**Комплект оценочных материалов по дисциплине
 «Теория эксперимента в исследованиях систем»**

**Задания закрытого типа**

**Задания закрытого типа на выбор правильного ответа**

*Выберите один правильный ответ*

1. В задаче анализа временных рядов критерием отбора наилучшей формы тренда является:

А) Критерий Фишера

Б) Критерий Стьюдента

В) Значение скорректированного коэффициента детерминации R^2

Г) Критерий Уилкса

Правильный ответ: В

Компетенции (индикаторы): ПК-2

2. Коэффициент детерминации R^2 показывает:

А) долю вариации результативного признака под воздействием изучаемых факторов

Б) тесноту связи зависимой переменной Y с двумя включенными в модель объясняющими факторами

В) статистическую значимость коэффициентов уравнения множественной регрессии

Правильный ответ: А

Компетенции (индикаторы): ПК-2

*Выберите все правильные варианты ответы*

3. При нахождении аддитивной модели процесса построение функции автокорреляции суммы периодической и случайной составляющих, позволяет определить начальные приближения следующих параметров модели:

А) Дисперсию случайной составляющей

Б) Амплитуду периодической составляющей

В) Вид функции тренда

Г) Параметры функции тренда

Д) Фазу периодической составляющей

Правильные ответы: Б, Д

Компетенции (индикаторы): ПК-2

4. Компонентный анализ позволяет:

А) Выявить закономерности, которые непосредственно не наблюдаются

Б) Классифицировать объекты

В) Описать поверхность отклика в окрестностях точки оптимума

Г) Проверить соответствие данных многомерному нормальному распределению

Правильные ответы: А, Б, Г

Компетенции (индикаторы): ПК-2

**Задания закрытого типа на установление соответствия**

*Установите правильное соответствие.*

*Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.*

1. Сопоставьте между собой практически ценные свойства оценки неизвестных параметров поверхности отклика и их определениями:

|  |  |
| --- | --- |
| 1) Несмещенность | А) Оценки  $\tilde{B}\_{n}$ сходятся по вероятности к истинным значениям параметров:$\lim\_{n\to \infty }P[(\tilde{B}\_{п}-\tilde{B}\_{ист})^{T}(\tilde{B}\_{п}-\tilde{B}\_{ист})\geq ξ]=0$где N – число измерений, $ξ$ – любое наперед заданное положительное число. |
| 2) Состоятельность | Б) Математические ожидания оценок равны истинным значениям параметров E$(\tilde{B})=B\_{ист}$. |
| 3) Эффективность | В) Имеет место неравенство: $D(\tilde{B})\leq D(\tilde{\tilde{B}})$ , где D – дисперсионная матрица оценок $\tilde{B}$, любых других несмещенных оценок $\tilde{\tilde{B}}$. |

Правильный ответ: 1-Б, 2-А, 3-В

Компетенции (индикаторы): ОПК-13

2. Установите соответствия между свойствами матрицы планирования эксперимента (с двухуровневыми факторами) и их математическими выражениями (j – номер фактора, N – число опытов):

|  |  |
| --- | --- |
| 1) Симметричность относительно центра эксперимента | А)$\sum\_{i=1}^{N}x\_{ij}^{2}=N$  |
| 2) Условие нормировки | Б) $\sum\_{i=1}^{N}x\_{ji}x\_{ui}; j\ne u; j,u=\overbar{1,k}$ |
| 3) Ортогональность | В) $\sum\_{i=1}^{N}x\_{ji}=0$  |

Правильный ответ: 1-В, 2-А, 3-Б

Компетенции (индикаторы): ОПК-13

3. Установите соотношения между понятиями теории эксперимента и их смыслом:

|  |  |
| --- | --- |
| 1) Полный факторный эксперимент | А) Градиентный метод поиска области оптимального протекания процесса, где могут эффективно применяться методы планирования эксперимента. |
| 2) Дробный факторный эксперимент | Б) Эксперимент, в котором реализуются все возможные сочетания уровней факторов. |
| 3) Движение по градиенту | В) Применение линейного планирования с целью скорейшего достижения области оптимума с дальнейшим применением методов нелинейного планирования. |
| 4) Крутое восхождение по поверхности отклика | Г) Использование дробных реплик, заданных генерирующими соотношениями, от полного факторного эксперимента с целью уменьшить число опытов. |

