



**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Ивановская государственная сельскохозяйственная
академия имени Д.К. Беляева»**

ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра технического сервиса и механики

**А.М. Абалихин, А.М. Баусов, В.В. Рябинин, В.В. Терентьев,
А.А. Гвоздев**

Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине

**«Методика экспериментальных исследований технических
средств в АПК»**

Для подготовки обучающихся магистров очной и заочной форм
обучения по направлению 35.04.06 «Агроинженерия»

Иваново, 2018

УДК 631.3.004.67.19

Рецензенты:

заведующий кафедрой механики и инженерной графики ФГБОУ ВО ИГХТУ
д.т.н., профессор Колобов М.Ю.

Заместитель начальника цеха производства по подготовке производства 13
ОАО «ИМЗ» Автокран» Буров С.А.

А.М. Абалихин, А.М. Баусов, В.В. Рябинин, В.В. Терентьев, А.А.
Гвоздев

Методические указания к выполнению лабораторных работ по
дисциплине «Методика экспериментальных исследований технических
средств в АПК». Для подготовки обучающихся магистров очной и заочной
форм обучения по направлению подготовки 35.04.06 «Агроинженерия» /
А.М. Абалихин, А.М. Баусов, В.В. Рябинин, В.В. Терентьев, А.А. Гвоздев. –
Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА, 2018. – с.

Методические указания соответствуют требованиям ФГОС ВО по
направлению подготовки 35.04.06. «Агроинженерия»

Рассмотрено и одобрено методической комиссией инженерного
факультета (протокол № 4 от 29 сентября 2018 года)

© А.М. Абалихин, А.М. Баусов,
В.В. Рябинин, В.В. Терентьев,
А.А. Гвоздев 2018

© ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА, 2018

Содержание

с

Лабораторная работа №1	
Процесс моделирования. Выбор метода моделирования	10
Лабораторная работа №2	
Дифференциальный метод оценки качества продукции	29
Лабораторная работа №3	
Контрольные карты доли дефектных изделий	37
Лабораторная работа №4	
Построение множественной линейной модели	42
Лабораторная работа №5	
Дерево решений	42
Список литературы	58

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. Сравнить 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 $X_{1\bar{0}}, X_{2\bar{0}}, \dots, X_{p\bar{0}}$. Для сопоставления показателей дифференциальным методом вычисляют значения относительных показателей качества продукции (q_i) по формулам:

$$q_i = \frac{x_i}{x_{i\bar{0}}} \quad (\text{для позитивных показателей})$$

$$q_i = \frac{x_{i\bar{0}}}{x_i} \quad (\text{для негативных показателей})$$

где X_i – значение i -го показателя качества оцениваемой продукции;

$X_{i\bar{0}}$ – 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.

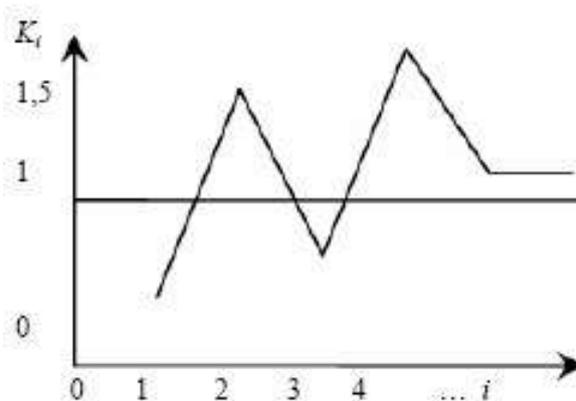


Рисунок 2.1 – Шкала отношений

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: ($X_{1\sigma}=1,2\%$; $X_{2\sigma}=9,8\%$; $X_{3\sigma}=70\%$).

