**Лабораторная работа №1 на тему «Линейное программирование»**

**Пример решения 1.1.**

**Постановка задачи:** Фирме требуется уголь с содержанием фосфора не более 0,03% и с долей зольных примесей не более 3,25%. Три сорта угля А, В, С доступны по следующим ценам (за 1 т.):

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Сорт угля | Содержание примеси фосфора, % | Содержание примеси золы, % | Цена, дол. |
| А В С | 0,06  0,04  0,02 | 2,0  4,0  3,0 | 30  30  45 |

Как их смешивать, чтобы получить минимальную цену и удовлетворить ограничениям на содержание примесей?

**Решение задачи линейного программирования методом симплекс-таблиц Данцига.**

Привожу задачу к канонической форме. Для этого в левые части ограничений ввожу дополнительные переменные Эти переменные выбираю так, чтобы они обращали неравенства в равенства:

(1)

Целевая функция:

. (2)

Физически означают остатки ресурсов, использованных в производстве.

Записываю систему (1) в векторном виде:

(3)

Векторы являются линейно независимыми единичными векторами двухмерного пространства и образуют базис этого пространства. Поэтому в разложении (3) за базисные переменные выбираю переменные . Небазисными переменными являются .

Разложение (3) позволяет найти первое базисное допустимое решение. Для этого свободные переменные приравниваю нулю. В результате получаю разложение:

*,* которому соответствует первоначальный опорный план:

Для проверки плана на оптимальность построю первую симплекс-таблицу.

Ввожу в рассмотрение вектор коэффициентов целевой функции при базисных переменных: .

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | 30,00 | 30,00 | 45,00 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| 0,00 |  | 0,06 | 0,04 | 0,02 | 0,03 | 1,50 |
| 0,00 |  | 2,00 | 4,00 | 3,00 | 3,25 | 1,08 min |
|  |  | -30,00 | -30,00 | -45,00 | 0,00 |  |

Для оптимальности опорного решения в задаче на максимум требуется выполнение не отрицательности всех относительных оценок . Так как оценки

строке отрицательны, то это свидетельствует о возможности улучшения полученного решения.

Наибольшая по модулю отрицательная оценка . В базис будет включена соответственная ей небазисная переменная . Составляю отношения свободных членов к положительным элементам разрешающего столбца. Данные отношения приведены справа от таблицы.

Наименьшему частному min = (1.5, 1.08) = 1.08 соответствует строка с переменной . Эта переменная исключается из базиса. Разрешающим элементом является число 3.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | 30,00 | 30,00 | 0,00 |  |
|  |  |  |  |  |  |
| 0,00 |  | 0,05 | 0,01 | -0,01 | 0,01 |
| 45,00 |  | 0,67 | 1,33 | 0,33 | 1,08 |
|  |  | 0,00 | 30,00 | 15,00 | 48,75 |

В последней таблице строка не содержит отрицательных оценок, что свидетельствует об оптимальности полученного решения.

Базисное решение, которое дает эта таблица:

**Вывод:** Чтобы получить минимальную цену = 48.75 дол. и удовлетворить ограничениям на содержание примесей надо использовать 1.08 т сорта С, 0 т сорта А и 0 т сорта В.

**Поиск решения:**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поисковые значения | | |  | Ограничения | |
| Имя | Нач. знач. | | Имя | Формула | Величина |
| x1 | 0,178571 |  | 1 | 0,03 | 0,03 |
| x2 | 0 |  | 2 | 3,25 | 3,25 |
| x3 | 0,964286 |  | 04=х1 | 0,178571 | 0 |
|  |  |  | 05=х2 | 0 | 0 |
|  |  |  | 06=х3 | 0,964286 | 0 |
|  |  |  |  |  |  |
| **Целевая функция (критерий оптимизации)** | | | | |  |
| Имя | Формула |  |  |  |  |
| F | 48,75 |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  | A | B | C |  |
|  | Фосфор | 0,06 | 0,04 | 0,02 | 0,03 |
|  | Примеси | 2 | 4 | 3 | 3,25 |
|  | Цена | 30 | 30 | 45 |  |

**Пример решения 1.2.**

**Постановка задачи.**

Цех выпускает три вида деталей, которые изготовляются на трех станках. На рисунке показана технологическая схема изготовления детали каждого вида с указанием времени обработки на станках.

2 мин.

4 мин.

Деталь 2

1 мин.

2 мин.

Деталь 3

1 мин.

1 мин.

Деталь 1

3 мин.

Станок 1

Станок 3

Станок 2

Суточный ресурс рабочего времени станков 1, 2 и 3 составляет соответственно 890, 920 и 840 мин. Стоимость одной детали вида 1, 2 и 3 равна соответственно 3, 1 и 2 руб.

Требуется составить суточный план производства с целью максимизации стоимости выпущенной продукции.

**Решение задачи линейного программирования методом симплекс-таблиц Данцига.**

Привожу задачу к канонической форме. Для этого в левые части ограничений ввожу дополнительные переменные Эти переменные выбираю так, чтобы они обращали неравенства в равенства:

Целевая функция:

. (2)

Физически означают остатки ресурсов, использованных в производстве.

а) Построение начальной симплекс-таблицы.

Записываю систему (1) в векторном виде:

(3)

Векторы являются линейно независимыми единичными векторами двухмерного пространства и образуют базис этого пространства. Поэтому в разложении (3) за базисные переменные выбираю переменные . Небазисными переменными являются .

Разложение (3) позволяет найти первое базисное допустимое решение. Для этого свободные переменные приравниваю нулю. В результате получаю разложение:

*,* которому соответствует первоначальный опорный план:

Для проверки плана на оптимальность построю первую симплекс-таблицу.

Ввожу в рассмотрение вектор коэффициентов целевой функции при базисных переменных: .

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | 3,00 | 1,00 | 2,00 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| 0,00 |  | 1,00 | 2,00 | 1,00 | 890,00 | 890,00 |
| 0,00 |  | 3,00 | 0,00 | 2,00 | 920,00 | 306,67 min |
| 0,00 |  | 1,00 | 4,00 | 0,00 | 840,00 | 840,00 |
|  |  | -3,00 | -1,00 | -2,00 | 0,00 |  |
|  |  | d1 | d2 | d3 | Q |  |

Для оптимальности опорного решения в задаче на максимум требуется выполнение не отрицательности всех относительных оценок . Так как оценки

строке отрицательны, то это свидетельствует о возможности улучшения полученного решения.