Правильный ответ: 1-Б, 2-Г, 3-А, 4-В

Компетенции (индикаторы): ОПК-13

4. Установите соответствия между статистическими критериями и задачами планирования и анализа эксперимента, в которых они применяются:

|  |  |
| --- | --- |
| 1) Критерий Кохрена | А) Проверка адекватности уравнения регрессии |
| 2) t-критерий Стьюдента | Б) Проверка независимости значений уровней случайной компоненты в задаче анализа временных рядов |
| 3) Критерий Фишера | В) Проверка однородности дисперсий воспроизводимости в опытах ПФЭ |
| 4) Критерия Уилкса | Г) Проверка значимости рассчитанных коэффициентов регрессии |
| 5) d-критерий Дарбина–Уотсона | Д) Проверка значимости матрицы парных корреляций в задаче компонентного анализа |

Правильный ответ: 1-В, 2-Г, 3-А, 4-Д, 5-Б

Компетенции (индикаторы): ОПК-13

**Задания закрытого типа на установление правильной последовательности**

*Установите правильную последовательность. Запишите правильную последовательность букв слева направо.*

1. Укажите правильную последовательность действий при построении и оценке адекватности модели при проведении полного факторного эксперимента.

А) Оценить значимость расчетных коэффициентов регрессии с помощью t-критерия Стьюдента.

Б) Рассчитать параметры регрессионного уравнения.

В) Проверить адекватность уравнения регрессии по F - критерию Фишера.

Г) Отбросить незначимые коэффициенты из структуры модели.

Д) Определить дисперсию погрешности вычисления коэффициентов регрессии.

Е) Рассчитать остаточную дисперсию погрешности модели.

Правильный ответ: Б, Д, А, Г, Е, В

Компетенции (индикаторы): ОПК-13, ПК-2

2. Расположите в правильном порядке шаги алгоритма Бокса-Уилсона поиска оптимальных условий протекания процесса:

А) Нахождение частных производных.

Б) Описание почти стационарной области.

В) Нахождение оптимальных значений факторов.

Г) Движение в направлении крутого восхождения.

Д) Если не попали в почти стационарную область вернуться к описанию поверхности отклика.

Е) Описание небольших участков поверхности отклика линейным уравнением.

Правильный ответ: Е, А, Г, Д, Б, В

Компетенции (индикаторы): ОПК-13, ПК-2

3. Укажите правильную последовательность действий при решении задачи исследования почти стационарной области:

А) Решить задачу поиска оптимальных условий протекания процесса методом нелинейного программирования.

Б) Записать полученное уравнение регрессии, описывающее почти стационарную область, в физических значениях переменных.

В) Провести анализ результатов решения оптимизационной задачи.

Г) Сформулируем задачу условной оптимизации в физических значениях переменных, область поиска ограничить величиной «звездного» плеча .

Правильный ответ: Б, Г, А, В

Компетенции (индикаторы): ОПК-13, ПК-2

4. Укажите правильную последовательность действий при решении задачи множественного регрессионного анализа

А) Осуществить оценку значимости уравнения регрессии.

Б) Оценить влияние факторов на зависимую переменную по модели.

В) Оценить с помощью t-критерия Стьюдента статистическую значимость коэффициентов уравнения множественной регрессии.

Г) Выбрать факторные признаки.

Д) Отбросить незначимые переменные и пересчитать коэффициенты регрессии.

Е) Рассчитать параметры модели.

