

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра економічної кібернетики та прикладної економіки

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Проректор з науково-педагогічної  
роботи

\_\_\_\_\_ А.В. Пантелеймонов

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Робоча програма навчальної дисципліни

**Дискретне моделювання**

рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ перший (бакалаврський) \_\_\_\_\_

галузь знань \_\_\_\_\_ 05 «Соціальні та поведінкові науки» \_\_\_\_\_

спеціальність \_\_\_\_\_ 051 Економіка \_\_\_\_\_

освітня програма \_\_\_\_\_ Економічна кібернетика \_\_\_\_\_

спеціалізація \_\_\_\_\_

вид дисципліни \_\_\_\_\_ обов'язкова \_\_\_\_\_

факультет \_\_\_\_\_ економічний \_\_\_\_\_

2018 / 2019 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою економічного факультету

« 22 » червня 2018 року, протокол № 8

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: Біткова Тетяна Вікторівна, к.е.н., доцент, доцент кафедри економічної кібернетики та прикладної економіки

Програму схвалено на засіданні кафедри економічної кібернетики та прикладної економіки

Протокол від « 11 » червня 2018 року № 11

Завідувач кафедри економічної кібернетики та прикладної економіки

\_\_\_\_\_ Меркулова Т.В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією економічного факультету

Протокол від « 21 » червня 2018 року № 9

Голова методичної комісії економічного факультету

\_\_\_\_\_ Євтушенко В.А.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Дискретне моделювання” складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки

Перший (бакалаврський)  
 (назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)

спеціальність 051 Економіка

освітня програма Економічна кібернетика

### 1. Опис навчальної дисципліни

#### 1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Мета дисципліни: оволодіння теоретичними знаннями з методології, методики та інструментарію аналізу функціонування систем масового обслуговування, їх моделювання з застосуванням аналітичного та імітаційного підходів.

#### 1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Завдання: вивчення основ теорії масового обслуговування (ТМО) та оволодіння технікою дискретної імітації із застосуванням пакету Arena

#### 1.3. Кількість кредитів – 4

#### 1.4. Загальна кількість годин – 120

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
3-й	-й
Семестр	
6-й	-й
Лекції	
15 год.	
Лабораторні заняття	
30 год.	
Самостійна робота, у тому числі	
75 год.	год.
Індивідуальні завдання	

#### 1.6. Заплановані результати навчання.

##### Компетентності:

1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
2. Здатність до креативного та критичного мислення; здатність поглиблено аналізувати проблеми і явища в одній або декількох професійних сферах у межах спеціальності;
3. Здатність застосовувати положення теорії прийняття рішень в економіці;
4. Здатність застосовувати спеціалізоване програмне забезпечення та інформаційні технології для рішення економічних задач.

**Результати:**

1. Використовувати аналітичний та методичний інструментарій для розуміння логіки прийняття господарчих рішень різними економічними агентами (індивідуумами, домогосподарствами, підприємствами та органами державної влади);
2. Застосовувати відповідні економіко-математичні методи та моделі для вирішення економічних задач;
3. Застосовувати набуті теоретичні знання для розв'язання практичних завдань та змістовно інтерпретувати отримані результати.

**2. Тематичний план навчальної дисципліни*****Розділ 1. Основи теорії масового обслуговування****Тема 1. Введення в теорію масового обслуговування.*

Зміст дисципліни ТМО. Проблемні області ТМО. Основні поняття. Елементи систем масового обслуговування (СМО). Класифікація і характеристика завдань ТМО: завдання аналізу; статистичні завдання; операційні завдання (прийняття рішень). Класифікація моделей СМО. Методи моделювання СМО.

*Тема 2. Теоретичні основи моделювання СМО*

Найпростіший потік. Умови Хінчина. Марковські випадкові процеси. Умовні ймовірності переходу. Рівняння Колмогорова. Гранична вірогідність станів. Процес загибелі та розмноження.