б) Улучшение полученного решения.

Наибольшая по модулю отрицательная оценка . В базис будет включена соответственная ей небазисная переменная . Составляю отношения свободных членов к положительным элементам разрешающего столбца. Данные отношения приведены справа от таблицы.

Наименьшему частному min = (890, 306.67, 840) = 306.67 соответствует строка с переменной . Эта переменная исключается из базиса. Разрешающим элементом является число 3.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | 0,00 | 1,00 | 2,00 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| 0,00 |  | -0,33 | 2,00 | 0,33 | 583,33 | 291,67 |
| 3,00 |  | 0,33 | 0,00 | 0,67 | 306,67 |  |
| 0,00 |  | -0,33 | 4,00 | -0,67 | 533,33 | 133,33 min |
|  |  | 1,00 | -1,00 | 0,00 | 920,00 |  |
|  |  | d1 | d2 | d3 | Q |  |

Базисное решение, которое дает эта таблица:

Принимая последнюю таблицу за исходную, повторяю описанный выше процесс и строю новую симплекс-таблицу:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | 0,00 | 0,00 | 3,00 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| 0,00 |  | -0,50 | -0,50 | -1,00 | 10,00 |
| 2,00 |  | 0,50 | 0,00 | 1,50 | 460,00 |
| 1,00 |  | 0,00 | 0,25 | 0,25 | 210,00 |
|  |  | 1,00 | 0,25 | 0,25 | 1130,00 |
|  |  | d1 | d2 | d3 | Q |

В последней таблице строка не содержит отрицательных оценок, что свидетельствует об оптимальности полученного решения.

Базисное решение, которое дает эта таблица:

**Вывод:** Предприятие должно выпускать 210 деталей вида 2, 460 деталей вида 3 и 0 деталей вида 1 за одни сутки.

Максимальная прибыль при этом равна 1130 руб.

Ресурсы рабочего времени станка 2( и станка 3 ( будут использованы полностью. Ресурс рабочего времени станка 1 остается в количестве:

**Решение поставленной задачи с помощью надстройки MS Excel – Поиск решения.**

**Результаты решения:**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Microsoft Excel 11.0 Отчет по результатам** | | | |  |  |  |
| **Рабочий лист: [Lab\_1..xls]Лист1** | | | |  |  |  |
| **Отчет создан: 18.09.2009 22:50:57** | | | |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| Целевая ячейка (Максимум) | | |  |  |  |  |
|  | **Ячейка** | **Имя** | **Исходное значение** | **Результат** |  |  |
|  | $B$22 | F=3\*x1+1\*x2+2\*x3 | 0 | 500 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| Изменяемые ячейки | | |  |  |  |  |
|  | **Ячейка** | **Имя** | **Исходное значение** | **Результат** |  |  |
|  | $B$5 | x1 Нач.знач. | 0 | 0 |  |  |
|  | $B$6 | x2 Нач.знач. | 0 | 210 |  |  |
|  | $B$7 | x3 Нач.знач. | 0 | 460 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| Ограничения | | |  |  |  |  |
|  | **Ячейка** | **Имя** | **Значение** | **Формула** | **Статус** | **Разница** |
|  | $D$7 | 03 Формула | 840 | $D$7<=$E$7 | связанное | 0 |
|  | $D$6 | 02 Формула | 920 | $D$6<=$E$6 | связанное | 0 |
|  | $D$5 | 01 Формула | 880 | $D$5<=$E$5 | не связан. | 10 |
|  | $D$8 | 04 Формула | 0 | $D$8<=$E$8 | связанное | 0 |
|  | $D$9 | 05 Формула | 210 | $D$9>=$E$9 | не связан. | 210 |
|  | $D$10 | 06 Формула | 4660 | $D$10>=$E$10 | не связан. | 460 |

**Лабораторная работа №2 на тему «Решение транспортных задач»**

**Пример решения 2.1.**

**Постановка задачи:** Исходные данные транспортной задачи приведены схематически: внутри прямоугольника заданы удельные транспортные затраты на перевозку единицы груза, слева указаны мощности поставщиков, а сверху мощности потребителей. Сформулировать экономико-математическую модель транспортной задачи, найти оптимальный план закрепления поставщиков за потребителями.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 40 | 30 | 30 | 50 |
| 60  70  20 | 2  3  2 | 3  4  5 | 5  9  2 | 1  4  5 |

# Обозначим общее количество имеющегося в наличие груза:

# a = 60 + 70 + 20 = 150

Потребности в грузе:

# b = 40 + 30 + 30 +50 = 150

Так как a=b имеем закрытую модель или модель удовлетворяющую условию баланса. В этой модели суммарный объем груза у поставщиков равен суммарному спросу потребителей.

Общее число базисных клеток равно: m+n-1=6.

# 

# **Найдём опорный план перевозок транспортной задачи методом минимальной стоимости**.

В этом методе построение исходного решения начинают с клетки с наименьшей величиной стоимости. Из оставшейся таблицы снова выбирают наименьшую стоимость, и процесс распределения запасов продолжается, пока все запасы не будут распределены.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Пункты | В | В | В | В | Запасы |
| А | 2  10 | 3 | 5 | 1  50 | 60 |
| А | 3  30 | 4  30 | 9  10 | 4 | 70 |
| А | 2 | 5 | 2  20 | 5 | 20 |
| Потребности | 40 | 30 | 30 | 50 | 150 |

Общая стоимость перевозок: 

**Исследование базисного решения на оптимальность.**

Вычислим потенциалы. Исходя из базисных переменных. Для их

нахождения используем условие: 

 

  



Полагая, например,  найдём:

      

**Для каждой свободной клетки вычислим относительные оценки:**













|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
| Пункты | В | В | В | В | Запасы |
|  | А | - 2  10 | 3 | + 5    λ | 1  50 | 60 |
|  | А | + 3  30 | 4  30 | - 9  10 | 4 | 70 |
|  | А | 2 | 5 | 2  20 | 5 | 20 |
| Потребности | 40 | 30 | 30 | 50 | 150 |

Минимальной разностью является  для клетки (1;3). Для определения количества груза подлежащего распределению, построим замкнутый цикл (указан пунктиром в табл.).

