

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический
университет»

Методические указания
по выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Методология моделирования систем»

ТОМСК-2015

Лабораторная работа 1

Процесс моделирования. Выбор метода моделирования.

Цель:

- изучение основных подходов при моделировании, применяемых как в отечественной, так и в зарубежной практике;
- приобретение опыта в составлении моделей для повышения уровня конкурентоспособности продукции или услуги.

Основные положения

Исторически сложились два основных подхода при моделировании процессов и систем.

Классический подход рассматривает систему путем перехода от частного к общему, т.е. модель системы синтезируется путем слияния моделей ее компонент, разрабатываемых отдельно.

Системный подход предполагает последовательный переход от общего к частному, когда в основе построения модели лежит цель исследования. Именно из нее исходят, создавая модель. Подобие процесса, протекающего в модели реальному процессу, является не целью, а лишь условием правильного функционирования модели, поэтому в качестве цели должна быть поставлена задача изучения какой-либо стороны функционального объекта.

Принципы моделирования:

- 1) Принцип информационной достаточности
- 2) Принцип осуществимости
- 3) Принцип множественности моделей
- 4) Принцип агрегирования
- 5) Принцип параметризации

Свойства моделей

- 1) Цель функционирования, которая определяет степень целенаправленности поведения модели. Могут быть одноцелевые модели (для решения одной задачи) и многоцелевые, позволяющие рассмотреть ряд сторон функционирования реального объекта.
- 2) Сложность, которая оценивается по общему числу элементов в системе и связей между ними
- 3) Целостность, определяемая тем, что модель является одной целостной системой, включающей в себя большое число элементов, находящихся в сложной взаимосвязи друг с другом.
- 4) Неопределенность
- 5) Адаптивность
- 6) Организационная структура
- 7) Управляемость модели
- 8) Возможность развития модели

Классификация методов моделирования

По характеру изучаемых процессов

- детерминированное
- стохастическое

По признаку развития процессов во времени:

- статическое
- динамическое

По представлению информации в модели:

- дискретное
- непрерывное
- дискретно – непрерывное

В зависимости от представления объекта моделирования

Реальное объект есть и можно осуществить

- натуральное моделирование (можно поставить эксперимент)
- физическое моделирование

Мысленное (если объект моделирования не существует, либо существует вне условий для его физического создания)

Контрольные вопросы

1. Как правильно смоделировать процесс?
2. Раскройте каждый принцип моделирования и приведите примеры.
3. Раскройте свойства моделирования и приведите примеры.
4. Наглядное моделирование, три основных типа.
5. Основные типы символического моделирования.

Ситуационные задачи

Задача 1. Завод производит три вида продукции: А, В, С. На стадии проектирования сложного технического изделия А решается вопрос об объеме и уровне детализации технического описания.

Предположим, разработка подробных инструкций по обслуживанию будет стоить 25 тыс. руб. плюс издание для каждого комплекта оборудования — еще 10 руб. Причем наличие или отсутствие инструкций никак не отразится на цене продажи (10 тыс. руб.), так как гарантийные обязательства включают обслуживание с выездом к заказчику, т.е. потребитель не будет интересоваться сопроводительной документацией из-за уверенности в технической поддержке. Сервисный отдел предприятия работает по окладному принципу, и расходы на его содержание составляют 50 тыс. руб. в месяц.

Средняя стоимость одного вызова составляет 400 руб. (средние транспортные расходы плюс почасовая ставка персонала, умноженная на среднее время вызова), среднее количество вызовов — 100 в месяц, и они распределены следующим образом: изделие А (выпуск без инструкции по

обслуживанию) — 60; изделие В и С — по 20 каждое (снабжены инструкциями).

Из опыта производства и обслуживания изделий В и С следует, что в результате выпуска инструкций по эксплуатации количество вызовов снизится с 60 до 20 в месяц.

Обоснуйте, следует ли выпускать инструкции по обслуживанию изделий.

Задача 2. Известный писатель-фантаст Иван Ефремов так описывал будущее в середине прошлого века в своем знаменитом романе «Туманность Андромеды»: «...Уже много лет на планете отсутствовали какие-либо специальные уборщики помещений. Их функции выполнялись каждым обитателем, что было возможно только при абсолютной аккуратности и дисциплинированности каждого человека, а также при тщательно продуманной системе устройства жилья и общественных зданий с их автоматами очистки и продува».

Смоделируйте данный процесс. Раскройте сущность данного метода.

Лабораторная работа 2

Дифференциальный метод оценки качества продукции

Цель работы: Освоить методику оценки качества продукции с помощью «метода шкал».

Основные положения

Дифференциальный метод оценки качества продукции основан на сопоставлении единичных показателей ее качества с единичными показателями базового образца.

Базовым значением показателя качества продукции называется значение, принятое за основу при сравнительной оценке ее качества. В качестве базовых принимаются значения показателей качества лучших отечественных и зарубежных образцов, по которым имеются достоверные данные; значения показателей качества, достигнутые в некотором предыдущем периоде времени; планируемые показатели перспективных образцов, найденные экспериментальными или теоретическими методами; показатели качества, которые заданы в требованиях на продукцию (ГОСТ 15467-79).

Образцы продукции, обладающие базовыми показателями качества, называются базовыми образцами или эталонами. В качестве эталона должен утверждаться реальный образец. Сравнивать при измерении качества нужно образец с образцом (по всей номенклатуре показателей), а не значения отдельных показателей качества со значениями, относящимися к различным эталонам.

Для сравнения значений показателей качества с базовыми показателями используется «метод шкал».

«Метод шкал» включает в себя сравнение показателей качества по шкалам порядка, интервалов, отношений.

Шкала порядка показывает, выше или ниже базового определяемый показатель.

Шкала интервалов показывает, на сколько определяемый показатель выше или ниже базового.

Шкала отношений дает возможность сравнить во сколько раз определяемый показатель выше или ниже базового.

Например, имеются показатели качества оцениваемой продукции X_1, X_2, \dots, X_p и соответствующие показатели качества базового образца $X_{1б}, X_{2б}, \dots, X_{pб}$. Для сопоставления показателей дифференциальным методом вычисляют значения относительных показателей качества продукции (q_i) по формулам:

$$q_i = \frac{x_i}{x_{iб}} \quad (\text{для позитивных показателей})$$

$$q_i = \frac{x_{iб}}{x_i} \quad (\text{для негативных показателей})$$

где X_i — значение i -го показателя качества оцениваемой продукции;
 $X_{iб}$ — значение i -го базового показателя; $i = 1, 2, \dots, p$; p — количество рассматриваемых показателей качества продукции.

Позитивные показатели — показатели, с увеличением значений которых качество продукции повышается.

Негативные показатели — показатели, с увеличением значений которых качество продукции понижается.

Так как относительных показателей несколько, то ломаная линия, соединяющая их значения, образует некоторый уровень, который может быть выше или ниже базового (эталонного), либо пересекаться с ним (Рис.2.1.). Эталонный уровень, соответствующий значениям базовых показателей, является прямой линией, параллельной оси абсцисс и пересекающей ось ординат в точке (0;1). Таким образом, базовое (эталонное) качество выступает в роли безразмерной единицы, с которой сравнивается качество продукции.

В результате сопоставления показателей дифференциальным методом могут быть сформулированы следующие выводы:

- уровень качества оцениваемой продукции выше уровня базового образца, если все значения $q_i \geq 1$, причём хотя бы одно значение $q_i > 1$;
- уровень качества оцениваемой продукции равен уровню базового образца, если все значения $q_i = 1$;
- уровень качества оцениваемой продукции ниже уровня базового образца, если все значения $q_i \leq 1$, причём хотя бы одно значение $q_i < 1$.

Если часть значений относительных показателей больше, а часть меньше единицы, а также в случае, когда качество продукции нужно выразить в абсолютной мере одним числом (которое будет означать, во сколько раз это качество выше или ниже эталонного), объединяют относительные показатели в обобщенный комплексный показатель качества.

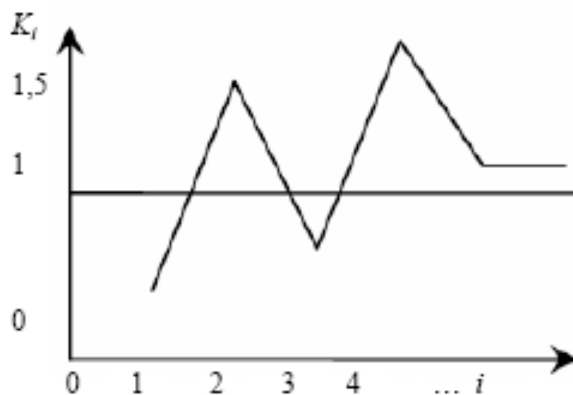


Рис.2.1. Шкала отношений

ПРИМЕР. Сравнить по качеству отечественный кокс, имеющий следующие показатели (содержание серы $X_1=0,7\%$; зольность $X_2=11\%$; прочность $X_3=78\%$), с английским коксом, имеющий следующие значения тех же показателей: ($X_{1б}=1,2\%$; $X_{2б}=9,8\%$; $X_{3б}=70\%$)

Решение:

$X_1(X_{1б})$; $X_2(X_{2б})$ — являются негативными показателями любого кокса;

$X_3(X_{3б})$ — позитивный показатель кокса.

С учётом вышеуказанного относительные показатели отечественного кокса рассчитываются по формулам:

$$q_1 = \frac{X_{1б}}{X_1} = \frac{1,2\%}{0,7\%} = 1,7; \quad 1,7 > 1 \quad (\text{формула 2})$$

$$q_2 = \frac{X_{2б}}{X_2} = \frac{9,8\%}{11\%} = 0,9; \quad 0,9 < 1 \quad (\text{формула 2})$$

$$q_3 = \frac{X_3}{X_{3б}} = \frac{78\%}{70\%} = 1,1; \quad 1,1 > 1 \quad (\text{формула 1})$$

Ответ:

На основании полученных данных дифференциальный метод не дает однозначного ответа на вопрос, качество какого из коксов выше.

Задание

1. Самостоятельно изучить методические рекомендации по проведению данной практической работы.

2. Исходные данные для расчетов взять в Таблице 2.1 согласно вариантам.

3. Определить позитивные и негативные показатели качества.
4. Рассчитать относительные показатели q_i . Результаты занести в таблицу.
5. Построить шкалу отношений $X_i/X_{iб}$ или $X_{iб}/X_i$.
6. Сделать вывод о характере изменения качества продукции.