*Тема 3. Моделі одноканальних СМО*

Одноканальні СМО з відмовами. Одноканальні СМО з очікуванням. Одноканальні СМО з необмеженою чергою. Висновок формул для обчислення характеристик СМО

*Тема 4. Моделі багатоканальних і замкнутих СМО*

Багатоканальні СМО з відмовами. Багатоканальні СМО з очікуванням. Багатоканальні СМО з необмеженою чергою. Одноканальні та багатоканальні замкнені СМО. Виведення формул для обчислення характеристик СМО.

***Розділ 2. Технологія побудови імітаційних моделей СМО з використанням пакету ARENA****Тема 5. Концептуальні основи дискретної імітації*

Управління системним часом в моделях дискретної імітації. Концепції дискретної імітації. Концепція подій. Концепція робіт. Концепція процесів. Приклади реалізації концепції дискретної імітації.

*Тема 6. Введення в Arena. Побудова базової моделі.*

Структура Arena. Принципи відображення СМО. Панелі інструментів. Шаблони Arena. Використання панелі шаблонів COMMON.TPO. Побудова базової моделі в Arena. Використання шаблонів BLOCKS.TPO і ELEMENTS.TPO. Параметри блоків. Умови прогону, вихідні звіти Arena.

*Тема 7. Блоки пакета Arena*

Блоки CREATE, ASSIGN, QUEUE. Специфікація режимів появи замовлень/транзактів, що генеруються. Атрибути транзактів. Дисципліни черги. Обмеження черги. Блоки SEIZE, DELAY, RELEASE. Захоплення та звільнення ресурсів. Блоки COUNT, DISPOSE. Управління прогоном – елемент REPLICATE.

*Тема 8. Збір статистики та функції розподілу в Arena.*

Обчислення інтервалу часу між моментом проходження транзактом деякої точки моделі і моментом його попадання в блок TALLY. Елементи BLOCKS і TALLIES.

Використання функцій розподілу. Функції 'CONTINUOUS' і 'DISCRETE' (CONT і DISC). Вихідні звіти Arena. Виведення результатів.

*Тема 9. Завдання умов та правил рішень в Arena.*

Блок BRANCH. Завдання умов розгалуження шляхів переміщення заявок. Ймовірнісне розгалуження. Зміна потужності ресурсу. Елементи 'SCHEDULES' и блок 'ALTER'. Атрибути и змінні. Системні атрибути. Загальноцільові змінні. Системні змінні. Упорядкування вимог.

*Тема 10. Атрибути і змінні*

Загально-цільові атрибути. Системні атрибути. Змінні.

*Тема 11. Анімація в Arena.*

Панель анімації. Анімація моделі. Пример анімації моделі.

### 3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с.р.		л	п	лаб.	інд.	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Розділ 1.</b>												
Разом за розділом	58	7		14		37						
<b>Розділ 2.</b>												
Разом за розділом	62	8		16		38						
<b>Усього годин</b>	<b>120</b>	<b>15</b>		<b>30</b>		<b>75</b>						

### 4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	<i>Тема 1. Введення в теорію масового обслуговування</i>	
1	Рішення задач аналізу, статистичних та операційних задач ТМО з використанням Excel	2
	<i>Тема 2. Теоретичні основи моделювання СМО</i>	
2	Простіший потік. Використання формули Пуассона	2
3	Марковські випадкові процеси. Рішення задач з використанням Excel	2
4	Безперервні Марковські процеси. Рівняння Колмогорова.	2
	<i>Тема 3. Моделі одноканальних СМО</i>	
5	Моделі одноканальних СМО с відмовами, очікуванням, необмеженою чергою. Рішення задач. Обчислення характеристик одноканальних СМО. Рішення операційних задач ТМО.	2
	<i>Тема 4. Моделі багатоканальних і замкнутих СМО</i>	
6	Моделі багатоканальних СМО. Рішення задач	2
7	Рішення задач з використанням Excel на обчислення характеристик одноканальних і багатоканальних замкнутих СМО	2
8	Контрольна робота за розділом	2
	<i>Тема 5. Концептуальні основи дискретної імітації</i>	
9	Розрахункові приклади реалізації концепції дискретної імітації	2
	<i>Тема 6. Введення в Arena. Побудова базової моделі.</i>	
10	Побудова базової моделі в Arena з використанням панелі шаблонів Basic Process. Лабораторні роботи 1,2	2
11	Побудова моделі одно канальної СМО з використанням панелей шаблонів BLOCKS.TPO і ELEMENTS.TPO. Лабораторна робота 3,4	2