Найдём значение λ=min(10,10)=10, равное наименьшему из чисел, стоящих в отрицательных вершинах цикла. Далее двигаясь по означенному

циклу, вычитаем из объемов перевозок, расположенных в клетках, которые обозначены знаком «-», и прибавляем к объемам перевозок, находящихся в клетках, отмеченных знаком «+». Элементы таблицы не входящие в цикл, остаются без изменений.

Получим новую таблицу:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
| Пункты | В | В | В | В | Запасы |
|  | А | 2  0 | 3 | 5    10 | 1  50 | 60 |
|  | А | 3  40 | 4  30 | 9 | 4 | 70 |
|  | А | 2 | 5 | 2  20 | 5 | 20 |
| Потребности | 40 | 30 | 30 | 50 | 150 |

Стоимость перевозок по этому плану: 

Вычислим потенциалы.

 

 



Полагая, например,  найдём:

      

**Для каждой свободной клетки вычислим относительные оценки:**













Так как для всех свободных клеток таблицы неравенство  выполняется, то полученное решение

    



будет оптимальным. При таком плане перевозок затраты будут наименьшими и составят .

**Решение с помощью надстройки над решением:**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Целевая ячейка (Минимум) | | |  |  |  |  |
|  | **Ячейка** | **Имя** | **Исходное значение** | **Результат** |  |  |
|  | $N$8 | Коэфф в ЦФ ЦФ | 460 | 460 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| Изменяемые ячейки | | |  |  |  |  |
|  | **Ячейка** | **Имя** | **Исходное значение** | **Результат** |  |  |
|  | $B$5 | Значение x1 | 40 | 40 |  |  |
|  | $C$5 | Значение x2 | 0 | 0 |  |  |
|  | $D$5 | Значение x3 | 10 | 10 |  |  |
|  | $E$5 | Значение x4 | 10 | 10 |  |  |
|  | $F$5 | Значение x5 | 0 | 0 |  |  |
|  | $G$5 | Значение x6 | 30 | 30 |  |  |
|  | $H$5 | Значение x7 | 0 | 0 |  |  |
|  | $I$5 | Значение x8 | 40 | 40 |  |  |
|  | $J$5 | Значение x9 | 0 | 0 |  |  |
|  | $K$5 | Значение x10 | 0 | 0 |  |  |
|  | $L$5 | Значение x11 | 20 | 20 |  |  |
|  | $M$5 | Значение x12 | 0 | 0 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| Ограничения | | |  |  |  |  |
|  | **Ячейка** | **Имя** | **Значение** | **Формула** | **Статус** | **Разница** |
|  | $N$11 | Рес склада 1 Лев часть | 60 | $N$11=$P$11 | не связан. | 0 |
|  | $N$12 | Рес склада 2 Лев часть | 70 | $N$12=$P$12 | не связан. | 0 |
|  | $N$13 | Рес склада 3 Лев часть | 20 | $N$13=$P$13 | не связан. | 0 |
|  | $N$14 | Потр магазина 1 Лев часть | 40 | $N$14=$P$14 | не связан. | 0 |
|  | $N$15 | потр магазина 2 Лев часть | 30 | $N$15=$P$15 | не связан. | 0 |
|  | $N$16 | Потр магазина 3 Лев часть | 30 | $N$16=$P$16 | не связан. | 0 |
|  | $N$17 | Потр магазина 4 Лев часть | 50 | $N$17=$P$17 | не связан. | 0 |
|  | $B$5 | Значение x1 | 40 | $B$5>=$B$6 | не связан. | 40 |
|  | $C$5 | Значение x2 | 0 | $C$5>=$C$6 | связанное | 0 |
|  | $D$5 | Значение x3 | 10 | $D$5>=$D$6 | не связан. | 10 |
|  | $E$5 | Значение x4 | 10 | $E$5>=$E$6 | не связан. | 10 |
|  | $F$5 | Значение x5 | 0 | $F$5>=$F$6 | связанное | 0 |
|  | $G$5 | Значение x6 | 30 | $G$5>=$G$6 | не связан. | 30 |
|  | $H$5 | Значение x7 | 0 | $H$5>=$H$6 | связанное | 0 |
|  | $I$5 | Значение x8 | 40 | $I$5>=$I$6 | не связан. | 40 |
|  | $J$5 | Значение x9 | 0 | $J$5>=$J$6 | связанное | 0 |
|  | $K$5 | Значение x10 | 0 | $K$5>=$K$6 | связанное | 0 |
|  | $L$5 | Значение x11 | 20 | $L$5>=$L$6 | не связан. | 20 |
|  | $M$5 | Значение x12 | 0 | $M$5>=$M$6 | связанное | 0 |

**Пример решения 2.2.**

**Постановка задачи:** Составить план перевозок грузов с наименьшей стоимостью от трех поставщиков соответственно в количествах 130, 90, 100 ед. к пяти потребителям соответственно в количествах 45, 60, 70, 80, 65. Стоимость перевозок единиц груза приведена в таблице.

*Таблица стоимости перевозок:*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 2 | 3 | 6 | 8 | 2 |
| 8 | 1 | 2 | 3 | 5 |
| 7 | 4 | 4 | 1 | 4 |

# Обозначим общее количество имеющегося в наличие груза:

# a = 130 + 90 + 100 = 320

Потребности в грузе:

# b = 45 + 60 + 70 + 80 + 65 = 320

Так как a=b имеем закрытую модель или модель удовлетворяющую условию баланса. В этой модели суммарный объем груза у поставщиков равен суммарному спросу потребителей.

Общее число базисных клеток равно: m+n-1=7.