Решение:

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

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

С учётом вышеуказанного относительные показатели отечественного кокса рассчитываются по формулам:

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

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

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

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_{i0} или X_{i0}/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 показатель и качества по шкалам отношений q_i
		Нового образца, X_i	Базового образца, X_{i0}	
1	2	3	4	5
Определить качество новой подкладочной ткани, сравнив ее с выпускаемой тканью «базовым образцом»	<i>Разрывная нагрузка</i> <i>полоски ткани 50*200мм:</i>			
	1. Основа, Н			
	2. Уток, Н			
	<i>Усадка после стирки:</i>	401,8	470,4	
	3. Основа, %	215,6	264,6	
	4. Уток, %	5	4,7	
	<i>Прочность к воздействию:</i>	2	1,5	
	5. Пены, балл			
	6. Мыла, балл	4	5	
	7. Воды, балл	4	5	
8. Сухого трения, балл	4	5		
9. Мокрого трения, балл	4	5		
10. Стойкос ть к истиранию на плоскости, цикл	400	600		

<p>Определить соответствие одной из марок углеродистой качественной стали требованиям стандарта «базового образца»</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Предел текучести, Н/мм² 2. Временное сопротивление, Н/мм² 3. Относительное удлинение, % 4. Относительное сужение, % 5. Ударная вязкость, Дж/м² 6. Содержание серы, % 7. Содержание фосфора, % 8. Допустимое отклонение содержания кремния, % 9. Допустимое отклонение содержания углерода, % 10. Допустимое отклонение содержания марганца, % 	<p>352,8</p> <p>597,8</p> <p>16</p> <p>40</p> <p>6</p> <p>0,04</p> <p>0,03</p> <p>0,02</p> <p>0,01</p> <p>0,03</p>	<p>323,4</p> <p>548,8</p> <p>16</p> <p>40</p> <p>5</p> <p>0,04</p> <p>0,04</p> <p>0,03</p> <p>0,01</p> <p>0,03</p>	
<p>Определить качество цифрового вольтметра</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Класс точности, Н/мм² 2. Быстродействие, м/с 3. Диапазон измерений, В 4. Чувствительность, мкВ 5. Входное сопротивление, Мом <i>Напряжение питания:</i> 6. Диапазон, В 7. Частотный диапазон, Гц 8. Температурный диапазон, °С 9. Время безотказной работы, ч 10. Масса, кг 	<p>М</p> <p>20</p> <p>0,3...1000</p> <p>10</p> <p>2000</p> <p>220±10%</p> <p>50±1,5%</p> <p>0...50</p> <p>320</p> <p>35</p>	<p>М</p> <p>20</p> <p>0,3...2000</p> <p>10</p> <p>2500</p> <p>220±6%</p> <p>50±1,5%</p> <p>0...50</p> <p>320</p> <p>23</p>	
<p>Дать сравнительную оценку качества новой модели холодильника по сравнению с базовым образцом</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Объем холодильной камеры, л 2. Объем морозильной камеры, л 3. Средний срок службы, лет 4. Стоимость холодильника, руб. 5. Годовые эксплуатационные затраты, руб. 	<p>100</p> <p>140</p> <p>20</p> <p>8 000</p> <p>250</p>	<p>100</p> <p>120</p> <p>15</p> <p>7 000</p> <p>250</p>	

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.

Лабораторная работа 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 .

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 .

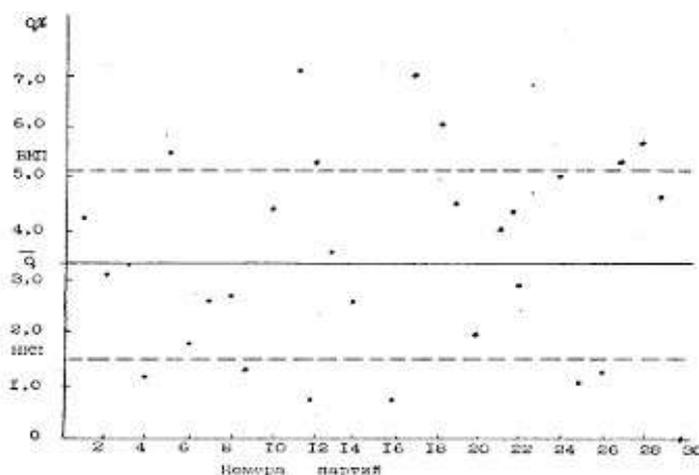


Рисунок 3.1 – Контрольная карта доли дефектных изделий

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	7,0	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	40
----	----	-----	----	----	-----	----	----	----

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):

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

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

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 (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.

Лабораторная работа 4

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 – естествоведа, 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 α' ,

$\beta_1', \beta_2', \dots, \beta_p'$ 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., X1	Жилая площадь квартиры, кв.м., X2	Расстояние до метро, м, X3	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 X₁, X₂, X₃ 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 X₁, X₂, X₃ 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 X₁, X₂, X₃ и Y найдите рассчитанные значения коэффициента детерминации R² 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 в 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 5

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.

