блоков (6/4) | составление инструкций (11/6) |  |  |
| готовность изделия (6) |  |  |  | установка дополнительного оборудования (12/6) | компоновка изделия (9/6) |

Таким образом, у нас оказались пронумерованы все события. Используя эту нумерацию, а также указанные веса дуг, построим график.

 I

1

 4\3 10\5

3

 I

 2

 12\6

 5\2

 6

6\4 S

 4

S 9\6

 11\6

 5

Построенный сетевой график не нарушает приведенных выше правил, он упорядочен. Для любой работы предшествующее ей событие расположено левее и имеет меньший номер по сравнению с завершающим эту работу событием. То есть все работы-стрелки в упорядоченной сети направлены строго слева направо: от событий с меньшими номерами к событиям с большими номерами.

Используя полученную нумерацию событий в графике, изменим вторую таблицу исходных данных в задании

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Работы | Нормальныйвариант | Ускоренныйвариант | Приростзатрат на одни сутки ускорения |
| Время(сутки) | Затраты(у.е.) | Время(сутки) | Затраты(у.е.) |
| 1 - 2 | 4 | 100 | 3 | 120 | 20 |
| 1 - 3 | 10 | 150 | 5 | 225 | 15 |
| 2 - 5 | 6 | 50 | 4 | 100 | 25 |
| 2 - 4 | 5 | 70 | 2 | 100 | 10 |
| 3 - 6 | 12 | 250 | 6 | 430 | 30 |
| 4 - 5 | 11 | 260 | 6 | 435 | 35 |
| 5 - 6 | 9 | 180 | 6 | 300 | 40 |
|  | ВСЕГО | 1060 | ВСЕГО | 1710 |  |

**2. АНАЛИЗ СЕТЕВОГО ГРАФИКА**

Одно из важнейших понятий СПУ – понятие пути (маршрута). Путь (маршрут) – любая последовательность работ, в которой конечное событие каждой работы совпадает с начальным событием следующей за ней работы. Наибольший интерес представляет полный путь – любой путь, начало которого совпадает с начальным событием сети, а конец – с завершающим. Наиболее продолжительный полный путь называют критическим. Критическими называют также работы и события, расположенные на этом пути.

Проведем анализ сетевого графика:

|  |  |
| --- | --- |
| Полные пути | Продолжительность (сутки) |
| Нормальный режим | Ускоренный режим |
| 1 – 2 – 5 – 6 | 19 | 13 |
| 1 – 3 –6 | 22 | 11 |
| 1 – 2 - 4- 5- 6 | 29 | 17 |

Полными путями при нормальном режиме будут:

путь 1-2-5-6 (продолжительностью 4 + 6 +9=19 суток)

путь 1-3-6 (продолжительностью 10 +12 = 22 суток)

путь 1-2-4-5-6 (продолжительностью 4 + 5+11 +9=29 суток)

Полными путями при ускоренном режиме будут:

путь 1-2-5-6 (продолжительностью 3 + 4 +6=13 суток)

путь 1-3-6 (продолжительностью 5 + 6=11 суток)

путь 1-2-4-5-6 (продолжительностью 3 + 2+6 +6=17 суток)

Критическим путем будет путь 1-2-4-5-6, продолжительность которого при нормальном режиме составит 29 суток, а при ускоренном режиме – 17 суток.

Максимальный срок завершения всей совокупности работ составит 29 суток, а минимальный – 17 суток. Требуется довести продолжительность работ при нормальном режиме с 29 до 19 суток, а при ускоренном режиме с 17 суток до 19 суток.

**3. ОПТИМИЗАЦИЯ СЕТЕВОГО ГРАФИКА**

С каждой работой, имеющей определенный неизменный объем, связаны затраты на ее выполнение. Как правило, затраты на выполнение работы возрастают с уменьшением ее продолжительности и снижаются при увеличении ее продолжительности.

В связи с этим возможны варианты организации работ, отличающиеся продолжительностью его выполнения и затратами на его выполнение.

Оптимизация сетевого графика представляет собой процесс улучшения организации выполнения комплекса работ с учетом срока его выполнения. Она проводится с целью сокращения длины критического пути, рационализации использования ресурсов.

Оптимизация сетевого графика может осуществляться по следующим двум критериям:

1. минимизация времени выполнения комплекса работ при заданных затратах на это выполнение;
2. минимизация затрат на выполнение комплекса работ при заданном времени этого выполнения.

Целью оптимизации по критерию является сокращение времени выполнения проекта в целом. Эта оптимизация имеет смысл только в том случае, когда длительность выполнения работ может быть уменьшена за счет дополнительных ресурсов, что влечет к повышению затрат на выполнение работ. Для оценки величины дополнительных затрат, связанных с ускорением выполнения той или иной работы, используются либо нормативы, либо данные о выполнении аналогичных работ в прошлом.