# 

# **Найдём опорный план перевозок транспортной задачи методом минимальной стоимости**.

В этом методе построение исходного решения начинают с клетки с наименьшей величиной стоимости. Из оставшейся таблицы снова выбирают наименьшую стоимость, и процесс распределения запасов продолжается, пока все запасы не будут распределены.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Пункты | В | В | В | В | В | Запасы |
| А | 2  45 | 3  20 | 6 | 8 | 2  65 | 130 |
| А | 8 | 1  40 | 2  50 | 3 | 5 | 90 |
| А | 7 | 4 | 4  20 | 1  80 | 4 | 100 |
| Потребности | 45 | 60 | 70 | 80 | 65 | 320 |

Общая стоимость перевозок: 

**Исследование базисного решения на оптимальность.**

Вычислим потенциалы. Исходя из базисных переменных. Для их

нахождения используем условие: 

 

 



Полагая, например,  найдём:

      

**Для каждой свободной клетки вычислим относительные оценки:**

















Так как для всех свободных клеток таблицы неравенство  выполняется, то полученное решение

    



будет оптимальным. При таком плане перевозок затраты будут наименьшими и составят .

**Решение с помощью надстройки над решением:**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Microsoft Excel 11.0 Отчет по результатам** | | | |  |  |  |
| **Рабочий лист: [Лаба 2..xls]Лист1** | | |  |  |  |  |
| **Отчет создан: 10.10.2009 12:53:13** | | |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| Целевая ячейка (Минимум) | | |  |  |  |  |
|  | **Ячейка** | **Имя** | **Исходное значение** | **Результат** |  |  |
|  | $Q$8 | Коэфф в ЦФ ЦФ | 940 | 580 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| Изменяемые ячейки | | |  |  |  |  |
|  | **Ячейка** | **Имя** | **Исходное значение** | **Результат** |  |  |
|  | $B$5 | Значение x1 | 45 | 45 |  |  |
|  | $C$5 | Значение x2 | 60 | 20 |  |  |
|  | $D$5 | Значение x3 | 25 | 0 |  |  |
|  | $E$5 | Значение x4 | 0 | 0 |  |  |
|  | $F$5 | Значение x5 | 0 | 65 |  |  |
|  | $G$5 | Значение x6 | 0 | 0 |  |  |
|  | $H$5 | Значение x7 | 0 | 40 |  |  |
|  | $I$5 | Значение x8 | 45 | 50 |  |  |
|  | $J$5 | Значение x9 | 45 | 0 |  |  |
|  | $K$5 | Значение x10 | 0 | 0 |  |  |
|  | $L$5 | Значение x11 | 0 | 0 |  |  |
|  | $M$5 | Значение x12 | 0 | 0 |  |  |
|  | $N$5 | Значение х13 | 0 | 20 |  |  |
|  | $O$5 | Значение х14 | 35 | 80 |  |  |
|  | $P$5 | Значение х15 | 65 | 0 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| Ограничения | | |  |  |  |  |
|  | **Ячейка** | **Имя** | **Значение** | **Формула** | **Статус** | **Разница** |
|  | $Q$11 | Рес склада 1 Лев часть | 130 | $Q$11=$S$11 | не связан. | 0 |
|  | $Q$12 | Рес склада 2 Лев часть | 90 | $Q$12=$S$12 | не связан. | 0 |
|  | $Q$13 | Рес склада 3 Лев часть | 100 | $Q$13=$S$13 | не связан. | 0 |
|  | $Q$14 | Потребности 1 Лев часть | 45 | $Q$14=$S$14 | не связан. | 0 |
|  | $Q$15 | Потребности 2 Лев часть | 60 | $Q$15=$S$15 | не связан. | 0 |
|  | $Q$16 | Потребности 3 Лев часть | 70 | $Q$16=$S$16 | не связан. | 0 |
|  | $Q$17 | Потребности 4 Лев часть | 80 | $Q$17=$S$17 | не связан. | 0 |
|  | $Q$18 | Потребности 5 Лев часть | 65 | $Q$18=$S$18 | не связан. | 0 |
|  | $B$5 | Значение x1 | 45 | $B$5>=$B$6 | не связан. | 45 |
|  | $C$5 | Значение x2 | 20 | $C$5>=$C$6 | не связан. | 20 |
|  | $D$5 | Значение x3 | 0 | $D$5>=$D$6 | связанное | 0 |
|  | $E$5 | Значение x4 | 0 | $E$5>=$E$6 | связанное | 0 |
|  | $F$5 | Значение x5 | 65 | $F$5>=$F$6 | не связан. | 65 |
|  | $G$5 | Значение x6 | 0 | $G$5>=$G$6 | связанное | 0 |
|  | $H$5 | Значение x7 | 40 | $H$5>=$H$6 | не связан. | 40 |
|  | $I$5 | Значение x8 | 50 | $I$5>=$I$6 | не связан. | 50 |
|  | $J$5 | Значение x9 | 0 | $J$5>=$J$6 | связанное | 0 |
|  | $K$5 | Значение x10 | 0 | $K$5>=$K$6 | связанное | 0 |
|  | $L$5 | Значение x11 | 0 | $L$5>=$L$6 | связанное | 0 |
|  | $M$5 | Значение x12 | 0 | $M$5>=$M$6 | связанное | 0 |
|  | $N$5 | Значение x13 | 20 | $N$5>=$N$6 | не связан. | 20 |
|  | $O$5 | Значение x14 | 80 | $O$5>=$O$6 | не связан. | 80 |
|  | $P$5 | Значение x15 | 0 | $P$5>=$P$6 | связанное | 0 |

**Вывод:** Решения, полученные путем решения задачи методом потенциалов с построением начального плана методом наименьшей стоимости, и решение, полученное при использовании надстройки «Поиск решений», совпадают. Отсюда можно сделать вывод, что транспортная задача решена верно.

**Лабораторная работа №3 на тему «Оценка надежности по модели Шумана»**

**Пример решения 3.1.**

Задача 1. Оценить надежность по модели Шумана.

*Дано:* Общее число операторов в тестируемой программе – 10000; оценка осуществляется после 10 прогонов.

**Решение.**

Выбираем два момента времени так, чтобы число ошибок, найденных на интервале [A; B], было больше, чем на интервале ошибок [0; A].

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № прогона | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Тчас | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 0,75 | 0,2 | 0,5 | 0,3 | 0,3 | 0,1 | 0,4 |
| Кол-во ошибок | 2 | 0 | 5 | 3 | 4 | 1 | 3 | 2 | 0 | 1 |
|  | A` | | | | B | | | | | |
| Ec | 0,001 | | | | 0,0011 | | | | | |
| τ | 2,15 | | | | 1,8 | | | | | |
| λ | 4,65116 | | | | 6,11111 | | | | | |

ошибок, найденных на интервале ошибок [0; A],

на интервале [A; B],

время от 0 до А

время от А до В

интенсивность появления ошибок на первом интервале

интенсивность появления ошибок на втором интервале

ошибок

Подставляя различные t (время) при рассчитываем по формуле:

Задача 3. Оценить надежность по модели Шумана.