Таблица 2.1

Исходные данные: «Величины показателей качества продукции»

Варианты	Показатель качества	Числовые значения показателя качества		Относительные показатели качества по шкалам отношений, q_i
		Нового образца, X_i	Базового образца, $X_{iб}$	
1	2	3	4	5
Определить качество новой подкладочной ткани, сравнив ее с выпускаемой тканью «базовым образцом»	<i>Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм:</i>			
	1. Основа, Н	401,8	470,4	
	2. Уток, Н	215,6	264,6	
	<i>Усадка после стирки:</i>			
	3. Основа, %	5	4,7	
	4. Уток, %	2	1,5	
	<i>Прочность к воздействию:</i>			
	5. Пены, балл	4	5	
	6. Мыла, балл	4	5	
	7. Воды, балл	4	5	
8. Сухого трения, балл	4	5		
9. Мокрого трения, балл	4	5		
10. Стойкость к истиранию на плоскости, цикл	400	600		

Определить соответствие одной из марок углеродистой качественной стали требованиям стандарта «базового образца»	1. Предел текучести, Н/мм ²	352,8	323,4	
	2. Временное сопротивление, Н/мм ²	597,8	548,8	
	3. Относительное удлинение, %	16	16	
	4. Относительное сужение, %	40	40	
	5. Ударная вязкость, Дж/м ²	6	5	
	6. Содержание серы, %	0,04	0,04	
	7. Содержание фосфора, %	0,03	0,04	
	8. Допустимое отклонение содержания кремния, %	0,02	0,03	
	9. Допустимое отклонение содержания углерода, %	0,01	0,01	
	10. Допустимое отклонение содержания марганца, %	0,03	0,03	

Определить качество цифрового вольтметра	1. Класс точности, Н/мм2	М 20	М 20	
	2. Быстродействие, м/с	0,3...1000	0,3...2000	
	3. Диапазон измерений, В	10	10	
	4. Чувствительность, мкВ	2000	2500	
	5. Входное сопротивление, Мом			
	<i>Напряжение питания:</i>			
	6. Диапазон, В	220 ± 10%	220 ± 6%	
	7. Частотный диапазон, Гц	50 ± 1,5%	50 ± 1,5%	
	8. Температурный диапазон, °С	0...50	0...50	
	9. Время безотказной работы, ч	320	320	
10. Масса, кг	35	23		

Дать сравнительную оценку качества новой модели холодильника по сравнению с базовым образцом	1. Объем холодильной камеры, л	100	100	
	2. Объем морозильной камеры, л	140	120	
	3. Средний срок службы, лет	20	15	
	4. Стоимость холодильника, руб.	8 000	7 000	
	5. Годовые эксплуатационные затраты, руб.	250	250	

Порядок работы

Заполнить данными подготовленные таблицы, произвести расчеты, построить графики по результатам исследований.

Контрольные вопросы

1. Какие показатели используются в дифференциальном методе оценки качества?
2. Перечислите требования, предъявленные к базовым значениям показателей качества.
3. Какие шкалы сравнения показателей качества вам известны?

По окончании работы выполняется отчет, который должен содержать:

1. задание и исходные данные;
2. формулы для расчета значений относительных позитивных и негативных показателей качества продукции (q_i);
3. расчеты значений относительных позитивных и негативных показателей качества продукции (q_i);
4. шкала отношений для оценки качества продукции;
5. анализ шкалы отношений для оценки качества продукции;
6. выводы по шкале отношений.
- 7.

Практическое занятие 3

Контрольные карты доли дефектных изделий

Цель работы: Освоить методику построения контрольных карт по альтернативному признаку

Основные положения

Показателем качества продукции безотносительно к свойствам отдельных изделий принято считать долю дефектных изделий в партии, выраженную в долях единицы или в процентах. Чем меньше доля дефектных изделий в партии, тем выше качество последней.

В общем случае доля дефектных изделий определяется следующими формулами:

$$q = \frac{d}{n} \text{ или } q = \frac{d}{n} * 100 \%,$$

где d - количество дефектных изделий в партии; n - количество изделий в партии.

Одна из целей контроля качества продукции - так организовать процесс производства, чтобы доля дефектных изделий была наименьшей.

Эта цель достигается путем организации и проведения *статистического регулирования* технологического процесса.

Статистическое регулирование технологического процесса осуществляется с помощью контрольных карт, которые служат для регистрации результатов периодического наблюдения за качеством продукции или технологического процесса. Одним из видов контрольных карт является карты контроля качества по числу дефектных изделий (*по альтернативному признаку*). При построении *контрольных карт доли дефектных изделий* каждое изделие оценивается только как годное или дефектное. В связи с тем, что при этом не используется информация о величине параметров, объем партий для получения достаточной достоверности результатов должен быть большим, чем при построении контрольных карт размахов и средних значений.

Для построения контрольной карты определяется *доля дефектных изделий* (q_i) в каждой партии:

$$q_i = \frac{d_i}{n_i}, \text{ или } q_i = \frac{d_i}{n_i} * 100 \%$$

где n_i – количество изделий в партии i ; d_i – количество дефектных изделий, попавших в партию i .

При построении контрольной карты на карту наносятся: центральная линия – среднее значение оцениваемой характеристики, наносятся также верхний (ВКП) и нижний (НКП) контрольные пределы и точки результатов измерения характеристик в каждой выборке (см. Рис.3.1).

Центральная линия определяется соотношением:

$$\bar{q} = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_i}{n_1 + n_2 + \dots + n_i} * 100\%,$$

где \bar{q} - среднее значение доли дефектных изделий в i партиях; $d_1, d_2 \dots d_i$ – количество дефектных изделий в каждой партии; $n_1, n_2 \dots n_i$ – количество изделий в партиях 1,2,... i .

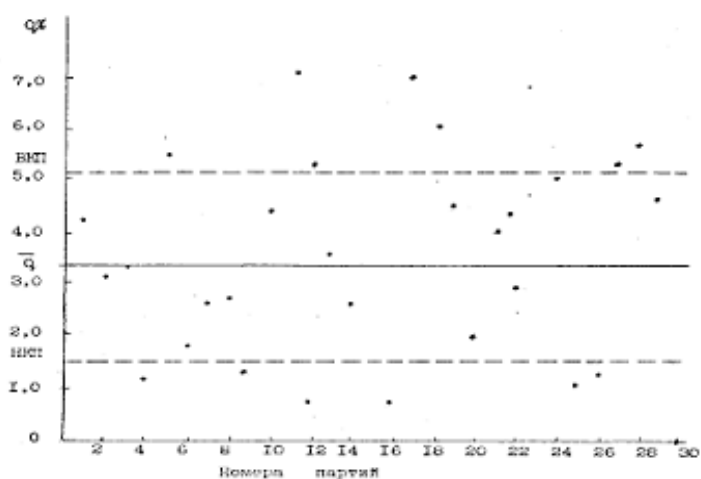


Рис. 3.1. Контрольная карта доли дефектных изделий

Контрольные пределы вычисляются по формулам:

$$ВКП_i(q) = \bar{q} + \left(3 \times \sqrt{\frac{\bar{q}(100 - \bar{q})}{n_i}} \right); НКП_i(q) = \bar{q} - \left(3 \times \sqrt{\frac{\bar{q}(100 - \bar{q})}{n_i}} \right);$$

На основании данных контрольной карты принимается решение об остановке и наладке производственного процесса. Можно указать ряд объективных признаков, предупреждающих о разладе производственного процесса:

- нахождение одного или нескольких значений за контрольными пределами;
- расположение нескольких последовательных значений вблизи контрольных пределов;
- расположение большого числа значений по одну сторону от центральной линии;
- постепенное приближение последовательных значений к контрольному пределу.

Пример расчета

В результате сплошного контроля 30 партий по 1000 изделий в каждой получены результаты, приведенные в Таблице 3.1

Таблица 3.1

Результаты контроля партий по числу дефектных изделий

Номер партии	Число дефектных изделий	Доля дефектных изделий, %	Номер партии	Число дефектных изделий	Доля дефектных изделий, %	Номер партии	Число дефектных изделий	Доля дефектных изделий, %
1	42	4,2	11	71	7,1	21	40	4,0
2	31	3,1	12	80	8,0	22	29	2,9
3	33	3,3	13	36	3,6	23	32	3,2
4	12	1,2	14	26	2,6	24	50	5,0
5	54	5,4	15	25	2,5	25	11	1,1
6	18	1,8	16	70	0,7	26	13	1,3
7	26	2,6	17	70	7,0	27	53	5,3
8	27	2,7	18	61	6,1	28	57	5,7
9	15	1,5	19	45	4,5	29	46	4,6
10	49	4,9	20	20	2,0	30	40	4,0

Решение:

Средняя доля дефектных изделий во всех партиях:

$$\bar{q} = \frac{1007}{30 * 1000} * 100 \approx 3,3\%$$

Контрольные пределы одинаковы для всех партий (все партии имеют одинаковый объем):

$$VKП(q) = 3,3 + \left(3 \times \sqrt{\frac{3,3 * 96,7}{1000}} \right) = 5,1\%$$

$$HKП(q) = 3,3 - \left(3 \times \sqrt{\frac{3,3 * 96,7}{1000}} \right) = 1,5\%$$

На контрольную карту (рис.3.1) наносятся центральная линия, верхний и нижний контрольные пределы и значения доли дефектных изделий в каждой партии.

Ответ:

В данном примере доля дефектных изделий в нескольких случаях превышает контрольные пределы, поэтому процесс производства не может считаться стабильным и требует под наладки.

Задание

1. Самостоятельно изучить методические рекомендации по проведению данной практической работы.
2. Исходные данные для расчетов взять в Таблице 3.2 согласно вариантам.
3. Рассчитать долю дефектных изделий (q_i) в каждой партии.
4. Рассчитать среднюю долю дефектных изделий (\bar{q}) во все партиях:
 $n_i = 2000$ (вар. 1,5); $n_i = 1000$ (вар. 2,4); $n_i = 500$ (вар.3).
5. Рассчитать нижний и верхний контрольные пределы.
6. Построить контрольную карту доли дефектных изделий.
7. На основании данной контрольной карты сделать вывод.

Таблица 3.2

Исходные данные: «Результаты контроля партий по числу дефектных изделий»

Номер партии	Число дефектных изделий				
	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5
1	80	43	21	50	54
2	65	31	12	21	62
3	31	34	16	49	28
4	30	52	20	62	70
5	32	17	31	19	81
6	40	19	17	23	30
7	51	58	18	41	35

8	28	59	33	26	79
9	56	40	10	13	60
10	61	5	6	59	50
11	48	54	8	7	65
11	2	3	4	5	6
12	75	11	10	42	56
13	81	24	27	61	31
14	34	39	30	63	53
15	25	21	15	20	45
16	79	10	25	27	33
17	68	60	31	54	30
18	24	42	15	38	34
19	60	29	21	32	67
20	55	51	4	45	82

Порядок работы

Заполнить данными подготовленные таблицы, произвести расчеты, построить графики по результатам исследований.

Контрольные вопросы

1. Какой контроль качества называется статистическим?
2. Дайте определение «выборки» данных.
3. Перечислите характеристики выборки.
4. Какие виды карт статистического контроля технологического процесса вам известны?

По окончании работы выполняется отчет, который должен содержать:

1. задание и исходные данные;
2. формулы для расчета: доли дефектных изделий (q_i) в каждой партии, средней доли дефектных изделий (\bar{q}) во все партиях, верхнего (ВКП) и нижнего (НКП) контрольных пределов средней доли дефектных изделий;
3. расчеты: доли дефектных изделий (q_i) в каждой партии, средней доли дефектных изделий (\bar{q}) во все партиях, верхнего (ВКП) и нижнего (НКП) контрольных пределов средней доли дефектных изделий;
4. контрольные карты доли дефектных изделий;
5. анализ контрольных карт доли дефектных изделий;
6. выводы по контрольным картам;
7. ответы на контрольные вопросы.