	<i>Тема 7. Блоки пакета Arena</i>	
12	Лабораторна робота 5	2
	<i>Тема 8. Збір статистики та функції розподілу в Arena</i>	
13	Модифікації базової моделі з використанням функцій розподілу. Лабораторна робота 6	2
	<i>Тема 9. Завдання умов та правил рішень в Arena</i>	
14	Лабораторна робота 7	2
	<i>Тема 10. Атрибути і змінні</i>	
15	Лабораторна робота 8	2
	<b>Разом</b>	<b>30</b>

### 5. Завдання для самостійної робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1. Робота з літературою	8
2	Тема 2. Завдання на використання теорії Марковських випадкових процесів	10
3	Тема 3. Самостійне вирішення різних задач про одноканальні СМО	10
4	Тема 4. Самостійне вирішення різних задач про багатоканальні та замкнуті СМО	9
5	Тема 5. Робота з документацією Arena [2,3]	10
6	Тема 6. Виконання завдань з самостійної побудови моделей.	9
7	Тема 7. Виконання завдань з самостійної побудови моделей.	9
8	Тема 8. Самостійне вивчення додаткових засобів анімації в Arena.	10
	<i>Разом</i>	<b>75</b>

### Додаткові завдання для самостійної роботи

#### Базовий варіант

Модифікуйте завдання про свердління (Завдання 3 на моделювання в Arena) з урахуванням того, що час між приходом заявок розподілено експоненціально з середніми значеннями 10 і 6, відповідно, для робіт типу 1 і 2. Час обробки розподілено рівномірно між 2 і 6 для робіт першого типу і між 1.5 і 4.5 - для робіт другого типу.

Зберіть статистику часу перебування заявок в системі.

#### Результати

Ваша модель повинна дати результати, близькі до наступних:

Кількість робіт першого типу = 41

Кількість робіт другого типу = 69

Використання свердлильний верстат = 80%

Середній час перебування заявок в системі = 7.56 хв.

#### Індивідуальні варіанти

Адаптувати базовий варіант моделі з урахуванням наступних умов:

1. Оброблятися можуть деталі двох або трьох типів. У другому випадку задана частка (відсоток) деталей 1 або 2 типів і деталей другого або третього типів.
2. Деталі різних типів можуть оброблятися на двох різних верстатах, причому деталі одного з типів можуть вимагати обробки тільки на одному верстаті.
3. Бункери можуть містити обмежену кількість деталей перед кожною з операцій. Деталі, що не потрапили в бункер, передаються для обробки іншим робітникам.
4. Якщо верстатів два, то на кожному з них зайнятий один робочий. Другий робітник (фрезерувальник) виробляє контроль якості. Таким чином, другий верстат може бути захоплений тільки разом з робітником.

Умови варіантів задані в таблиці

Необхідно проімітувати роботу верстатів і робочих протягом зміни (8 годин) і оцінити кількість оброблених деталей кожного типу, кількість деталей, які не пройшли оброблення, коефіцієнти зайнятості верстатів і робочих і середній час перебування деталей в системі.