*Дано:* Общее число операторов в тестируемой программе – 10000; оценка осуществляется после 9 прогонов.

**Решение.**

Выбираем два момента времени так, чтобы число ошибок, найденных на интервале [A; B], было больше, чем на интервале ошибок [0; A].

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № прогона | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Тчас | 0,5 | 0,1 | 0,3 | 0,2 | 0,75 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,5 |
| Кол-во ошибок | 1 | 5 | 4 | 1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 2 |
|  | A` | | B | | | | | | |
| Ec | 0,0006 | | 0,0013 | | | | | | |
| τ | 0,6 | | 2,95 | | | | | | |
| λ | 10 | | 4,41 | | | | | | |

ошибок, найденных на интервале ошибок [0; A],

на интервале [A; B],

время от 0 до А

время от А до В

интенсивность появления ошибок на первом интервале

интенсивность появления ошибок на втором интервале

ошибок

Подставляя различные t (время) при рассчитываем по формуле:

**Лабораторная работа №4 на тему «Использование простой интуитивной модели для оценки надежности программного средства»**

**Пример решения 4.1.**

**Задача 1.**

*Дано:* В процессе тестирования программы первая группа нашла 15 ошибок, вторая группа нашла 25 ошибок, общих ошибок было 5. Определить надежность по простой интуитивной модели.

*Решение:*

**Задача 2.**

*Дано:* В процессе тестирования программы первая группа нашла 10 ошибок, вторая группа нашла 20 ошибок, общих ошибок было 8. Определить надежность по простой интуитивной модели.

*Решение:*

**Задача 3.**

*Дано:* В процессе тестирования программы первая группа нашла 20 ошибок, вторая группа нашла 22 ошибок, общих ошибок было 4. Определить надежность по простой интуитивной модели.

*Решение:*

**Задача 4.**

*Дано:* В процессе тестирования программы первая группа нашла 35 ошибок, вторая группа нашла 25 ошибок, общих ошибок было 20. Определить надежность по простой интуитивной модели.

*Решение:*

**Лабораторная работа №5 на тему «Модель Миллса»**

**Пример решения 5.1.**

**Задача №2**

Предположим, в программе 2 собственные ошибки, внесем еще 3 случайным образом. В процессе тестирования было найдено 2 ошибки из рассеянных и 3 собственные. Найти надежность по модели Миллса.

*Решение:*

В программе 2 собственные ошибки: k=2,

Внесем еще 3 случайным образом: s=3,

В процессе тестирования найдено v=2 из рассеянных и n=3 собственные.

Найти надежность по модели Миллса:

По формуле Миллса:

Вероятность этого:

У нас n=3, k=2, т.е. n>k, следовательно С=1.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Модель Миллса | | |
| Собственные ошибки | k= | 12 |
| Внесенные ошибки | s= | 6 |
| Найдено рассеянных | v= | 7 |
| Найдено собственных | n= | 5 |
| Надежность | N= | 5 |
| Вероятность | C= | 0,315789 |
| 1 |

**Задача №3**

Предположим, в программе 10 собственных ошибок, внесем еще 5 случайным образом. В процессе тестирования было найдено 8 ошибки из рассеянных и 3 собственные. Найти надежность по модели Миллса.

*Решение:*

В программе 10 собственных ошибок: k=10,

Внесем еще 5 случайным образом: s=5,

В процессе тестирования найдено v=8 из рассеянных и n=3 собственные.

Найти надежность по модели Миллса:

По модели Миллса:

Вероятность этого:

У нас n=3, k=10, т.е. n<k, поэтому:

, где С – мера доверия к модели.

Если обнаружены все рассеянные ошибки, то используем формулу:

У нас n<k, следовательно:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Модель Миллса | | |
| Собственные ошибки | k= | 10 |
| Внесенные ошибки | s= | 5 |
| Найдено рассеянных | v= | 8 |
| Найдено собственных | n= | 3 |
| Надежность | N= | 2 |
| Вероятность | C= | 0,3125 |
| 7,285714 |

**Задача №4**

Предположим, в программе 12 собственных ошибок, внесем еще 6 случайным образом. В процессе тестирования было найдено 7 ошибок из рассеянных и 5 собственные. Найти надежность по модели Миллса.

*Решение:*

В программе 12 собственных ошибок: k=12,

Внесем еще 6 случайным образом: s=6,

В процессе тестирования найдено v=6 из рассеянных и n=5 собственные.

Найти надежность по модели Миллса:

По модели Миллса:

Вероятность этого:

У нас n=5, k=12, т.е. n<k, поэтому:

, где С – мера доверия к модели.

Если обнаружены все рассеянные ошибки, то используем формулу:

У нас n<k, следовательно:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Модель Миллса | | |
| Собственные ошибки | k= | 12 |
| Внесенные ошибки | s= | 6 |
| Найдено рассеянных | v= | 7 |
| Найдено собственных | n= | 5 |
| Надежность | N= | 5 |
| Вероятность | C= | 0,3157 |
| 1 |

**Лабораторная работа №6 на тему «Расчет надежности по модели Муса»**

**Пример решения 6.1.**

**Задача 1.**

Программа находится в процессе испытаний 15 часов. При этом было выявлено 30 ошибок. Коэффициент сжатия тестов 5. Первоначальное число ошибок в программе – 100. Заданная наработка на отказ 3. Количество операторов в программе – 1500.

Таблица исходных данных:

|  |  |
| --- | --- |
| **N0** | 100 |
| **Tau** | 15 |
| **n** | 30 |
| **m** | 3 |
| **C** | 5 |
| **K** | 0 |
| **V** | 100000000 |
| **p** | 1500 |

Используем формулы:

число возможных отказов в течении жизненного цикла ПС

средняя скорость исполнения программы

коэффициент уменьшения числа ошибок

средняя наработка за отказ

надежность по модели Мусса

Расчеты в Microsoft Excel

|  |  |
| --- | --- |
| M0 | 10 |
| N0 | 100 |
| Tau | 15 |
| n | 30 |
| m | 3 |
| C | 5 |
| K | 0 |
| V | 100000000 |
| p | 1500 |
| f | 66666,6667 |
| B | 10 |
| T0 | 0,5 |
| T | 1634508,69 |
| R | 0,9999908 |

Надежность ПС по модели Муса R=0,9999908.