Таким образом, нельзя добиться выполнения комплекса работ одновременно в минимальные сроки и с наименьшими затратами.

Оптимизацию можно провести двумя способами:

1. способ заключается в уменьшении продолжительности выполнения работ, осуществляемых в нормальном режиме, начиная с тех, которые дают наименьший прирост затрат;
2. способ заключается в увеличении продолжительности выполнения работ, осуществляемых в ускоренном режиме, начиная с тех, которые дают наибольший прирост затрат.

Обязательное условие – оптимальные затраты, определяемые любым из указанных способов, должны иметь одинаковую величину.

Требуется оптимизировать по критерию минимизации затрат сетевой график при заданно продолжительности всего комплекса работ за 19 суток.

Представим решение поставленной задачи первым способом в таблице:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №шага | Суточный прирост затрат | Работа | Количество сокращаемых суток | Продолжительностьполного пути | Общийприростзатрат |
| 1-2-5-6 | 1-3-6 | 1-2-4-5-6 |
| 0 | - | - | - | 19 | 22 | 29 | - |
| 1 | 10 | 2-4 | 3 ( 3) | - | - | 26 | 30 |
| 2 | 15 | 1-3 | 5 ( 3) | - | 19 | - | 45 |
| 3 | 20 | 1-2 | 1 (1)  | 18 | - | 25 | 20 |
| 4 | 25 | 2-5 | 2 **-** | - | - | - | - |
| 5 | 30 | 3-6 | 6 - | - | - | **-** | - |
| 6 | 35 | 4-5 |  5 (5)  | - | - | 20 | 175 |
| 7 | 40 | 5-6 |  1 (3)  | 17 | - | 19 | 40 |
| В С Е Г О | 310 |

В этой таблице работы расположены в порядке возрастания суточного прироста затрат на снижение их продолжительности. Наименования полных путей и их продолжительность взяты из результатов предыдущего анализа сетевого графика для рассматриваемого нормального варианта. Максимально возможное количество сокращаемых суток для каждой работы указано в скобках.

На первом шаге рассматривается работа 2-4, которая входит в третий полный путь и ее продолжительность может быть сокращена на все 3 суток, т.к. продолжительность третьего полного пути, а следовательно и всего комплекса работ, все равно будет выше требуемой. Такое снижение продолжительности рассматриваемой работы на 3 суток приведет к увеличению затрат на выполнение этой работы, а следовательно и всего комплекса работ в размере: 3\*10=30 у.е.

На втором шаге рассматриваемая работа 1-3 , которая входит во второй полный путь и ее продолжительность может быть сокращена на 3 суток , (из 5 возможных), т.к. при этом продолжительность второго пути, в который она входит становится равной заданной : 22-3=19.Аналогично рассчитываем затраты на такое сокращение : 3\*15=45

На третьем шаге рассматриваемая работа 1-2 входит в первый и третий полный путь . Она может быть сокращена на максимально возможную величину (указанную в скобках) на 1, т.к при этом продолжительность третьего полного пути все равно будет выше требуемого . Аналогично рассчитываем затраты на такое сокращение : 1\*20=20

На четвертом шаге рассматриваемая работа 2-5 входит в первый полный путь и ее продолжительность сокращать не нужно , т.к.продолжительность первого полного пути меньше требуемого .

На пятом шаге рассматриваемая работа 3-6 входит во второй полный путь и ее продолжительность сокращать не нужно , т.к.продолжительность второго полного пути меньше требуемого .

На шестом шаге рассматриваемая работа 4-5 входит в третий полный путь. Она может быть сокращена на максимально возможную величину (указанную в скобках) на 5, т.к при этом продолжительность третьего полного пути все равно будет выше требуемого . Аналогично рассчитываем затраты на такое сокращение : 5\*35=175

На седьмом шаге рассматриваемая работа 5-6 , которая входит в первый и третий полный путь и ее продолжительность может быть сокращена на 1 сутки , (из 3 возможных), т.к. при этом продолжительность третьего полного пути, в который она входит становится равной заданной : 20-1=19, а продолжительность первого полного пути меньше требуемого. Аналогично рассчитываем затраты на такое сокращение : 1\*40=40

Подсчитав суммарные дополнительные затраты на произведенное сокращение продолжительностей работ (310 у.е.) и зная первоначальную стоимость (1060 у.е.) всего комплекса работ в рассматриваемом нормальном варианте его выполнения, получим, что при снижении продолжительности выполнения всего комплекса работ с 29 суток до 19 суток оптимальные затраты составят 1060+310=1370 (у.е.).