Варіанти →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>1. Кількість типів деталей</i>										
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
<i>2. Інтервал часу між надходженням деталей:</i>										
1 тип	expo1	expo1	unif1	expo*	norm1	expo2	norm3	expo1	expo2	norm2*
2 тип	norm2	expo2*	expo3	expo1*	norm2	равн2	expo2	expo2	norm3	norm2*
3 тип		expo2*		norm3		норм1		expo3		expo2
		*type 2 и 3-по 50%		type1/2 – 30/70%						*type 1/2 – 60/40%
<i>3. Послідовність і тривалість обробки (за типами деталей)</i>										
свердління										
1 тип	norm4		disc1	norm5	disc3	tria1	norm4	unif3	disc5	unif4
2 тип	norm5	norm4	disc2	norm5		tria2	unif3		disc6	unif4
3 тип		norm4				tria3				
фрезерування										
1 тип		tria1		unif3			unif6	norm4	tria1	norm5
2 тип		norm5		unif3	диск4			norm5	tria2	norm5
3 тип		norm5		unif4				norm6		norm6
контроль якості	3		4		2	5	3		4	
<i>4. Обмеження кількості деталей, які очікують обробки</i>										
свердління	4		3	4	4		3	5	5	
фрезерування					4		4		4	
контроль	4		5		4		5		3	
<i>5. Параметри законів розподілу</i>										
<i>Експоненціального</i>	expo1	expo2	expo3							
$\lambda$	6	8	7							
<i>Нормального</i>	norm1	norm2	norm3	norm4	norm5	norm6				
Мат. очкування, дисперсія	5; 1.5	7; 2	6; 2.5	7; 3	6; 2	8; 3				
<i>Рівномірного</i>	unif1	unif2	unif3	unif4						
Границі інтервалу	(3, 7)	(2, 8)	(4, 8)	(5, 9)						
<i>Трикутного</i>	tria1	tria2	tria3							
Параметри	(3;6;6,5)	(1.5;5;6,5)	(2;6;7)							
<i>Дискретні випадкові величини</i>	disc1				disc2					
значення	3	4	5	6	2	3	4	5		
ймовірність	0.2	0.3	0.1	0.4	0.1	0.3	0.2	0.4		
	disc3				disc4					
значення	5	6	7		4	5	6			
ймовірність	0.5	0.4	0.1		0.3	0.4	0.3			
	disc5				disc6					
значення	4	5	6	7	3	4	5	6		
ймовірність	0.1	0.3	0.4	0.2	0.3	0.1	0.2	0.4		

## 6. Індивідуальні завдання

Індивідуальних завдань планом на 2018/2019 р. не передбачено.

## 7. Методи контролю

У цілому знання студентів з дисципліни оцінюються як з теоретичної, так і з практичної підготовки за наступними критеріями:

«*відмінно*» - студент міцно засвоїв теоретичний матеріал, глибоко і всебічно знає зміст навчальної дисципліни, основні положення наукових джерел та рекомендованої літератури, вільно використовує набуті знання при виконанні практичних та лабораторних завдань, може спілкуватися з викладачем на професійному рівні, демонструє високий рівень засвоєння практичних навичок і ініціативу при виконанні самостійних завдань.

«*добре*» - студент добре засвоїв теоретичний матеріал, володіє основними положеннями з рекомендованої літератури, може їм користатися та аргументовано викладати; має практичні навички, але припускає певних неточностей при виконанні практичних та лабораторних завдань.

«*задовільно*» - студент в основному опанував теоретичними знаннями, орієнтується у джерелах та рекомендованої літературі, але плутає поняття, демонструє невпевненість або відсутність стабільних знань, припускається поважних помилок при виконанні практичних та лабораторних завдань.

«*незадовільно*» - студент не опанував навчальний матеріал дисципліни, не володіє поняттями, не має навичок, необхідних для виконання практичних та лабораторних завдань; не виконав запланованих завдань та отримав менш ніж 40 балів за результатами поточного та підсумкового контролю у семестрі.