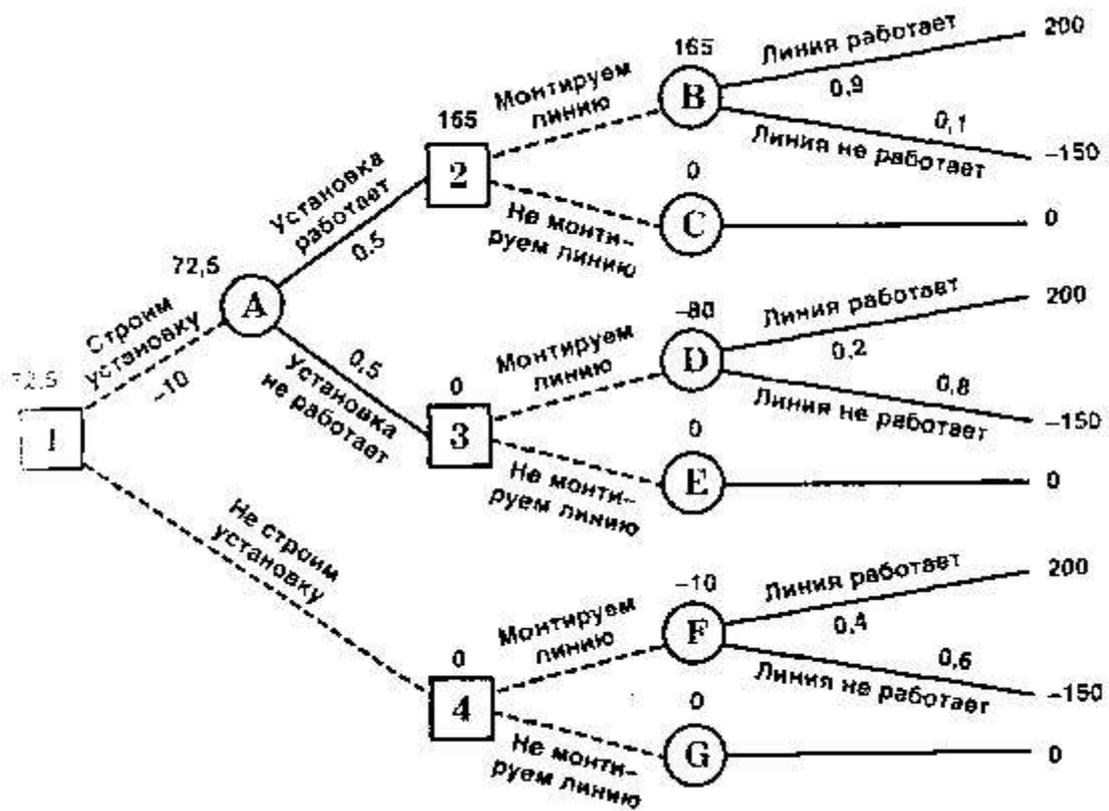
Дерево решений - это графическое изображение процесса принятия решений, в котором отражены альтернативные решения, альтернативные состояния среды, соответствующие вероятности и выигрыши для любых комбинаций альтернатив и состояний среды.

Рисуют деревья слева направо. Места, где принимаются решения, обозначают квадратами □, места появления исходов — кругами ○ 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?



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыжков, И.Б. Основы научных исследований и изобретательства [Электронный ресурс]: учебное пособие / И.Б. Рыжков. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2013. — 224 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/30202>. — Загл. с экрана.
2. Основы научных исследований: учеб. пособие для вузов по инженер. спец. / М. Ф. Трофимова, Заика П.М., Устюжанин А.П. – М.: Колос, 1993. – 239с.
3. Лисунов, Е.А. Практикум по надежности технических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие / Е.А. Лисунов. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 240 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/56607>. — Загл. с экрана.
4. Зубарев, Ю.М. Математические основы управления качеством и надежностью изделий [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.М. Зубарев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 176 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91887>. — Загл. с экрана.
5. Лачуга, Ю.Ф. Инновационное творчество-основа научно-технического прогресса: учеб. пособие для студ. высш. и ср. с-х учеб. заведений / Ю.Ф. Лачуга, В.А. Шаршунов. – М.: КолосС, 2011. – 455 с.