Правильный ответ: Г, Е, А, В, Д, Б

Компетенции (индикаторы): ОПК-13, ПК-2

**Задания открытого типа**

**Задания открытого типа на дополнение**

*Напишите пропущенное слово (словосочетание).*

1. Метод исследования, состоящий в целенаправленном воздействии на объект в заданных контролируемых условиях, позволяющих точно зафиксировать заранее намеченные параметры, и которые можно воссоздать, называется \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_.

Правильный ответ: эксперимент

Компетенции (индикаторы): ПК-2

2. Идея \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ факторного эксперимента заключается в том, чтобы сократить число опытов ПФЭ и чтобы матрица планирования сохранила свойство ортогональности.

Правильный ответ: дробного

Компетенции (индикаторы): ПК-2

3. Эксперименты, целью которых является поиск оценок неизвестных параметров $\tilde{B}$ или неизвестной поверхности отклика $η(x,B)$ , описывающей среднее значение $E(^{y}/\_{x})$ исследуемой величины «у» при значениях контролируемых переменных, определяемых компонентами вектора Х, называются \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_.

Правильный ответ: регрессионными

Компетенции (индикаторы): ПК-2

4. Процедура выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для получения математической модели процесса, позволяющая варьировать ряд факторов и получать одновременно количественные оценки всех проявляющихся эффектов, и, в отличие от классического регрессионного анализа, избежать корреляции между коэффициентами уравнения регрессии, называется \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_.

Правильный ответ: планирование эксперимента

Компетенции (индикаторы): ПК-2

**Задания открытого типа с кратким свободным ответом**

*Напишите результат вычислений.*

1. Какое число опытов потребуется в случае полного факторного эксперимента, реализующего все возможные сочетания уровней факторов, если имеется три фактора и число уровней каждого фактора равно двум.

Правильный ответ: N = 2^3 = 8

Компетенции (индикаторы): ОПК-13, ПК-2

2. Максимальное zi max и минимальное zi min значения *i*-й факторной переменной имеют значения 50 и 10. Определить шаг варьирования Δzi по этому фактору.

Правильный ответ:

dZi = (50 – 10)/2 = 20;

Компетенции (индикаторы): ОПК-13, ПК-2

3. Максимальное zi max и минимальное zi min значения *i*-й факторной переменной имеют значения 50 и 10. Определить координаты центра плана (основной уровень) zi 0.

Правильный ответ:

Zi0 = (50 + 10)/2 = 30;

Компетенции (индикаторы): ОПК-13, ПК-2

4. Как записывается четвертьреплика факторного эксперимента при наличии пяти двухуровневых факторов, два из которых приравняли парному взаимодействию? Сколько опытов (строк в матрице эксперимента) нужно будет провести?

Правильный ответ: 2^(5-2) = 8

Компетенции (индикаторы): ОПК-13, ПК-2

**Задания открытого типа с развернутым ответом**

1. Перед вами стоит задача провести исследование объекта управления с использованием полного факторного эксперимента. Вы задались структурой модели $y=b\_{0}+b\_{1}x\_{1}+b\_{2}x\_{2}$, и провели полный факторный эксперимент. Матрица плана содержит по три параллельных опыта (m=3) в каждой строке. Всего проведено 4 группы опытов. Опишите, как вы будете строить модель, и проверять ее адекватность.

Время выполнения – 70 мин.

Ожидаемый результат:

а) В каждом опыте (строка плана) найдем среднеарифметическое значение y\_ср = (y1 + y2 + y3)/3 зависимой переменной и дисперсии погрешностей S1..4 = ((y1 - y\_ср)^2+ (y2 - y\_ср)^2+ (y3 - y\_ср)^2)/3.

б) Определим однородность дисперсий воспроизводимости в опытах ПФЭ по критерию Кохрена: G\_max = max(S1, S2, S3, S4)/(S1^2 + S2^2 +S3^2 + S4^2).

в) Находим критическое значение при заданном критерии значимости и количестве степеней свободы

г) Если оценка меньше критического значения находим дисперсию воспроизводимости Sвосп как среднее дисперсий S1..S4.