Практическое занятие 4

Имитационное моделирование и функционально-стоимостной анализ

Цель работы:

- изучение основных подходов при имитационном моделировании;
- изучение в Business Studio функционально-стоимостного анализа для расчета стоимости и времени выполнения процессов;
- приобретение опыта в составлении моделей для повышения уровня конкурентоспособности продукции или услуги.

Основные положения

Имитационное моделирование – метод исследования, основанный на том, что изучаемая система заменяется имитирующей. С имитирующей системой проводят эксперименты (не прибегая к экспериментам на реальном объекте) и в результате получают информацию об изучаемой системе. Метод позволяет имитировать выполнение модели бизнес-процессов так, как оно происходило бы в действительности, с учетом графиков рабочего времени и занятости временных ресурсов и наличия необходимого количества материальных ресурсов. В результате можно оценить реальное время выполнения как одного процесса, так и заданного их множества.

Функционально-стоимостной анализ (ФСА) используется для операционно-ориентированного расчета себестоимости продукта (услуги). В основе ФСА лежит положение о том, что для производства продукта (услуги) необходимо выполнить ряд действий, каждое из которых требует определенных ресурсов. Необходимо рассчитать расходы на выполнение каждого действия – и их сумма, с определенными поправками, будет составлять себестоимость продукта (услуги).

В Business Studio имитационное моделирование и функционально-стоимостной анализ используются параллельно для расчета стоимости и времени выполнения процессов. Функционально-стоимостной анализ позволяет рассчитать себестоимость продукции (услуги) через перенос стоимости ресурсов на стоимость выполняемых процессов. Стоимость временного ресурса переносится на стоимость процесса пропорционально времени, которое ресурс затрачивает на выполнение процесса. Стоимость материального ресурса переносится на стоимость процесса пропорционально количеству повторений процесса. Время выполнения и количество повторений процесса определяется посредством имитационного моделирования. Для каждого эксперимента можно задать время начала и окончания в абсолютных единицах с привязкой к конкретной дате календаря.

Рекомендации по практическому применению методов имитационного моделирования и функционально-стоимостного анализа при анализе моделей бизнес-процессов приведены в методике «Имитационное моделирование и

функционально-стоимостной анализ» (файл «Методика Имитационное моделирование и функционально-стоимостной анализ.doc» в папке «Документация»).

Функциональность ФСА поставляется с версией Business Studio Enterprise.

Меню ФСА

Меню ФСА находится в Главном меню Business Studio. С помощью пункта меню «Запустить новую имитацию» создается новая имитация и открывается окно редактирования имитации. С помощью пункта «Параметры ФСА» открывается окно Настроек для всех пользователей Business Studio для редактирования базовых параметров. Остальные пункты открывают справочники соответствующих классов для просмотра и редактирования данных.

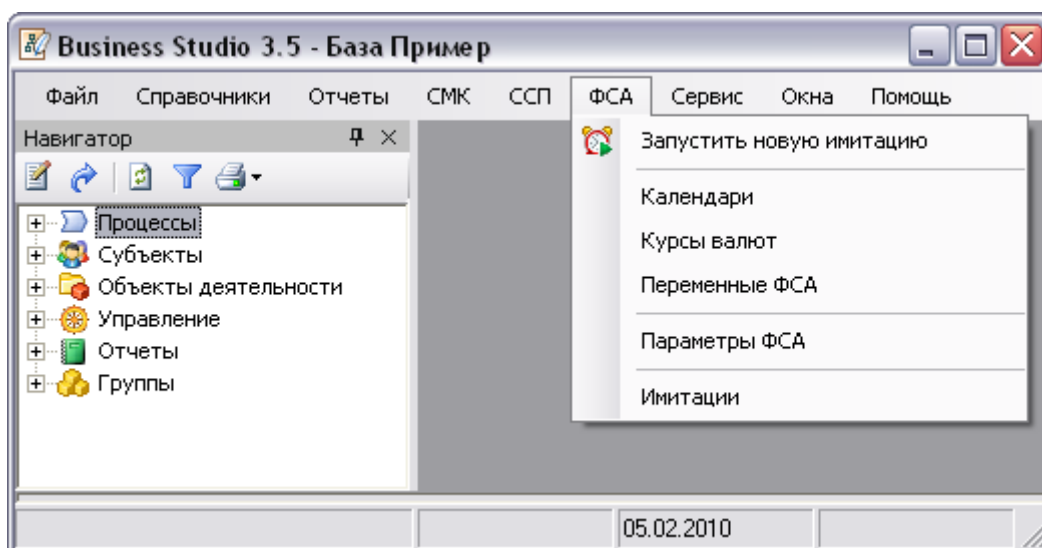


Рис. 4.1 Главное меню ФСА



Заполнение данных для ФСА

Базовые параметры ФСА

Базовые параметры ФСА задаются в Настройках для всех пользователей Business Studio с помощью параметра «Параметры ФСА» (пункт Главного меню «Сервис → Настройки для всех пользователей»). Они задают параметры базы, используемые при проведении имитационного моделирования и функционально-стоимостного анализа: «Базовая валюта», «Базовый календарь», «Время синхронизации для Процессов/Процедур», «Формат дней во временных параметрах», «Рабочие дни». В списке «Статусы процесса для имитации» указываются те статусы, процессы с которыми участвуют в имитации. Однако если процесс добавлен в список Имитации «Процессы имитации», то его имитация будет проведена вне

зависимости от статуса. Статус проверяется для подпроцессов процессов имитации. Подпроцессы, статус которых не соответствует одному из статусов списка «*Статусы процесса для имитации*», при проведении имитации считаются конечными (недекомпозируемыми).



Параметры ФСА процесса

Для определения стоимости и времени выполнения процесса необходимо заполнить ряд временных и стоимостных параметров в окне свойств процесса. Окно свойств вызывается для элемента класса «Процессы» нажатием кнопки . В окне «Редактирование объекта из: Процессы» необходимо выделить параметр «Параметры ФСА» и нажать кнопку  в строке. Откроется окно ввода Параметров ФСА процесса.

Существует два вида ресурсов:

- *временные ресурсы* – ресурсы, стоимость использования которых зависит от времени выполнения процесса, в рамках которого они используются;
- *материальные ресурсы* – ресурсы, стоимость использования которых зависит от количества повторений процесса, в рамках которого они используются.

Ресурсами могут быть элементы классов «Субъекты» и «Объекты деятельности».

Параметры ресурсов, используемые при имитационном моделировании и функционально-стоимостном анализе, задаются в окне свойств субъектов или объектов в параметре «Параметры ФСА». Окно свойств вызывается для элемента класса нажатием кнопки . В открывшемся окне необходимо выделить параметр «Параметры ФСА» и нажать кнопку  в строке. Откроется окно ввода Параметров ФСА субъекта или объекта.

Для использования элемента в качестве материального ресурса задаются *Цена и Валюта цены; Единица измерения; Тип материального ресурса* (Локальный – для каждого экземпляра каждого процесса имитации используется свой экземпляр материального ресурса, Глобальный – для всех экземпляров процессов имитации используется один экземпляр материального ресурса). Начальное количество материального ресурса можно задать путем создания переменной «Количество» с указанием ее Стартового значения на закладке «*Переменные*». Для использования субъекта/объекта в качестве временного ресурса заполняется список «*Смены*», где указываются *Календарь* работы ресурса, *Количество экземпляров ресурса*, работающих в соответствии с этим календарем, *Ставка в час* и *Валюта ставки*.

Назначение ресурсов на процесс

Перечень временных и материальных ресурсов, необходимых для выполнения процесса, задается на закладке «Ресурсы» в Параметрах ФСА процесса.

Автоматически на закладку «Ресурсы» процесса попадают все субъекты и объекты деятельности, связанные с процессом в соответствующих списках или входящие в процесс на диаграмме ЕРС. Ресурсы могут быть также добавлены в список «Ресурсы» вручную перетаскиванием из Навигатора.

Удалить строку с ресурсом можно с помощью пункта контекстного меню «Удалить выделенные строки (Ctrl+Del)».

Назначение продуктов процесса



В качестве продуктов в Business Studio можно использовать элементы класса «Объекты деятельности». Продукты являются материальными ресурсами, производимыми при выполнении процесса. В отличие от материальных ресурсов, количество которых при выполнении процесса уменьшается, количество продуктов при выполнении процесса увеличивается.

Перечень продуктов, производимых в рамках выполнения процесса, задается на закладке «Продукты» в Параметрах ФСА процесса.

Автоматически в список «Продукты» процесса попадают элементы, связанные с процессом в соответствующих списках или исходящие из процесса на диаграмме ЕРС. Продукт может быть также добавлен на закладку «Продукты» вручную перетаскиванием из Навигатора.

Удалить строку с продуктом можно с помощью пункта контекстного меню «Удалить выделенные строки (Ctrl+Del)».

Параметры ФСА событий

Параметры событий, используемые при имитационном моделировании и функционально-стоимостном анализе, задаются в окне свойств событий в параметре «Параметры ФСА». Окно свойств вызывается для элемента класса нажатием кнопки . В открывшемся окне необходимо выделить параметр «Параметры ФСА» и нажать кнопку  в строке. Откроется окно ввода Параметров ФСА события.

Правила возникновения события

Во время имитации экземпляры процесса запускаются на выполнение в соответствии с правилами возникновения их стартовых событий. Правила возникновения стартового события процесса задаются на закладке «Правила возникновения» в окне «Параметры ФСА» события.

Для события задается *Интервал* времени, в течение которого оно возникает (2), *Тип случайной величины* (Момент времени или Шаг запуска); *Закон распределения* случайной величины. *Количество событий*, которые должны возникнуть в течение заданного интервала.