**Задача 2.**

Программа находится в процессе испытаний 15 часов. При этом было выявлено 40 ошибок. Коэффициент сжатия тестов 6. Первоначальное число ошибок в программе – 90. Заданная наработка на отказ 4. Количество операторов в программе – 1300.

Таблица исходных данных:

|  |  |
| --- | --- |
| **N0** | 90 |
| **Tau** | 15 |
| **n** | 40 |
| **m** | 4 |
| **C** | 6 |
| **K** | 0 |
| **V** | 100000000 |
| **p** | 1300 |

Расчеты в Microsoft Excel

|  |  |
| --- | --- |
| M0 | 9 |
| N0 | 90 |
| Tau | 15 |
| n | 40 |
| m | 4 |
| C | 6 |
| K | 0 |
| V | 100000000 |
| p | 1300 |
| f | 76923,08 |
| B | 10 |
| T0 | 0,48 |
| T | 504129259,64 |
| R | 0,9999999702 |

Надежность ПС по модели Муса R=0,9999999702.

**Задача 3.**

Программа находится в процессе испытаний 15 часов. При этом было выявлено 35 ошибок. Коэффициент сжатия тестов 6. Первоначальное число ошибок в программе – 120. Заданная наработка на отказ 4. Количество операторов в программе – 1800.

Таблица исходных данных:

|  |  |
| --- | --- |
| **N0** | 120 |
| **Tau** | 15 |
| **n** | 35 |
| **m** | 6 |
| **C** | 4 |
| **K** | 0 |
| **V** | 1000 |
| **p** | 1800 |

Расчеты в Microsoft Excel

|  |  |
| --- | --- |
| M0 | 20,57 |
| N0 | 120 |
| Tau | 15 |
| n | 35 |
| m | 6 |
| C | 4 |
| K | 0 |
| V | 1000 |
| p | 1800 |
| f | 0,56 |
| B | 5,83 |
| T0 | 30000 |
| T | 30002,92 |
| R | 0,9995001736 |

Надежность ПС по модели Муса R=0,9995001736.

**Лабораторная работа №7 на тему «Модель Коркорена»**

**Пример решения 7.1.**

**Задача 1.**

Оттестировать и оценить надежность по модели Коркорена. Было проведено 100 испытаний программы. 20 из 100 испытаний прошли безуспешно, а в остальных случаях получились следующие данные:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип ошибки | Вероятность появления | Кол-во |
| 1) Ошибки вычисления | 0,09 | 5 |
| 2) Логические ошибки | 0,26 | 25 |
| 3) Ошибки ввода-вывода | 0,16 | 3 |
| 4) Ошибки манипулирования данными | 0,18 | - |
| 5) Ошибки сопряжения | 0,17 | 11 |
| 6) Ошибки определения данных | 0,08 | 3 |
| 7) Ошибки в БД | 0,06 | 4 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вероятность | Кол-во | R | Удачн | Всего |
| 0,09 | 5 | 0,0036 | 80 | 100 |
| 0,26 | 25 | 0,0672 |  |  |
| 0,16 | 3 | 0,0032 |  |  |
| 0,18 | 0 | -0,0018 |  |  |
| 0,17 | 11 | 0,017 |  |  |
| 0,08 | 3 | 0,0016 |  |  |
| 0,06 | 4 | 0,0018 |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  | Сумма |  |  |
|  |  | R= | 0,82926 |  |

**Задача 2.**

Оттестировать и оценить надежность по модели Коркорена. Было проведено 100 испытаний программы. 20 из 100 испытаний прошли безуспешно, а в остальных случаях получились следующие данные:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип ошибки | Вероятность появления | Кол-во |
| 1) Ошибки вычисления | 0,26 | 5 |
| 2) Логические ошибки | 0,9 | - |
| 3) Ошибки ввода-вывода | 0,8 | 4 |
| 4) Ошибки манипулирования данными | 0,2 | 25 |
| 5) Ошибки сопряжения | 0,17 | 11 |
| 6) Ошибки определения данных | 0,08 | 3 |
| 7) Ошибки в БД | 0,16 | 3 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вероятность | Кол-во | R | Удачн | Всего |
| 0,26 | 5 | 0,0104 | 80 | 100 |
| 0,9 | 0 | -0,009 |  |  |
| 0,8 | 4 | 0,024 |  |  |
| 0,2 | 25 | 0,048 |  |  |
| 0,17 | 11 | 0,017 |  |  |
| 0,08 | 3 | 0,0016 |  |  |
| 0,06 | 3 | 0,0032 |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  | Сумма |  |  |
|  |  | R= | 0,8952 |  |

**Лабораторная работа №8 на тему «Показатели корректности тестирования структуры программных модулей»**

Затраты в значительной степени зависят от суммарной сложности тестов, проверяющих маршруты использования программ. На каждой дуге графа программы между условными переходами проводится вычисления и преобразования переменных, объем которых может измеряться в широких пределах. Для упрощения анализа тестирования структуры программы предположим, что длительность и сложность вычислений на дугах графа программы одинакова и невелика. Некоторые вершины графа программы могут образовываться в результате схождения дуг без последующего ветвления. Такие вершины не влияют на число маршрутов, их можно обобщать при анализе с ближайшей последующей вершиной, в которой происходит ветвление. При этих предположениях, сложность тестов, проверяющих каждый ***i-ый*** маршрут пропорционально числу дуг графов, входящих в маршрут или числу ***ξi****,* которое необходимо задать в тесте. Каждое условие определяет выбор ***j-ой*** дуги в графе программы очередной вершины i и, следовательно, включение ***j-ой*** дуги в ***i-ый*** маршрут, ведущий из начальной вершины в конечную.

 , где 

Полную сложность тестов для проверки программы в последующем принимают равной сумме сложностей ***ξi***, использованных для проверки каждого *i-того* маршрута.