Методи контролю включають обов'язковий захист лабораторних робіт, поточний контроль (виконання індивідуальних завдань з побудови імітаційних моделей, тестові завдання з теоретичного матеріалу розділу) та підсумковий контроль (тестування з теоретичних питань по усьому курсу, виконання індивідуального завдання на побудову імітаційної моделі). Умовами допуску студента до підсумкового семестрового контролю є отримання протягом семестру не менш 40 балів.

## 8. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання											Сума балів
Розділ 1				Розділ 2							Очн./заочн
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	
		5	5	5	5	5	5	5	5		40
Контрольна робота, передбачена навчальним планом											20
<b>Екзамен (залікова робота)</b>											
Тестове завдання з теоретичних питань											20
Залікова задача в Arena											20
Сума											<b>100</b>

**Бали за темами** надаються за наступне:

За першим розділом бали надаються за результатами поточного контролю (поточна контрольна робота). Лабораторні завдання у цілому оцінюються за підсумками захисту робіт. Максимальна кількість балів надається, якщо студент виконав лабораторну роботу без помилок та вірно відповів на усі запитання у ході захисту роботи. Якщо у лабораторній роботі були технічні помилки, які призвели до невірнього результату, але були виправлені студентом за підказкою викладача, і відповіді на запитання під час захисту у цілому були вірними, бал понижується на 10-15%; якщо у роботі були принципові помилки, які студент не може виправити без допомоги викладача, і не може



вірно відповісти на запитання у ході захисту роботи, бал понижується до 20-30% від максимального. Робота з поважними помилками, яка не захищена, отримує не більше 40% від максимального балу.

У випадку не виконання лабораторної роботи вона не зараховується, що призводить до зниження кількості балів, отриманих протягом семестру.

Самостійна робота за дисципліною «Дискретне моделювання» пов'язана в основному з роботою з літературою та з самостійним виконанням додаткових лабораторних завдань. Знання, набуті у ході самостійної роботи, перевіряються в основному при поточному тестовому контролі і оцінюються в долях максимальної кількості балів відповідно до % вірних відповідей на тестові запитання.

### Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

## 9. Рекомендована література

### Основна література

1. Біткова Т.В. , Кононова Е.Ю. Побудова імітаційних моделей систем масового обслуговування з використання пакету ARENA. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Дискретне моделювання» для студентів спеціальностей «Економічна кібернетика» та «Прикладна економіка» . – Х.:ХНУ, 2010.- 40 с.
2. Документация и электронные учебники по пакету Arena.
3. Христиановский В.В, Флетчер Э.Дж., Ходыкин В.Ф. Введение в имитационное моделирование с помощью пакета Arena. – в кн.: Прикладная экономика (для магистров). Т.1. – ДонНУ, 2000, стр. 165- 309.
2. Дискретное моделирование. – в кн.: Прикладная экономика (для магистров). Т.1. – ДонНУ, 2000, стр. 22-164.
3. 2. Лоу А.М., Кельтон В.Д. Имитационное моделирование. 3-е изд. – СПб.: ПИТЕР; Киев: Изд группа ВНУ, 2004. – 847 с.
4. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения.– М.: Наука, 1991.
5. Исследование операций. Т.1. Методологические основы и математические методы./ ред. Дж. Моудера, С. Элмаграби. –М.: Мир, 1981.
6. Шелобаев С.И Математические методы и модели. – М.:ЮНИТИ, 2000.
7. Чернов В.П., Ивановский В.Б. Теория массового обслуживания. – М.: ИНФРА-М, 2000.- 156 с. Учеб. пособие. – М.: Финансы и статистика, 2000.Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. –М.: Наука, 1970.
8. Фомин Г.Ф. Системы и модели массового обслуживания в коммерческой деятельности: Учеб. пособие. – М.: Финансы и статистика, 2000.
9. Щербаков, С.М. Имитационное моделирование экономических процессов в системе Arena: Учебное пособие / С.М. Щербаков ; Рост. гос. эконом. ун-т (РИНХ). – Ростов н/Д, 2012. – 128 с.