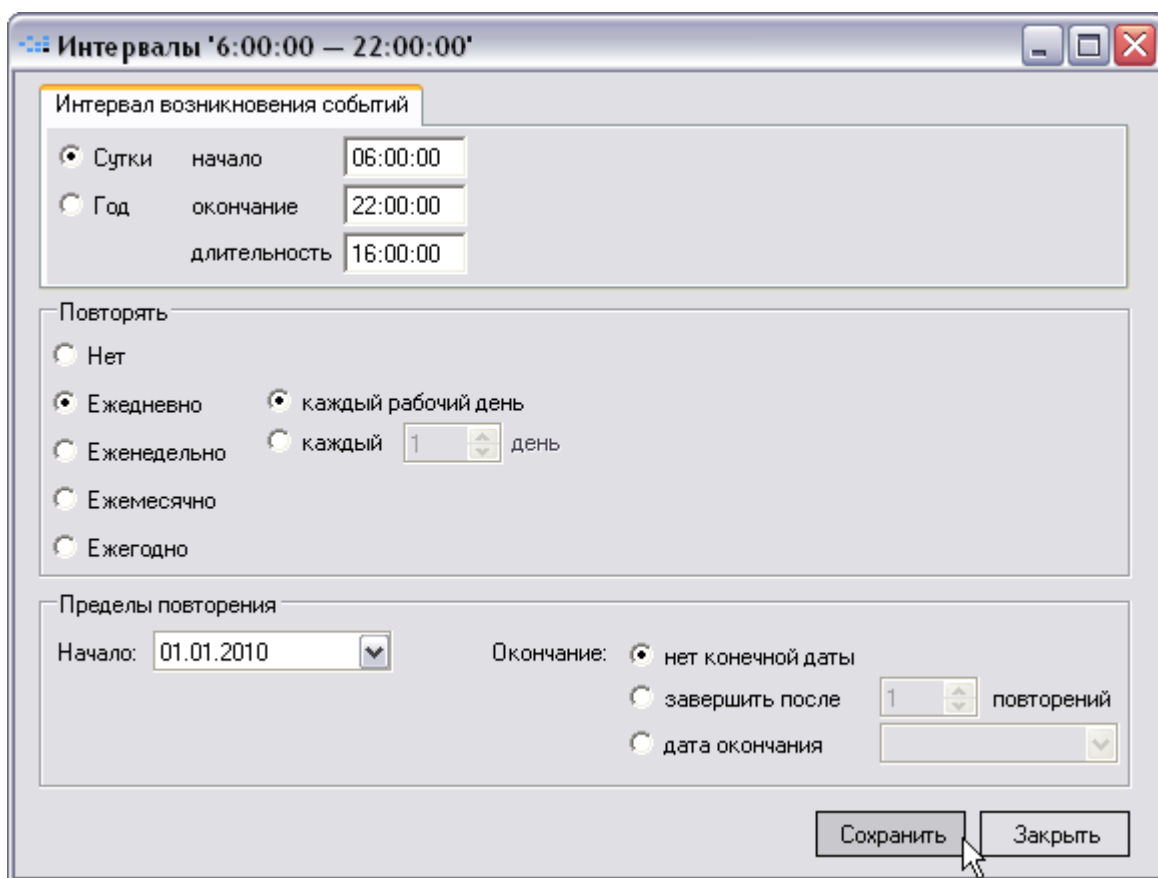


Рис. 4.2 Интервал возникновения событий

На закладке «Интервал возникновения события» задается интервал в течение *Суток* или *Года*, в рамках которого возникает событие.

В разделе «Повторять» задается частота повторения интервала возникновения события.

В разделе «Пределы повторения» задаются стартовая и конечная даты периода, в течение которого повторяется интервал возникновения события.

По гиперссылке *Смоделировать моменты возникновения события* открывается окно для моделирования моментов возникновения события за период (3).

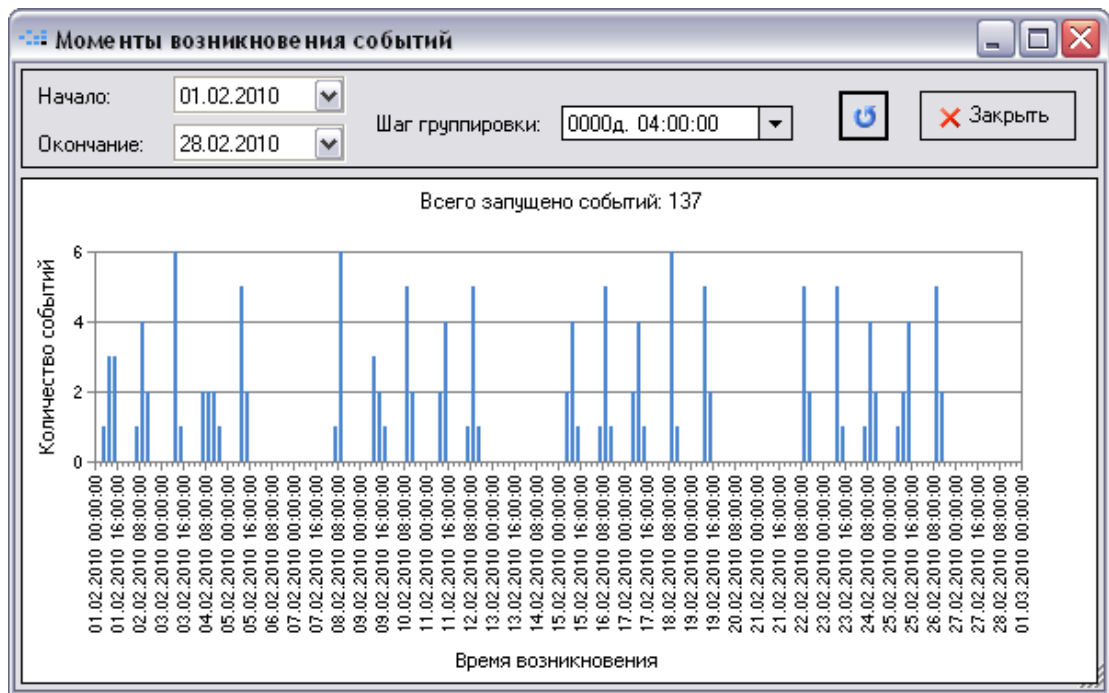



Рис. 4.3 Моменты возникновения событий

Период можно изменять в параметрах «Начало» и «Окончание» окна «Моменты возникновения событий». Также можно изменять шаг группировки. По кнопке  «Сгенерировать новую последовательность» можно посмотреть другие варианты последовательностей возникновения событий за период.

Условия перехода по ветке маршрута процесса

Для определения дальнейшего хода выполнения процесса в точках ветвлений на диаграммах процессов в нотации ЕРС необходимо задать условия возникновения событий, следующих после операторов ветвления, или задать вероятность их возникновения в Параметрах ФСА событий.

Параметры ФСА стрелки диаграммы

Для определения дальнейшего хода выполнения процесса в точках ветвлений на диаграммах процессов в нотациях Процесс, Процедура необходимо задать «Параметры ФСА» в свойствах стрелок типа «Связь предшествования», исходящих из блоков «Решение» (вероятность или условие).

Переменные ФСА

Переменные ФСА – содержит пополняемые линейные справочники глобальных переменных, переменных объектов, субъектов и процессов. Открывается пунктом Главного меню «ФСА → Переменные ФСА».

Переменные объектов, субъектов и процессов могут быть созданы в справочнике «Переменные ФСА» или в списке «Переменные». Список «Переменные» отображается в Параметрах ФСА справочников «Объекты деятельности», «Субъекты», «Процессы». Значения переменных изменяются в течение всей имитации при выполнении процессов. Действия, выполняемые с переменными в рамках процессов, фиксируются на закладке «Действия с переменными» в Параметрах ФСА процесса. Переменные могут определять ход выполнения процесса:

- 1) При использовании их в условиях событий/стрелок.
- 2) Если какое-либо действие с переменной не может быть выполнено по причине выхода значения переменной за заданные границы, то выполнение процесса приостанавливается.

Переменная «Количество» объектов и субъектов используется для задания доступного количества материальных ресурсов. Если она не задана явно, то она создается автоматически на время имитации. У процессов аналогичным образом автоматически создаются действия с переменной «Количество» (для ресурсов – вычитание, для продуктов – сложение).

Окно для ввода Значения переменной или операнда

Стартовые значения переменных и значения операндов в списке «Действия с переменными» процессов и в списке «Условия» событий и стрелок задаются в окне «Значение» (Рис. 4.4). В качестве значения переменной или операнда могут быть заданы: значение-константа, случайная величина или выбрана другая переменная.

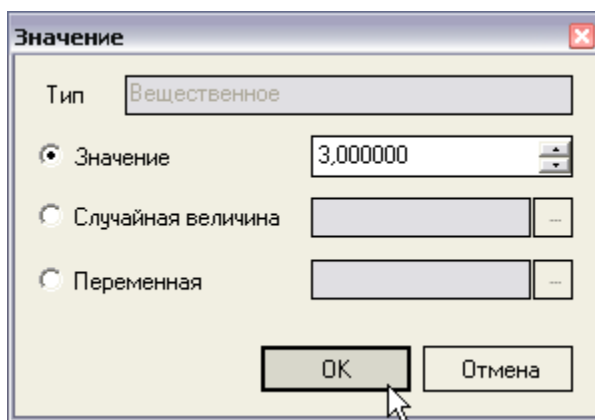


Рис. 4.4 Окно для ввода событий

Закон распределения

Закон распределения – соответствие между возможными значениями случайной величины и вероятностями их появления.

Случайная величина – числовая переменная величина, принимающая в зависимости от случая те или иные значения с определенными вероятностями.

В Business Studio можно задать законы распределения таких случайных величин как: момент возникновения или шаг повторения стартового события,

значение переменной и операнда, время выполнения и время ожидания процесса, количество материального ресурса и продукта, используемого и производимого при выполнении процесса

В форме закона распределения случайной величины можно задать Константу, Дискретный закон распределения или Непрерывный закон распределения: Равномерный, Нормальный, Экспоненциальный, Гамма (Эрланга) или Треугольный. Для каждого закона распределения необходимо задать его параметры. Если параметры закона заданы верно, будет построен график закона распределения (Рис.4.5).

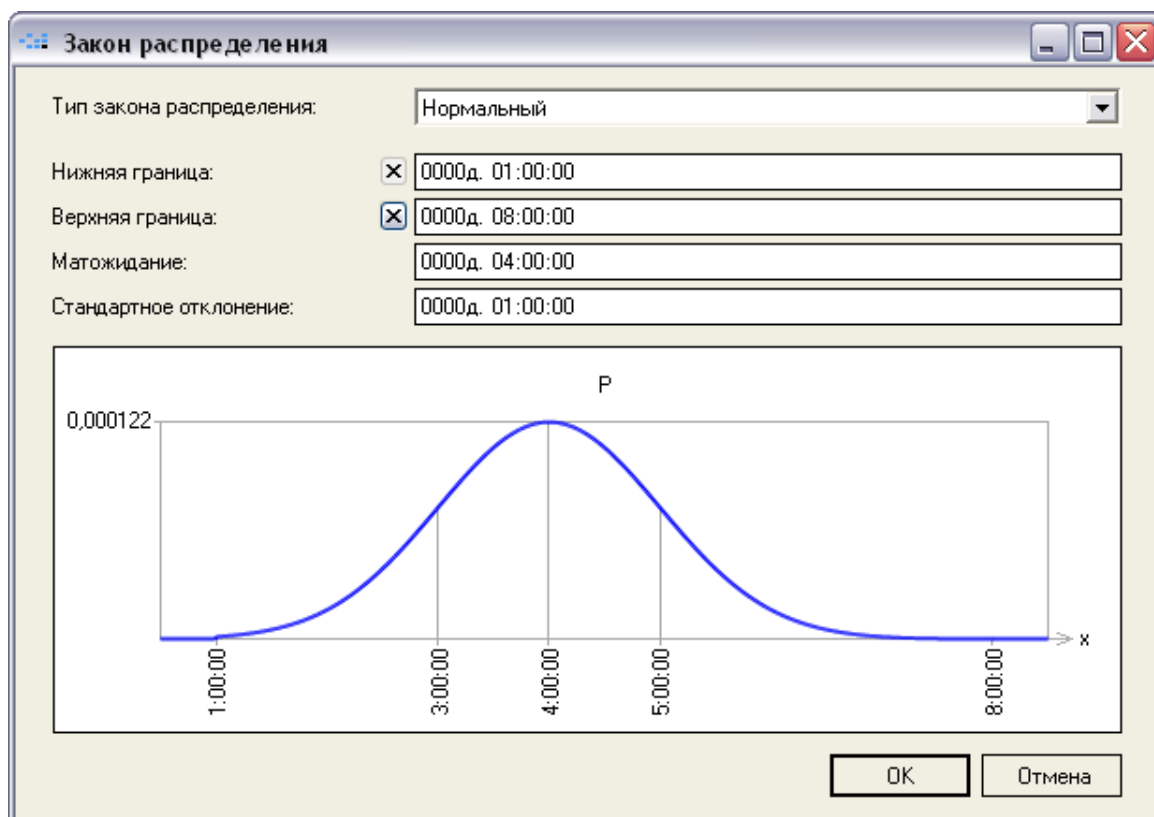


Рис. 4.5 Закон распределения

Справочник «Календари»

Календари – это линейный пополняемый справочник календарей. Открывается пунктом Главного меню «ФСА → Календари». В календаре задаются настройки рабочего времени компании и временных ресурсов. В поле *Название* – задается наименование календаря.