д) Рассчитываем коэффициенты модели b0 как среднеарифметическое (x0\*y\_cp) по всем опытам, аналогично b1, b2.

е) Определяем дисперсию погрешности коэффициентов регрессии разделив дисперсию воспроизводимости на количество опытов 4 и на количество параллельных опытов 3.

ж) Оцениваем значимость коэффициентов регрессии по критерию Стьюдента, поделив модули коэффициентов модели на корень из дисперсии погрешности, должны быть больше критических.

з) Рассчитываем значение зависимой переменной y по регрессионной модели

и) Рассчитываем остаточную дисперсию как среднеквадратическое отклонение результатов модели от средних значений в 4-х опытах

к) Если отношение остаточной дисперсии к дисперсии воспроизводимости меньше критического значения по Фишеру – модель считается адекватной.

Критерии оценивания:

В ответе обязательно должны присутствовать пункты (а), (г) – дисперсия воспроизводимости, (д), (е) (з), (и) и (к).

Компетенции (индикаторы): ОПК-13, ПК-2

2. Даны табличные данные, описывающие развитие во времени некоторого процесса. Опишите, как используя прикладной пакет Excel или его аналог построить аддитивную модель указанного процесса.

Время выполнения – 45мин.

Ожидаемый результат:

а) Аддитивная модель процесса будет состоять из трех компонентов, условно называемых трендовая, сезонная и случайная составляющая.

б) Вводим данные в таблицу Excel и строим по ним график.

в) На график добавляем несколько линий тренда, например – линейный, параболический и экспоненциальный, указывая необходимость отобразить уравнение регрессии и коэффициент детерминации R^2.

г) Выбираем наиболее подходящий тренд, принимая во внимание коэффициент детерминации.

д) Вычитая значения, рассчитываемые по формуле тренда из исходных данных, получаем новый набор данных, описывающий сумму периодической и случайной составляющих.

е) Строим график полученного центрированного временного ряда.

ж) Задаемся лагом и с помощью встроенной функции КОРРЕЛ рассчитываем функцию автокорреляции временного ряда.

з) Строим график функции автокорреляции, и визуально определяем основной период и временной сдвиг сезонной компоненты.

и) Амплитуду сезонной компоненты приближенно получаем как корень из дисперсии, рассчитываемой встроенной функцией ДИСП.

к) Строим график сезонной компоненты и добавляем его на график «Сезонная+случайная», визуально проверяя правильность расчета.

л) Вычитаем из центрированного ряда рассчитанные значения периодической компоненты и получаем выборку случайно компоненты.

м) Рассчитываем параметры случайной компоненты, такие как математическое ожидание (функция СРЗНАЧ) и дисперсию.

Критерии оценивания: ответ должен включать не менее пяти пунктов, перечисленных в ожидаемом результате.

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ОПК-4

3. Регрессионное уравнение в кодированных значениях факторных переменных имеет вид:

$$y=25-5x\_{1}+8x\_{2}+6x\_{1}x\_{2}$$

Перепишите уравнение регрессии в физических значениях факторных переменных, если:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Фактор | *z*1 | *z*2 |
| Нулевой уровень | 80 | 1,0 |
| Интервал варьирования | 20 | 0,5 |

Приведите ход преобразования.

Время выполнения – 35мин.

Ожидаемый результат:

 x1 = (z1 – 80)/20 = 0.05\*z1 – 4

 x2 = (z2 – 1)/0.5 = 2\*z2 – 2

 x1 \* x2 = (0.05\*z1 – 4)( 2\*z2– 2) = 0.1\*z1\*z2 – 0.1\*z1 – 8\*z2 + 8

 y = 25 – 5(0.05\*z1 – 4) + 8(2\*z2 – 2) + 6(0.1\*z1\*z2 – 0.1\*z1 – 8\*z2 + 8)

 y = 25 – 0.25\*z1 + 20 + 16\*z2 – 16 + 0.6\*z1\*z2 – 0.6\*z1 – 48\*z2 + 48

 y = 77 – 0.85\*z1 – 32\*z2 + 0.6\*z1\*z2

Критерии оценивания:

 - студент знает, что такое нулевой уровень, интервал варьирования, и как связаны безразмерные координаты, принятые в теории планировании эксперимента с физическими значениями исследуемых факторов;

 - корректно выполнено преобразование физических переменных в кодированные значения;

- корректно выполнена постановка в уравнение регрессии.