10. Kelton, W.D., R. Sadowski, D. Sadowski.. Simulation with Arena, 2nd Edition, McGraw-Hill, 2001 – 700 p.
11. Eric Fletcher, Mr. G. Unthank. An Introduction to Simulation modelling using ARENA. Electronic course. Version 1.0 – School of Computing, Engineering and Technology of University of Sunderland, United Kingdom, 2000.

### Допоміжна література

1. Лабскер Л.Г., Бабешко Л.О. Теория массового обслуживания в экономической сфере. – М.:ЮНИТИ, 1988.
2. Исследование операций. Т.1. Методологические основы и математические методы./ ред. Дж. Моудера, С. Элмаграби. –М.: Мир, 1981.
3. Фомин Г.Ф. Системы и модели массового обслуживания в коммерческой деятельности: – М.: “Финансы и статистика”, 2000.
4. Матвеев В.Ф., Ушаков В.Г. Системы массового обслуживания. –М.: МГУ, 1984.
5. Саати Т. Элементы теории массового обслуживания и ее приложения. –М.: Сов. Радио, 1965.
15. Математика для экономистов: В 6 т./ Под. ред. А.Ф. Тарасюка. – М.: ИНФРА – М, 2000. – (Серия «Высшее образование»). Т.6: Чернов В.П., Ивановский В.Б. Теория массового обслуживания.
16. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. /Пер. с англ. И.И. Грушко; ред. В.И. Нейман. – М.: Машиностроение, 1979. – 432 с., ил.
17. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания. – 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Наука: Гл.ред. физ.-мат. лит., 1987. – 336 с.
18. Хугаев К.Д. Элементы теории массового обслуживания: Учеб. пособие. – Ленинград; ЛИИЖТ, 1973. – 53 с.
19. Понттогофф Г. Теория массового обслуживания /Пер. с нем.; Под ред. Е.П. Нестерова. - М.: Транспорт, 1979. - 144 с.
20. В.П. Чернов, В.Б. Ивановский. Теория массового обслуживания. М.: Инфра-М, 2000.
21. Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. Задачи и упражнения по теории вероятностей. М.: “Высшая школа”, 2000.
22. Е.С. Вентцель. Теория вероятностей. М.: Наука, 1969.
23. Л. Клейнрок. Теория массового обслуживания. М.: “Машиностроение”, 1969.
24. Л.А. Овчаров. Прикладные задачи теории массового обслуживания М.: “Машиностроение”, 1969.
25. А. Кофман, Р.Крюон. Массовое обслуживание. Теория и приложения. М.: Мир, 1965.
26. Т.Л. Саати. Элементы теории массового обслуживания. М.: Изд-во МГУ, 1973.

### 10. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. <http://www.systemdynamics.org>
2. <http://www.rockwellautomation.com/rockwellsoftware/simulation.page?>
3. <https://www.arenasimulation.com/>
4. <https://www.arenasimulation.com/video-library>
5. <https://www.arenasimulation.com/business-processes>
7. Arena packaging Template User’s Guide: <http://iiesl.utk.edu/Courses/IE406%20S07/Slides/Arena%20Packaging%20Template%20User's%20Guide.pdf>
8. Arena template Developer’s Guide: <https://ru.scribd.com/document/273543567/Template-Developer-s-Guide-pdf>
9. Arena User’s Guide: <http://iiesl.utk.edu/Courses/IE406%20S07/Slides/Arena%20User's%20Guide.pdf> ()
10. Arena Variables Guide: <http://www.actsolutions.it/File/Arena/Arena%20Variables%20Guide.pdf>
11. Arena Basic Edition User’s Guide: <http://www.actsolutions.it/File/Arena/Arena%20Basic%20Edition%20User's%20Guide.pdf>
12. Arena OptQuest User’s Guide: <http://iiesl.utk.edu/Courses/IE406%20S07/Slides/Arena%20OptQuest%20User's%20Guide.pdf>