На закладке *Рабочее время* задаются интервалы рабочего времени в течение суток.

В разделе «Повторять» задается частота повторения интервалов рабочего времени.

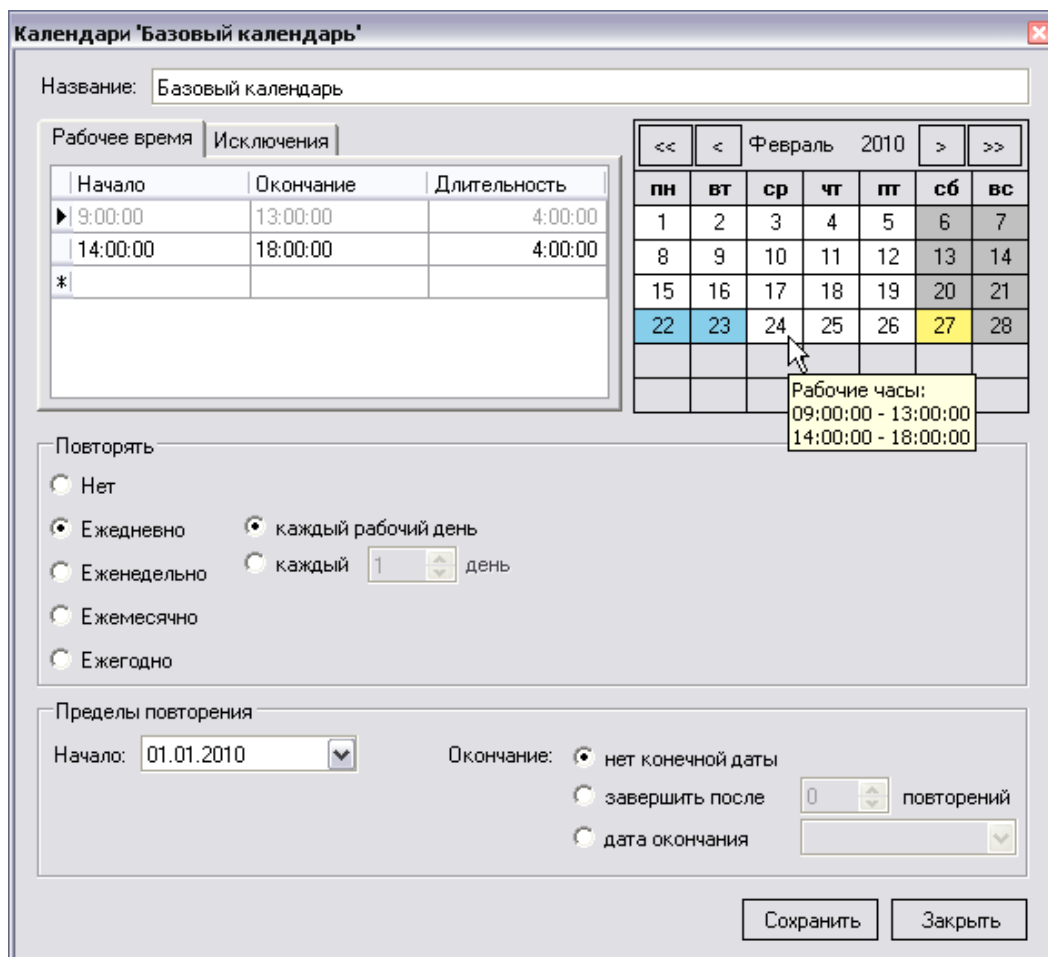


Рис. 4.6 Базовый календарь

В разделе «Пределы повторения» задаются стартовая и конечная даты периода повторения интервалов рабочего времени календаря.

На закладке *Исключения* задаются исключения из календаря. Новое исключение создается добавлением новой строки. В качестве исключения может быть задан нерабочий день или день с измененными рабочими часами. Окно параметров исключения аналогично окну Календаря.

Справа расположен календарь, в котором цветом отображается тип даты календаря: белый цвет – рабочий день, серый цвет – нерабочий день, желтый цвет – рабочий день-исключение, синий цвет – нерабочий день-исключение. При наведении на ячейку даты календаря всплывает подсказка с рабочими часами, действующими на эту дату. С помощью кнопок со стрелками осуществляется переход по месяцам и годам календаря. Наведя на ячейку даты календаря, с помощью пункта контекстного меню «Создать исключение» можно создать исключение.

Справочник «Единицы измерения»


Единицы измерения – это линейный пополняемый справочник единиц измерения. Например, «Рубли», «Доллары», «Штуки», «Листы бумаги» и т.д.

Открывается выбором пункта Главного меню «Справочники →  Единицы измерения».

Справочник «Курсы валют»

Курсы валют – это линейный пополняемый справочник курсов валют. Открывается выбором пункта Главного меню «ФСА → Курсы валют». Курсы валют используются для конвертации валют.

Проведение имитационного моделирования

Запустить имитацию можно с помощью пункта Главного меню «ФСА → Запустить новую имитацию» или с диаграммы конкретного процесса по кнопке  на панели инструментов диаграммы. Если на диаграмме были произведены какие-либо изменения, будет выдано предложение о сохранении. После запуска имитации откроется окно свойств Имитации процесса.

Имитации

Справочник «Имитации» предназначен для задания параметров имитаций и хранения их результатов. Справочник открывается с помощью пункта Главного меню «ФСА → Имитации».

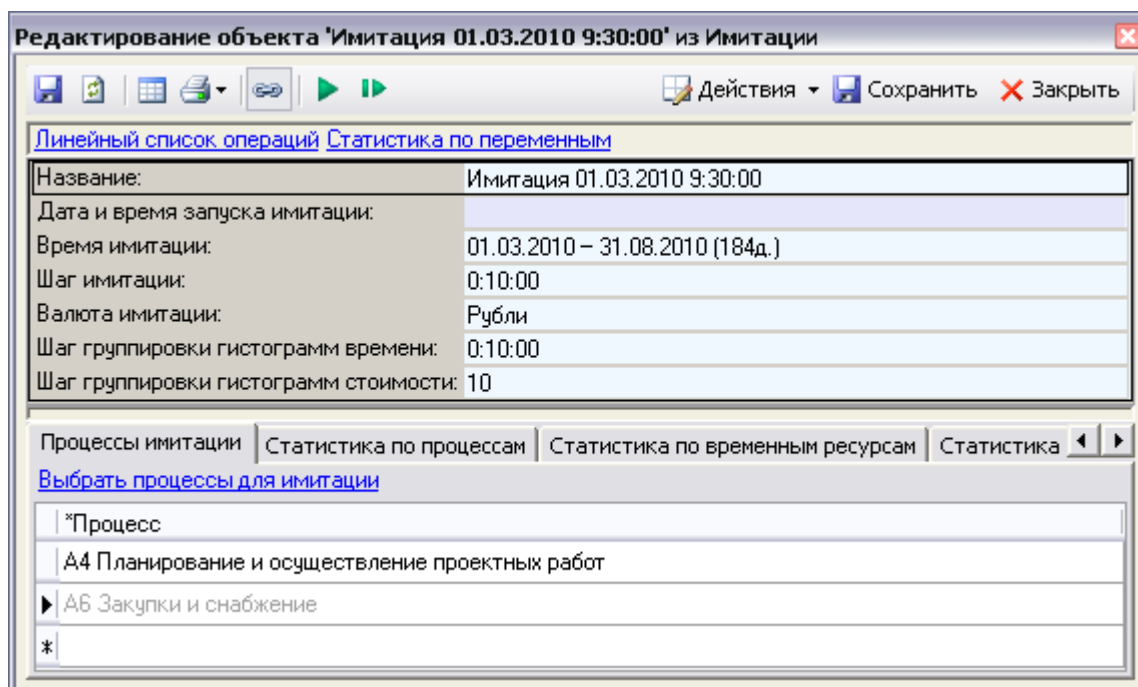




Рис. 4.7 Редактирование объекта

В Business Studio существует два режима имитации: автоматический и пошаговый. По кнопке  запускается автоматический режим имитации, по кнопке  – пошаговый. При нажатии на одну из этих кнопок будет открыто

окно хода имитации. При повторном запуске имитации значения, полученные ранее, будут очищены.

Окно хода имитации

В окне хода имитации отображается *Дата* и *Время начала имитации*, *Текущая дата* и *Текущее время имитации*, а также *Скорость имитации* (Рис.4.8).

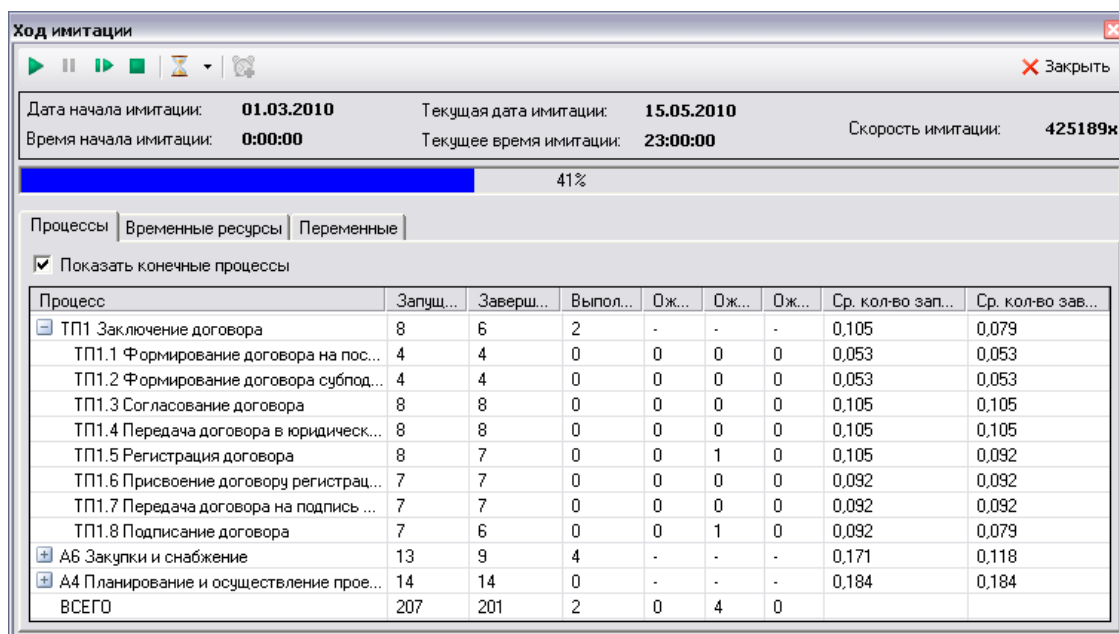


Рис. 4.8 Ход имитации

Управление ходом имитации осуществляется с помощью кнопок на панели инструментов окна (Таблица 4.1).