Компетенции (индикаторы): ОПК-4, ОПК-2

4. Планирование 23-1 представлено генерирующим соотношением x3=x1x2. Какой вид будет иметь уравнение регрессии? Оценками каких истинных параметров поверхности B (используйте в ответе заглавную B вместо символа бета) будут коэффициенты регрессионного уравнения b?

Время выполнения – 30мин.

Ожидаемый результат:

а) оценочное уравнение регрессии по дробному факторному плану y=b0 + b1x1 + b2x3 + b3x3

б) умножаем на x3 генерирующее отношение, x3\*x3 = x1x2x3, получаем определяющий контраст 1=x1x2x3

в) для всех столбцов находим, какой эффект связан с данным путем умножением контраста на факторную переменную, получаем

 x1 = x2x3

 x2 = x1x3

 x3 = x1x2

г) отсюда делаем вывод о том, оценками чего являются рассчитанные коэффициенты регрессионного уравнения:

 b1 -> B1 + B2B3

 b2 -> B2 + B1B3

 b3 -> B3 + B1B2

Критерии оценивания:

 - записано уравнение регрессии согласно плана эксперимента

 - по генерирующему соотношению получен определяющий контраст

 - получена зависимость между факторными переменными

 - правильно установлена связь между оценками и истинными параметрами

Компетенции (индикаторы): ОПК-13

5. Перед вами стоит задача исследовать систему, зависящую от 7 факторов. Опишите ваши действия, если решено использовать крутое восхождение по поверхности отклика, а из математического обеспечения для планирования и обработки результатов эксперимента доступны электронные таблицы Excel или аналог.

Время выполнения – 60 мин.

Ожидаемый результат:

а) задать, например - в столбцах, именования исследуемых факторов, и ввести максимальные и минимальные значения по каждому из факторов;

б) рассчитать основной уровень и интервал варьирования по каждому из факторов;

г) задать кодирующие обозначения факторов x1…x7;

в) свести задачу к дробному факторному эксперименту, перейдя, например, к реплике 2^(7-4) и задаться генерирующими отношениями для 4-х старших факторов;

г) построить матрицу планирования эксперимента, с учетом генерирующих отношений и, добавив в нее фиктивную переменную x0 для расчета коэффициента b0 уравнения регрессии;

д) провести эксперименты согласно плану и записать значение зависимой переменной по каждой строке плана;

е) рассчитать коэффициенты уравнения регрессии, при этом скалярное умножение можно выполнять через встроенную функцию СУММПРОИЗВ();

ж) рассматривая коэффициенты регрессии как значения частных производных получить вектор градиента, помножив коэффициенты регрессии на вычисленные ранее интервалы варьирования;

з) взяв центр плана (основной уровень) за начальную точку и прибавив к ней полученные величины шага по каждому фактору, найти первую точку проведения математического эксперимента;

и) рассчитать по регрессионному уравнению ожидаемый выход системы, подставляя значения физических величин;

к) повторно прибавляя к текущей токе вектор градиента, сделать несколько шагов, контролируя улучшение ожидаемого параметра;

л) выбрать следующую точку и провести физический эксперимент, сравнив выход реальной системы с ожидаемым по результатам математического эксперимента;

м) повторить несколько раз математическое движение и контроль по физическому эксперименту, до получения значимого улучшения выхода системы.

Критерии оценивания: ответ должен включать не менее пяти пунктов, перечисленных в ожидаемом результате.

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ОПК-4, ПК-2