Представим решение поставленной задачи вторым способом в таблице:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № шага | Суточный прирост затрат | Работа | Количество наращиваемых суток | Продолжительность полного пути | Общее снижение затрат |
| 1-2-5-6 | 1-3-6 | 1-2-4-5-6 |
| 0 | - | - | - | 13 | 11 | 17 | - |
| 1 | 40 | 5-6 |  3 (2)  | 15 |  | 19 | -80 |
| 2 | 35 | 4-5 |  5 (2)  | - | **-** | - | - |
| 3 | 30 | 3-6 | 6 (6)  | - | 17 | **-** | -180 |
| 4 | 25 | 2-5 | 2 (2)  | 17 | - | - | -50 |
| 5 | 20 | 1-2 | 1 (1)  | - | - | - | - |
| 6 | 15 | 1-3 |  5 (2)  | - | 19 | - | -30 |
| 7 | 10 | 2-4 | 3 -  | - | - | - | - |
| В С Е Г О | -340 |

Отличие этой таблицы от предыдущей состоит в том, что в ней работы располагаются в порядке убывания их суточного прироста затрат на изменение (увеличение) их продолжительности. Продолжительность полных путей здесь соответствует другому варианту и взята из результатов предыдущего анализа сетевого графика для рассматриваемого ускоренного варианта выполнения всего комплекса работ. В последней колонке теперь будет рассчитываться уже снижение затрат.

На первом шаге продолжительность работы 5-6 может быть увеличена только на 2 суток из возможных (3), т.к. при этом продолжительность третьего полного пути станет как требуемая в задании. Тогда затраты на эту работу, с более поздним сроком выполнения, снизятся на 2·40=80 (у.е.), т.е. -80 у.е.

Второй шаг 4-5придется не использовать, т.к. увеличение продолжительности соответствующей ему работы 43-5 приведет к недопустимому увеличению продолжительности третьего полного пути, а следовательно, и всего комплекса работ.

Рассматривая работу 3-6 на третьем шаге, увеличиваем продолжительность второго пути на 6 суток, т.к. продолжительность второго полного пути станет как требуемая в задании.

На четвертом шаге продолжительность работы 2-5 в первом полном пути можно увеличить на максимально возможное число суток.

Пятый шаг 1-2 мы не используем.

Шестой шаг 1-3 увеличиваем на 2 из 5 возможных , т.к. при этом продолжительность второго полного пути станет как требуемая в задании -19

Седьмой шаг 2-4 мы не используем.

Подсчитав суммарное снижение затрат из-за произведенного увеличения продолжительностей работ (-340 у.е.) и зная первоначальную стоимость (1710 у.е.) всего комплекса работ в рассматриваемом ускоренном варианте его выполнения, получим, что при увеличении продолжительности выполнения всего комплекса работ с 17 суток до 19 суток оптимальные затраты составят 1710-340=1370 (у.е.).

Итоговые результаты, полученные обоими способами оптимизации, должны совпадать. Проверим это:

1. продолжительности соответствующих полных путей после оптимизации совпадают – 19,19,17;
2. стоимости выполнения всего комплекса работ после оптимизации совпадают – 1370.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В данной курсовой работе был построен сетевой график, проведен его анализ, и произведена оптимизация сетевого графика. При использовании данных методик можно найти критический путь сетевого графика. В результате оптимизации определили минимальную стоимость комплекса работ при заданной продолжительности его выполнения.

Значимость проделанной работы заключается в том, что применение предложенных методик, во-первых – позволяет точно судить об оптимальности сетевых графиков любой сложности, а во-вторых – сокращает затраты на сетевое планирование в целом, прежде всего, за счёт сокращения длительности разработки оптимальных сетевых графиков.

Анализ сетевого графика заключается в том, чтобы выявить резервы времени работ, не лежащих на критическом пути, и направить их на работы, лимитирующие срок завершения комплекса работ. Результатом этого является сокращение продолжительности критического пути.

**Список литературы**

1. Абланская Л.В., Бабешко Л.О., Баусов Л.И. Экономико-математическое моделирование: М.: Экзамен, 2006г. – 800с.
2. 1. Баканов М.И., Шеремет А.Д. Теория экономического анализа: Учебник. - М.: Финансы и статистика, 1997.
3. Дрогобыцкого И.Н Экономико-математическое моделирование: М.: Экзамен, 2004г. – 323с.
4. Казаков О.Л., Миненко С.Н., Смирнов Г.Б. Экономико-математическое моделирование: учебно-методическое пособие. – М.: МГИУ, 2006. - 136 с.
5. Конюховский П.В Математические методы исследования операций в экономике: С-Петербург: Питер 2003г. - 208 с.