Таблица 4.1

Панель инструментов для управления имитацией

Кнопка	Описание
	Запускает или продолжает автоматический режим имитации. За один запуск проводит имитацию за период, указанный в параметре «Время имитации» в окне свойств имитации.
	Пауза. Приостанавливает имитацию. Нажатие кнопки после паузы продолжает имитацию с места остановки.
	Сделать шаг. Выполняет пошаговый режим имитации.
	Остановить имитацию. Нажатие кнопки после остановки запускает имитацию с самого начала.
	Задержка имитации. Вносит задержку между шагами имитации. Нажатие на кнопку включает или отключает задержку. По умолчанию время задержки – 1с. Изменить время задержки можно с помощью кнопки .
	Продлить интервал. Позволяет продлить имитацию после окончания имитации. Открывает окно для задания нового значения времени окончания имитации. После задания нового времени имитация оказывается в режиме «Пауза».

В статусной строке отображается состояние имитации. На закладке «Процессы» отображаются процессы, выполнение которых имитируется, и их текущее состояние. С помощью опции «Показывать конечные процессы» осуществляется управление отображением конечных процессов в списке.

Процесс	Запуш...	Заверш...	Выпол...	Ож...	Ож...	Ож...	Ср. кол-во зап...	Ср. кол-во зав...
ТП1 Заключение договора	8	6	2	-	-	-	0,105	0,079
А6 Закупки и снабжение	13	9	4	-	-	-	0,171	0,118
А6.2 Поиск и выбор поставщиков	6	4	2	-	-	-	0,079	0,053
А6.4 Закупка ТМЦ и инструмента	3	3	0	-	-	-	0,039	0,039
А4 Планирование и осуществлени...	14	14	0	-	-	-	0,184	0,184
А4.1 Планирование проектов	0	0	0	-	-	-	0	0
А4.2 Реализация проекта	11	11	0	-	-	-	0,145	0,145
А4.2.1 Предпроектное обследо...	4	4	0	-	-	-	0,053	0,053
А4.2.2 Техно-рабочее проектиров...	4	4	0	-	-	-	0,053	0,053
А4.2.3 Организация и выполнени...	9	9	0	-	-	-	0,118	0,118

Рис. 4.9 Имитация «Процессы»

На закладке «Временные ресурсы» отображен перечень временных ресурсов, используемых при проведении имитации, и их текущее состояние. При выделении ресурса справа отображается детализация состояния ресурса на момент выделения.

Ресурс	Кол-во ...	Длина очереди
Бухгалтер	0	0:00:00
Ведущий инженер	0	0:00:00
Директор	0	0:00:00
Заказчик	0	0:00:00
Заместитель директора...	0	0:00:00
Интернет	2	1д. 11:02:48
Компьютер	4	2д. 22:05:36
Контролирующие органы	0	0:00:00
Мастер	0	0:00:00
Менеджер по снабжению	4	2д. 22:05:36
Монтажник	0	0:00:00
Начальник монтажного ...	0	0:00:00
Начальник отдела снаб...	0	0:00:00
Поставщик	1	21:47:09
Руководитель проекта	0	0:00:00
Субподрядчик	0	0:00:00
Юрист	0	0:00:00

Менеджер по снабжению		
Дата имитации:	07.04.2010	
Время имитации:	15:00:00	
<input type="button" value="Обновить"/>		
Экземпляр	Выполняемый процесс	
Менеджер по снабжению, Смена 1, экз.№1	ТП1.3 Согласование договора...	
Менеджер по снабжению, Смена 1, экз.№2	-	
№	Процессы в очереди	Приоритет ...
1	А6.2.1 Поиск информации о поставщиках (экз. №3)	5
2	А6.2.1 Поиск информации о поставщиках (экз. №3)	5
3	А6.2.1 Поиск информации о поставщиках (экз. №4)	5
4	А6.2.1 Поиск информации о поставщиках (экз. №4)	5

Рис. 4.10 Имитация «Временные ресурсы»

На закладке «Переменные» отображаются Значения переменных, используемых при проведении имитации.

Процессы	Временные ресурсы	Переменные
Переменная		Значение
[-] Переменные глобальных объектов		
	Принтер (печать 1 листа).Количество	452
	Лист бумаги формата А4.Количество	452
	Образцы поставки.Количество	2
	Почтовые услуги.Количество	45
	Договор.На поставку	Нет
[+] Переменные глобальных субъектов		
[+] Глобальные переменные		

Рис. 4.11 Имитация «Переменные»

Пошаговая имитация диаграммы

При запуске пошаговой имитации с диаграммы процесса во время имитации на диаграмме отображается количество повторений процессов. Для диаграмм процессов в нотации ЕРС дополнительно отображается количество повторений событий и операторов (Рис.4.12). Толстой рамкой выделены элементы, которые выполнялись на предыдущем шаге времени имитации.

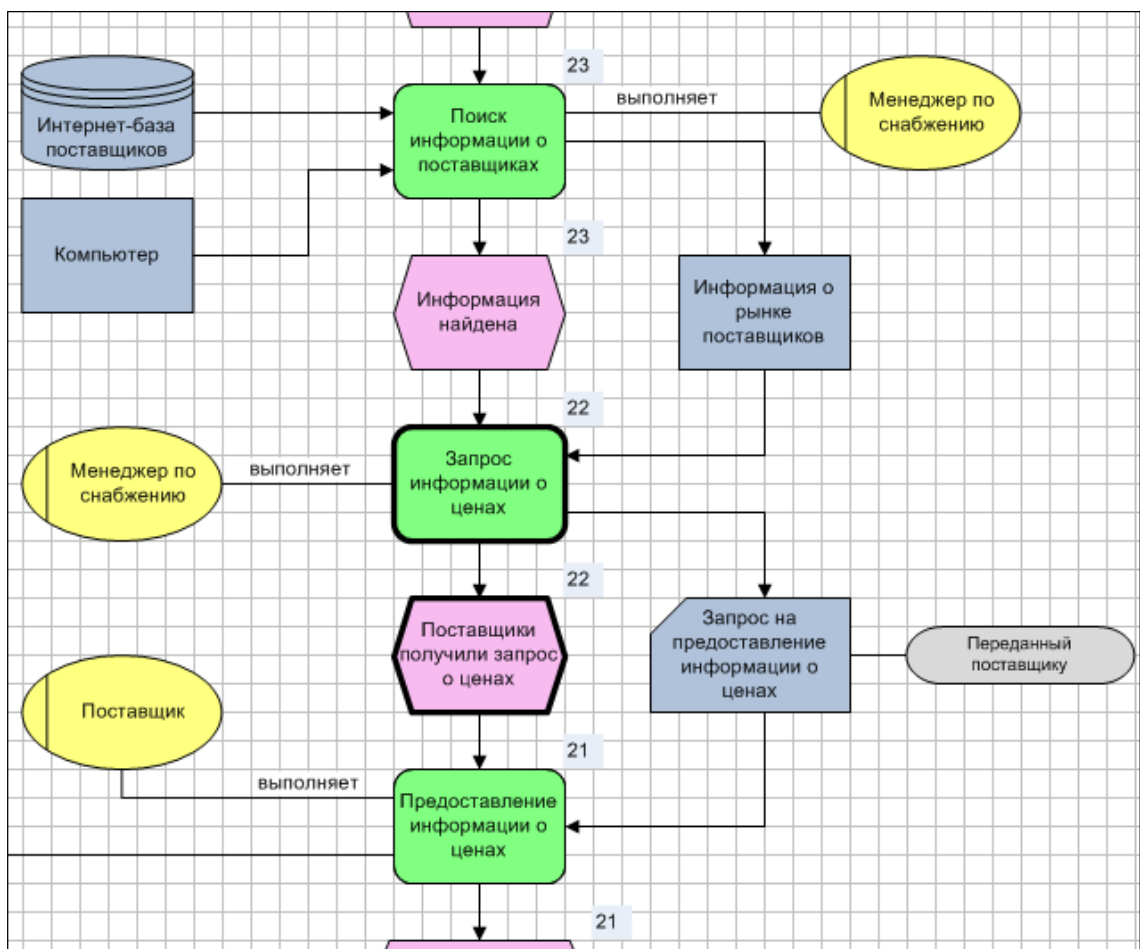



Рис. 4.12 Диаграмма процессов

Результаты проведения имитации

По результатам проведенной имитации рассчитываются статистики по процессам имитации, использованным ресурсам, произведенным продуктам. Результаты можно увидеть в окне Имитации на соответствующих закладках и с помощью гиперссылок.

Процесс	Количество выполнений	Средняя длительность	Средняя стоимость
ТП1 Заключение договора	10	5д. 13:38:00	3574,33
А6 Закупки и снабжение	6	29д. 03:48:20	23189,54
А4 Планирование и осуществление...	13	12д. 02:59:13	12580,58

Рис. 4.13 Результаты проведения имитации

Для временных и стоимостных параметров статистик процессов строятся гистограммы (Рис.4.14). Начальный шаг группировки для построения гистограмм задается параметрами *Шаг группировки гистограмм времени* и *Шаг группировки гистограмм стоимости* перед запуском имитации в окне Имитации. Гистограммы отображаются в окнах свойств параметров, которые открываются по кнопке  в поле параметра. Масштаб отображения гистограммы можно изменять.

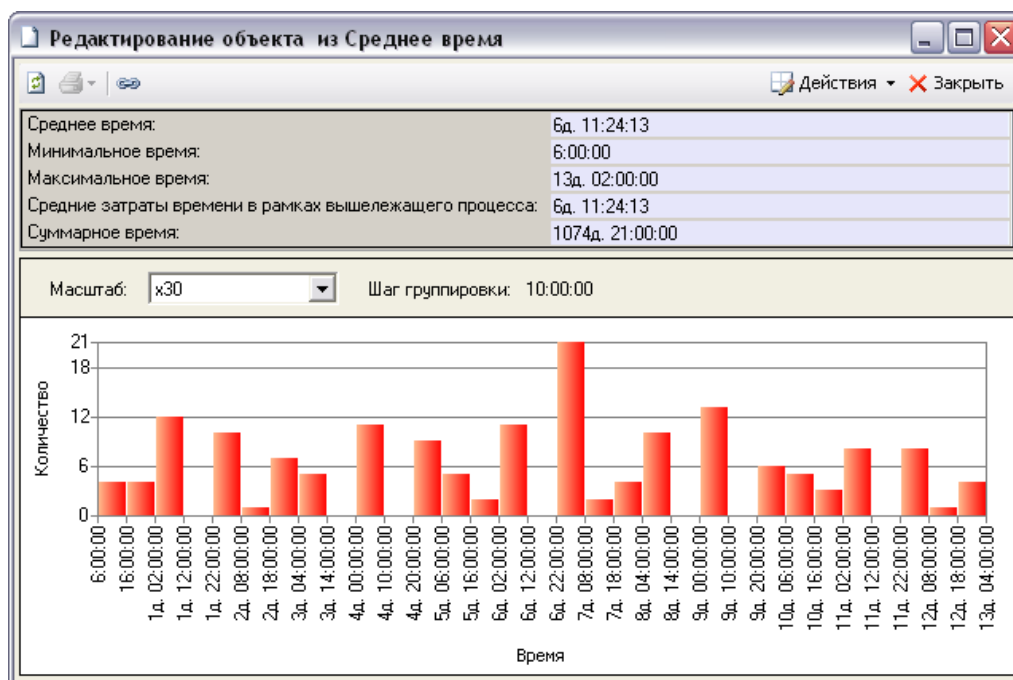


Рис.4.14 Гистограмма

Для временных ресурсов по результатам имитации строится график работы каждого экземпляра ресурса. Просмотреть график можно по гиперссылке График работы экземпляра на закладке «Загруженность временного ресурса» в Статистике по временному ресурсу.