*, где суммирование ведется по  маршруту, выделяемому по одному из приведенных критериев.*

Качество проведенного тестирования и достигнутая корректность могут определяться возможностью при реальном функционировании получить искаженные результаты. В маршрутах исполняемой программы, содержащей участки, непроверенные тестированием, наиболее возможно искажение результатов из-за невыявленных ошибок.

Предположим, что до тестирования вероятность ошибки в ***j-ой*** дуге графа программы, входящей в ***i-ый*** маршрут – ***qij***. При этом пусть вероятность ошибки в дуге не зависит от ошибок остальных дуг программы, т.е. результаты вычислений либо полностью использованы на этой дуге, либо являются итогом программы в целом. Тогда вероятность получения правильного результата на конкретном ***i-ом*** маршруте:



В реальных условиях конкретного исполнения программы происходит по одному из всех возможных **маршрутов.

Выбор маршрута определяется обработанными данными, которые влияют на направление ветвления вершины графа программы.

Реализация каждой ***j-ой*** дуги ***i-ого*** маршрута исполняемой программы зависит от вероятности  выбора этой дуги при предшествующем анализе условий ветвления. Вероятность реализации маршрута:



В результате вероятность отсутствия проявления ошибки при реальном исполнении программы определяется произведением вероятностей выбора соответствующих дуг и вероятности правильности этих дуг.



Предположим, что правильность выполнения маршрута не зависит от предшествующего исполнения программы и равна . Тогда полная вероятность правильного функционирования программы при произвольных исходных данных определяется вероятностью выбора различных маршрутов и корректностью их исполнения. Показатель корректности программы по результатам тестирования ее структуры:



Следовательно, вероятность проявления ошибки:



**Пример решения 8.1.**

**Постановка задачи:**

Дан граф. Ниже отмечены его маршруты и вероятности выбора j-го маршрута при предшествующем анализе условий.

Маршруты:

1. (1, 2, 3)
2. (1, 2, 3, 5)
3. (1, 2, 3, 4, 5)
4. (1, 3, 5)
5. (1, 3, 4, 5)

Требуется вычислить показатель корректности Р тестирования программы, оценить вероятность Q определения ошибки.

**Решение.**

Составим матрицу V, где столбцы – маршруты (от 1 до 5), а строки – вершины графа. Единицы означают, что маршрут проходит через вершину.

Вычислим сложность тестов программы для каждого маршрута.

Вычислим полную сложность тестов каждой программы.

Предположим, что программа до этого тестировалась.

Пусть – вероятность выбора i-й дуги j-го маршрута при предшествующем тестировании.

Вычислим для каждого маршрута.

Исходя из предыдущего опыта вероятность ошибки в i-ой дуге j-го маршрута.

Вычислим вероятности правильного результата в i-ом маршруте.

Вычислим вероятность отсутствия появления j-ой ошибки на i-ом маршруте .

Вычислим показатель корректности программы *P.*

Вычислим интегральный показатель вероятности определения ошибки Q.

**Пример решения 8.2.**

 , где 

Полную сложность тестов для проверки программы в последующем принимают равной сумме сложностей ***ξi***, использованных для проверки каждого *i-того* маршрута.

*, где суммирование ведется по  маршруту, выделяемому по одному из приведенных критериев.*

Качество проведенного тестирования и достигнутая корректность могут определяться возможностью при реальном функционировании получить искаженные результаты. В маршрутах исполняемой программы, содержащей участки, непроверенные тестированием, наиболее возможно искажение результатов из-за невыявленных ошибок.

Предположим, что до тестирования вероятность ошибки в ***j-ой*** дуге графа программы, входящей в ***i-ый*** маршрут – ***qij***. При этом пусть вероятность ошибки в дуге не зависит от ошибок остальных дуг программы, т.е. результаты вычислений либо полностью использованы на этой дуге, либо являются итогом программы в целом. Тогда вероятность получения правильного результата на конкретном ***i-ом*** маршруте:



В реальных условиях конкретного исполнения программы происходит по одному из всех возможных **маршрутов.

Выбор маршрута определяется обработанными данными, которые влияют на направление ветвления вершины графа программы.

Реализация каждой ***j-ой*** дуги ***i-ого*** маршрута исполняемой программы зависит от вероятности  выбора этой дуги при предшествующем анализе условий ветвления. Вероятность реализации маршрута:



В результате вероятность отсутствия проявления ошибки при реальном исполнении программы определяется произведением вероятностей выбора соответствующих дуг и вероятности правильности этих дуг.



Предположим, что правильность выполнения маршрута не зависит от предшествующего исполнения программы и равна . Тогда полная вероятность правильного функционирования программы при произвольных исходных данных определяется вероятностью выбора различных маршрутов и корректностью их исполнения. Показатель корректности программы по результатам тестирования ее структуры:



Следовательно, вероятность проявления ошибки:



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **i/j** | **1** | | **2** | | **3** | | **4** | **5** |
| **1** | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | 1 |
| **2** | 1 | | 1 | | 0 | | 0 | 1 |
| **3** | 0 | | 1 | | 1 | | 1 | 1 |
| **4** | 1 | | 1 | | 0 | | 1 | 1 |
| **5** | 1 | | 0 | | 0 | | 0 | 1 |
| **pij** |  | |  | |  | |  |  |
|  | 0,57357 | | 0,246234 | | 0,643344 | | 0,644334 | 0,643455 |
|  | 0,34557 | | 0,2363663 | | 0,634223 | | 0,643467 | 0,763246 |
|  | 0,34634 | | 0,2356325 | | 0,235355 | | 0,845456 | 0,243664 |
|  | .743337 | | 0,643333 | | 0,8765445 | | 0,234444 | 0,234466 |
|  | .976555 | | 0,463446 | | 0,346434 | | 0,436346 | 0,246346 |
| **qij** |  | |  | |  | |  |  |
|  | 0,234524 | | 0,3463464 | | 0,3453454 | | 0,345345 | 0,2343434 |
|  | 0,234635 | | 0,2343464 | | 0,4543545 | | 0,345345 | 0,5234234 |
|  | 0,234635 | | 0,2436346 | | 0,435454 | | 0,734554 | 0,6456343 |
|  | 0,234646 | | 0,4534535 | | 0,3453455 | | 0,945635 | 0,3245635 |
|  | 0,234635 | | 0,4534535 | | 0,3454545 | | 0,234343 | 0,34634 |
| **1-qij** |  | |  | |  | |  |  |
|  | 0,7654765 | | 0,653654 | | 0,6546546 | | 0,654655 | 0,765657 |
|  | 0,7653654 | | 0,765654 | | 0,5456455 | | 0,6546546 | 0,476577 |
|  | 0,7653654 | | 0,756365 | | 0,564546 | | 0,265446 | 0,354366 |
|  | 0,765354 | | 0,546547 | | 0,6546546 | | 0,054365 | 0,675437 |
|  | 0,7653654 | | 0,546547 | | 0,6545455 | | 0,7656566 | 0,65366 |
| **pi** | | **Pi** | | **P** | | **Q** |
| 0,16418681 | | 1,28E-06 | | 0,441776 | | 0,558224 |
| 0,09976005 | | 0,000391 | |  | |  |
| 0,03074169 | | 0,009794 | |  | |  |
| 0,01005555 | | 0,005413 | |  | |  |
| 0,13703193 | | 3,14E-06 | |  | |  |