В окне «График работы экземпляра ресурса» (Рис.4.15) серым цветом отмечено нерабочее время экземпляра ресурса, белым цветом – время простоя экземпляра, зеленым цветом – время работы экземпляра временного ресурса. При наведении на ячейку можно увидеть подсказку о действиях экземпляра в данном отрезке времени.

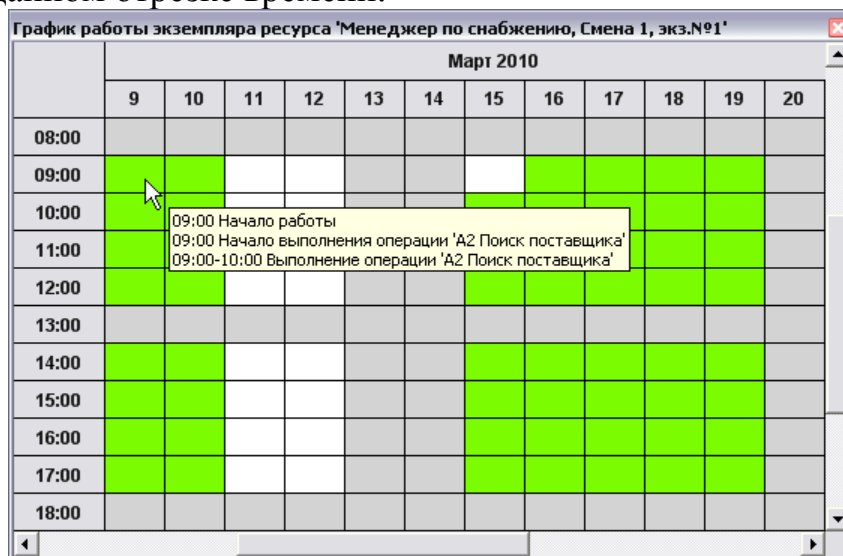


Рис. 4.15 График работы экземпляра ресурса

Отчеты ФСА


Отчеты вызываются выбором пункта «Отчеты» в справочнике, или щелчком по кнопке  на панели инструментов.

Таблица 4.2

<i>Отчеты ФСА</i>		
Отчет	Вызывается ответ	Описание
Отчет по результатам имитации	Имитации	Отчет содержит информацию о рассчитанных стоимостных и временных параметрах процессов имитации.
Отчет по временным ресурсам имитации	Имитации	Отчет содержит информацию о временных ресурсах, использованных в ходе имитации: времени их доступности и использования, стоимости их использования, загрузке и параметрах очереди. Для перегруженных ресурсов отображается информация о загрузке каждого экземпляра и указывается дополнительно необходимое количество экземпляров.

Отчет	Вызывается ответ	Описание
Отчет по материальным ресурсам имитации	Имитации	Отчет содержит информацию о материальных ресурсах, потраченных и произведенных в ходе имитации; процессах, где ресурсы использовались и производились; стоимости их использования и производства; а также об использованном и произведенном количестве ресурсов.
ФСА процесса	Статистика по процессу	Отчет содержит информацию о рассчитанных стоимостных и временных параметрах процесса и его подпроцессов. Отчет вызывается из окна статистики по процессу, которое открывается по гиперссылке <u>Детализация</u> на закладке «Имитации» в Параметрах ФСА процесса.

Лабораторная работа 5

Построение множественной линейной модели

Цель работы:

- Освоить методику множественной регрессии;
- Построить линейную модель связи между указанными факторами, осуществить точечный прогноз.

Основные положения

На любой экономический показатель чаще всего оказывает влияние не один, а несколько факторов. Например, спрос на некоторое благо определяется не только ценой данного блага, но и ценами на замещающие и дополняющие блага, доходом потребителей и многими другими факторами.

В этом случае вместо парной регрессии рассматривается множественная регрессия

$$\hat{y} = f(x_1, x_2, \dots, x_p) \quad (1)$$

Множественная регрессия широко используется в решении проблем спроса, доходности акций, при изучении функции издержек производства, в макроэкономических расчетах и в ряде других вопросов экономики. В настоящее время множественная регрессия – один из наиболее распространенных методов в эконометрике. Основной целью множественной регрессии является построение модели с большим числом факторов, а также определение влияния каждого фактора в отдельности и совокупного их воздействия на моделируемый показатель.

Множественный регрессионный анализ является развитием парного регрессионного анализа в случаях, когда зависимая переменная связана более чем с одной независимой переменной. Большая часть анализа является непосредственным расширением парной регрессионной модели, но здесь

также появляются и некоторые новые проблемы, из которых следует выделить две. Первая проблема касается исследования влияния конкретной независимой переменной на зависимую переменную, а также разграничения её воздействия и воздействий других независимых переменных. Второй важной проблемой является спецификация модели, которая состоит в том, что необходимо ответить на вопрос, какие факторы следует включить в регрессию (1), а какие – исключить из неё. В дальнейшем изложение общих вопросов множественного регрессионного анализа будем вести, разграничивая эти проблемы. Поэтому вначале будем полагать, что спецификация модели правильна.

Самой употребляемой и наиболее простой из моделей множественной регрессии является линейная модель множественной регрессии:

$$y = \alpha' + \beta_1' x_1 + \beta_2' x_2 + \dots + \beta_p' x_p + \varepsilon \quad (2)$$

По математическому смыслу коэффициенты β_j' в уравнении (2) равны частным производным результативного признака y по соответствующим факторам:

$$\beta_1' = \frac{\partial y}{\partial x_1}, \beta_2' = \frac{\partial y}{\partial x_2}, \dots, \beta_p' = \frac{\partial y}{\partial x_p}.$$

Параметр α называется свободным членом и определяет значение y в случае, когда все объясняющие переменные равны нулю. Однако, как и в случае парной регрессии, факторы по своему экономическому содержанию часто не могут принимать нулевых значений, и значение свободного члена не имеет экономического смысла. При этом, в отличие от парной регрессии, значение каждого регрессионного коэффициента β_j' равно среднему изменению y при увеличении x_j на одну единицу лишь при условии, что все остальные факторы остались неизменными. Величина ε представляет собой случайную ошибку регрессионной зависимости.

Попутно отметим, что наиболее просто можно определять оценки параметров β_j' , изменяя только один фактор x_j , оставляя при этом значения других факторов неизменными. Тогда задача оценки параметров сводилась бы к последовательности задач парного регрессионного анализа по каждому фактору. Однако такой подход, широко используемый в естественнонаучных исследованиях, (физических, химических, биологических), в экономике является неприемлемым. Экономист, в отличие от экспериментатора – естественника, лишен возможности регулировать отдельные факторы, поскольку не удаётся обеспечить равенство всех прочих условий для оценки влияния одного исследуемого фактора.

Получение оценок параметров $\alpha', \beta_1', \beta_2', \dots, \beta_p'$ уравнения регрессии (2) – одна из важнейших задач множественного регрессионного анализа.

Самым распространенным методом решения этой задачи является метод наименьших квадратов (МНК). Его суть состоит в минимизации суммы квадратов отклонений наблюдаемых значений зависимой переменной y от её значений \hat{y} , получаемых по уравнению регрессии. Поскольку параметры $\alpha', \beta_1', \beta_2', \dots, \beta_p'$ являются случайными величинами, определить их истинные значения по выборке невозможно. Поэтому вместо теоретического уравнения регрессии (2) оценивается так называемое **эмпирическое уравнение регрессии**, которое можно представить в виде:

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_px_p + e \quad (3)$$

Здесь a, b_1, b_2, \dots, b_p - оценки теоретических значений $\alpha', \beta_1', \beta_2', \dots, \beta_p'$, или эмпирические коэффициенты регрессии, e – оценка отклонения ε . Тогда расчетное выражение имеет вид:

$$\hat{y} = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_px_p \quad (4)$$

Пусть имеется n наблюдений объясняющих переменных и соответствующих им значений результативного признака:

$$(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip}, y_i), \quad i = \overline{1, n} \quad (5)$$

Для однозначного определения значений параметров уравнения (4) объем выборки n должен быть не меньше количества параметров, т.е. $n \geq p + 1$. В противном случае значения параметров не могут быть определены однозначно. Если $n = p + 1$, оценки параметров рассчитываются единственным образом без МНК простой подстановкой значений (5) в выражение (4). Получается система $(p+1)$ уравнений с таким же количеством неизвестных, которая решается любым способом, применяемым к системам линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Однако с точки зрения статистического подхода такое решение задачи является ненадежным, поскольку измеренные значения переменных (5) содержат различные виды погрешностей. Поэтому для получения надежных оценок параметров уравнения (4) объем выборки должен значительно превышать количество определяемых по нему параметров. Практически, как было сказано ранее, объем выборки должен превышать количество параметров при x_j в уравнении (4) в 6-7 раз.

Для проведения анализа в рамках линейной модели множественной регрессии необходимо выполнение ряда предпосылок МНК. В основном это те же предпосылки, что и для парной регрессии, однако здесь нужно добавить предположения, специфичные для множественной регрессии:

5⁰. Спецификация модели имеет вид (2).

6⁰. Отсутствие мультиколлинеарности: между объясняющими переменными отсутствует строгая линейная зависимость, что играет важную роль в отборе факторов при решении проблемы спецификации модели.

7⁰. Ошибки $\varepsilon_i, i = \overline{1, n}$ имеют нормальное распределение ($\varepsilon_i \sim N(0, \sigma)$).

Выполнимость этого условия нужна для проверки статистических гипотез и построения интервальных оценок.

При выполнении всех этих предпосылок имеет место многомерный аналог теоремы Гаусса – Маркова: оценки a, b_1, b_2, \dots, b_p , полученные по МНК, являются наиболее эффективными (в смысле наименьшей дисперсии) в классе линейных несмещенных оценок.

Задание: построить множественную линейную модель связи между указанными факторами, осуществить точечный прогноз.

Задача: Требуется построить статистическую зависимость стоимости квартиры от 3-х факторов в виде множественной регрессии. Оцените полученную модель с помощью коэффициента детерминации R^2 и с помощью t-критерия Стьюдента, оценивающего значимость коэффициента множественной регрессии.

№ изм.	Общая площадь квартиры, кв.м., X ₁	Жилая площадь квартиры, кв.м., X ₂	Расстояние до метро, м, X ₃	Стоимость квартиры, тыс. долл., Y
1	80	84	3	16
2	62	37	8	22
3	69,7	42	18	23
4	79	80,3	28	19,8
5	96,4	88	8	34
6	90	64	8	24,8
7	102	66	7	27,3
8	87	86,8	10,00	41
9	114,8	74	10	31
10	114,3	74,7	8	38,6
11	90	62	8	46
12	116	81	10	38
13	107	78,8	10	42,7
14	93	66	18	27
15	176	129	10	78
16	96	69,4	8	38
17	92	72,8	10	23,8
18	176	110	20	68
19	74	49	18	23
20	106	73,7	10	48,8
21	88	61,7	3	34
22	74,7	80,8	10	26,8
23	118	76	8	37
24	92	62	18	30
25	110	79,8	8	43

Методические указания к решению задачи:

1. Сначала расположите исходные данные по факторам X_1 , X_2 , X_3 и Y в столбцы.
2. Полагая, что связь между факторами может быть описана линейной функцией, запишите соответствующее уравнение этой зависимости. Используя процедуру метода наименьших квадратов (МНК), получите систему нормальных уравнений относительно коэффициентов линейного уравнения регрессии. С помощью вычисления обратной матрицы запишите ее.
3. Выполните точечный прогноз на прогнозное значение X_n переменных X_1 , X_2 , X_3 по полученной модели. Выберите прогнозную точку X_n в стороне от основного массива данных. Используя уравнение регрессии, выполните точечный прогноз величины Y в точке X_n .
4. Для полученной модели связи между факторами X_1 , X_2 , X_3 и Y найдите рассчитанные значения коэффициента детерминации R^2 и коэффициента Фишера F . Сделайте предварительное заключение о приемлемости полученной модели.

По данным таблицы выполните следующие шаги.

ШАГ 1. Вычислите коэффициенты множественной регрессии МНК используя функцию Сервис, Анализ данных, Регрессия.

ШАГ 2. Вычислите матрицу A и столбец d правых частей системы нормальных уравнений.

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n y_i = n \cdot a + b_1 \cdot \sum_{i=1}^n x_{1i} + b_2 \cdot \sum_{i=1}^n x_{2i} + b_3 \cdot \sum_{i=1}^n x_{3i} \\ \sum_{i=1}^n (y_i \cdot x_{1i}) = a \cdot \sum_{i=1}^n x_{1i} + b_1 \cdot \sum_{i=1}^n x_{1i}^2 + b_2 \cdot \sum_{i=1}^n x_{1i} \cdot x_{2i} + b_3 \cdot \sum_{i=1}^n x_{1i} \cdot x_{3i} \\ \sum_{i=1}^n (y_i \cdot x_{2i}) = a \cdot \sum_{i=1}^n x_{2i} + b_1 \cdot \sum_{i=1}^n x_{2i} \cdot x_{1i} + b_2 \cdot \sum_{i=1}^n x_{2i}^2 + b_3 \cdot \sum_{i=1}^n x_{2i} \cdot x_{3i} \\ \sum_{i=1}^n (y_i \cdot x_{3i}) = a \cdot \sum_{i=1}^n x_{3i} + b_1 \cdot \sum_{i=1}^n x_{3i} \cdot x_{1i} + b_2 \cdot \sum_{i=1}^n x_{3i} \cdot x_{2i} + b_3 \cdot \sum_{i=1}^n x_{3i}^2 \end{array} \right.$$

На основе составления на листе MS Excel массивов. Вначале дополните таблицу единицами и образуйте массив (матрицу плана).

$$X = \begin{pmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & x_{13} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & x_{23} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & x_{n3} \end{pmatrix}.$$

Пусть он расположен, например, в блоке F1:I4. Поставьте курсор на чистую ячейку и с помощью команд: fx, ссылки и массивы, ТРАНСП(F1:I4), транспонируйте массив X. Получим одно число (равное 1) в этой чистой ячейке. Поскольку матрица, транспонированная к матрице размерности 4x4, тоже будет иметь размерность 4x4, это число является тем числом, которое стоит в левом верхнем углу этой матрицы. Для того чтобы отобразить оставшиеся числа матрицы, нужно выделить левой кнопкой мыши оставшиеся 15 клеток, чтобы выделилась матрица 4x4, а затем нужно нажать на клавиши F2, CTRL+SHIFT+ENTER.

Теперь в Вашем распоряжении имеется матрица X и транспонированная к ней матрица X', расположенная например в блоке K1:N4. Ставим курсор на чистую ячейку, например K11.

$$A = X'X = \begin{pmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ x_{11} & x_{21} & \dots & x_{n1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{1p} & x_{2p} & \dots & x_{np} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1p} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{np} \end{pmatrix}.$$

Вычисляем матрицу с помощью команд A = X*X' с помощью команд fx, математические, МУМНОЖ(F1:I4, K1:N4).

Получим одно число. Поскольку если матрицу размерности 4x4 умножить на матрицу размерности 4x4, то и результате должна получиться матрица размерности 4x4, значит полученное число, является числом, которое стоит в левом верхнем углу этой матрицы. Для того, чтобы отобразить оставшиеся числа этой матрицы нужно выделить оставшиеся 15 клеток матрицы, затем нужно нажать на клавиши F2 и Ctrl+Shift+Enter.

ШАГ 3. Далее вычислим обратную матрицу к матрице A. Для этого ставим курсор в пустую клетку и выполняем операции fx, математические, МОБР (K11:N14). Получим одно число. Поскольку если матрицу размерности 4x4 умножить на матрицу размерности 4x4, то и результате должна получиться матрица размерности 4x4, значит полученное число, является числом, которое стоит в левом верхнем углу этой матрицы. Для того, чтобы отобразить оставшиеся числа этой матрицы нужно выделить оставшиеся 15 клеток матрицы, затем нужно нажать на клавиши F2 и Ctrl+Shift+Enter.

ШАГ 4. Вектор правых частей d вычислите, как произведение матриц с помощью команды МУМНОЖ().

$$d = X'Y = \begin{pmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ x_{11} & x_{21} & \dots & x_{n1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{1p} & x_{2p} & \dots & x_{np} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^n y_i \\ \sum_{i=1}^n (y_i \cdot x_{i1}) \\ \dots \\ \sum_{i=1}^n (y_i \cdot x_{ip}) \end{pmatrix}.$$

Для того, чтобы получить неизвестные коэффициенты регрессии необходимо умножить левую и правую части уравнения на обратную матрицу. Получим:

$$A^{-1}A \cdot \begin{pmatrix} a \\ b1 \\ b2 \\ b3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a \\ b1 \\ b2 \\ b3 \end{pmatrix} = A^{-1} \cdot d.$$

Как видно из последнего уравнения, осталось умножить обратную матрицу на столбец d . В MS EXCEL это вычисляется следующим образом: ставим опять курсор на чистую ячейку листа MS EXCEL и обращаемся к стандартной процедуре f_x , математические, МУМНОЖ(F21:I24; C11:I14).

Получим одно число в этой чистой ячейке. Поскольку если матрицу размерности 3x3 умножим на вектор, имеющий 3 координаты, получим тоже вектор, имеющий 3 координаты, то это число является тем числом, которое стоит в левом верхнем углу этого вектора. Для того, чтобы отобразить оставшиеся числа вектора, нужно выделить левой кнопкой мыши оставшиеся 2 клетки, чтобы выделился вектор размерности 3, а затем нужно нажать на клавиши F2, CTRL+SHIFT+ENTER.

Теперь мы имеем вектор, координатами являются коэффициенты уравнения множественной регрессии.

Теперь мы имеем вектор, координатами являются коэффициенты уравнения множественной регрессии.

Шаг 4. Сравните полученные значения коэффициентов с тем, что получены с помощью Сервис, Анализ данных, Регрессия. Вычислите сумму квадратов отклонений, объясненных регрессией $SS_{\text{регр.}}$ и остаточную сумму квадратов отклонений $SS_{\text{ост.}}$, а также дисперсию, объясненную регрессией $MS_{\text{регр.}} = SS_{\text{регр.}}/m$ и остаточную дисперсию $MS_{\text{ост.}} = SS_{\text{ост.}}/(n-m-1)$. Наконец, осталось вычислить выборочное (факторное) значение F-критерия $F_{\text{факт.}} = MS_{\text{регр.}}/MS_{\text{ост.}}$.

Чтобы проверить правильность полученных значений взгляните на лист MS Excel на ШАГ 1.

Контрольные вопросы

1. Какой контроль качества называется статистическим?
2. Дайте определение «выборки» данных.
3. Перечислите характеристики выборки.
4. Какие виды карт статистического контроля технологического процесса вам известны?

- По окончании работы выполняется отчет, который должен содержать:
 - задание и исходные данные;
 - формулы для расчета;
 - построение множественной модели;
 - выводы и ответы на контрольные вопросы.

Лабораторная работа 6 Дерево решений

Цель работы: Освоить методику графического изображения процесса для принятия решений.

Основные положения

Своевременная разработка и принятие правильного решения — главные задачи работы управленческого персонала любой организации. Непродуманное решение может дорого стоить компании. На практике результат одного решения заставляет нас принимать следующее решение и т. д. Когда нужно принять несколько решений в условиях неопределенности, когда каждое решение зависит от исхода предыдущего или исходов испытаний, то применяют схему, называемую деревом решений.

Дерево решений - это графическое изображение процесса принятия решений, в котором отражены альтернативные решения, альтернативные состояния среды, соответствующие вероятности и выигрыши для любых комбинаций альтернатив и состояний среды.

Рисуют деревья слева направо. Места, где принимаются решения, обозначают квадратами \square , места появления исходов — кругами \bigcirc возможные решения — пунктирными линиями - - - - -, возможные исходы — сплошными линиями ———.

Для каждой альтернативы необходимо просчитать *ожидаемую стоимостную оценку* (EMV) — максимальную из сумм оценок выигрышей, умноженных на вероятность реализации выигрышей, для всех возможных вариантов.

Задание. Главному инженеру компании надо решить, монтировать или нет новую производственную линию, использующую новейшую технологию. Если новая линия будет работать безотказно, компания получит прибыль 200 млн. рублей. Если же она откажет, компания может потерять 150 млн. рублей. По оценкам главного инженера, существует 60% шансов, что новая производственная линия откажет. Можно создать экспериментальную установку, а затем уже решать, монтировать или нет производственную линию. Эксперимент обойдется в 10 млн. рублей. Главный инженер считает, что существует 50% шансов, что экспериментальная установка будет работать. Если экспериментальная установка будет работать, то 90% шансов за то, что смонтированная производственная линия также будет работать. Если же экспериментальная установка не будет работать, то только 20% шансов за то, что производственная линия заработает. Следует ли строить экспериментальную установку? Следует ли монтировать производственную линию? Какова ожидаемая стоимостная оценка наилучшего решения?