**Лабораторная работа №9 на тему**

**«Оценка качественных показателей ПС»**

**Пример решения 9.1.**

Установка показателей качества программного средства.

Методика оценки:

1. Выбираем показатель качества.
2. Устанавливаем веса показателей.
3. Устанавливаем числовую оценку.
4. Определяем качество ПС.
5. Определить среднее значение оценки ПС.

Определение показателя качества процессора персонального компьютера:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Показатель качества (К) | Сущность | Экспертная оценка () | Оценка ) |
| Надежность работы | Стабильность работы устройства | 0,09 | 1 |
| Скорость вычислений | Скорость проводимых вычислений | 0,08 | 0,9 |
| Помехоустойчивость | Устойчивость к окружающей среде | 0,11 | 0,75 |
| Частота работы | Частота в Герцах | 0,12 | 0,9 |
| Теплоизоляция | Подверженность нагреву во время работы | 0,05 | 0,8 |
| Защита от сбоя в вычислении | Защита от ошибочного программного кода | 0,15 | 1 |
| Скорость кэширования данных | Скорость копирования в КЭШ память | 0,07 | 0,85 |
| Функциональность | Виды проводимых вычислений | 0,13 | 1 |
| Шумоизоляция | Создаваемые при работе шумы | 0,089 | 0,6 |
| Точность | Количество знаков при вычислении | 0,111 | 1 |
|  | Сумма | 1 |  |

Установление веса показателей

|  |  |
| --- | --- |
| К1 | 0,09 |
| К2 | 0,072 |
| К3 | 0,0825 |
| К4 | 0,108 |
| К5 | 0,04 |
| К6 | 0,15 |
| К7 | 0,0595 |
| К8 | 0,13 |
| К9 | 0,0534 |
| К10 | 0,111 |

Определяем качество ПС:

Можно сделать вывод, что мы имеем ПС с высокой частотой работы, функциональность, точностью т защищенностью вычислений, но с низкой теплоизоляцией и кэшированием данных.

**Пример решения 9.2.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Показатель качества (Ki) | Сущьность | Эксперементальная оценка(Wi) | Оценка установленная эксперементом |
| Безотказность | Насколько стабильно работает устройство | 0,14 | 0,58 |
| Мобильность | Возможность сохранения и эффективного использования эксплуатируемых ПО | 0,21 | 0,31 |
| Быстрота | Скорость работы устройства | 0,11 | 0,69 |
| Эффективность | Качественность выполнения программ | 0,09 | 0,23 |
| Способность к модернизации | четкость структурного построения и структура межмодульных связей | 0,25 | 0,81 |
| Функциональность | Все ли функции выполняет | 0,2 | 0,62 |

Качество показателя = , ПК = 

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **K1=** | 0,0938 | |
| **K2=** | 0,0242 | |
| **K3=** | 0,0649 | |
| **K4=** | 0,9 | |
| **K5=** | 0,1274 | |
| **K6=** | 0,124 | |
| **Средний показателькачества=** | |
| 0,0949 | |



Вывод: исследуя ПС можно сказать, что оно достаточно функциональное и способное к модернизации. Но обладает недостаточной эффективностью.

Помимо описанных выше методов могут быть использованы:

**Модель Джелинского-Моранды.** Модель Джелинского-Моранды относится к динамическим моделям непрерывного времени. Исходные данные для использования этой модели собираются в процессе тестирования ПС. При этом фиксируется время до очередного отказа. Основное положение, на котором базируется модель, заключается в том, что значение интервалов времени тестирования между обнаружением двух ошибок имеет экспоненциальное распределение с частотой ошибок (или интенсивностью отказов), пропорциональной числу еще не выявленных ошибок. Каждая обнаруженная ошибка устраняется, число оставшихся ошибок уменьшается на единицу.

Функция плотности распределения времени обнаружения i-ой ошибки, отсчитываемого от момента выявления 1-ой ошибки, имеет вид:

(1), где - частота отказов (интенсивность отказов), которая пропорциональна числу еще не выявленных ошибок в программе.

(2), где N – число ошибок, первоначально присутствующих в программе; С – коэффициент пропорциональности.

Наиболее вероятные значения величин Ń и Ć (оценка максимального правдоподобия) можно определить на основе данных, полученных при тестировании. Для этого фиксируют время выполнения программы до очередного отказа .

Значения Ń и Ć предлагается получить, решив систему уравнений:

где

Поскольку полученные значения Ń и Ć – вероятностные и точность их зависит от количества интервалов тестирования (или количества ошибок), найденных к моменту оценки надежности, асимптотические оценки дисперсий авторы предлагают определить с помощью следующих формул:

де

.

Чтобы получить числовые значения , нужно подставить вместо N и C их возможные значения Ń и Ć. Рассчитать К значений по формуле (2) и подставив их в формулу (1), можно определить вероятность безотказной работы на различных временных интервалах. На основе полученных расчетных данных строится график зависимости вероятности безотказной работы от времени.

**Модель Шика-Волвертона.** Модификация модели Джелинского-Моранды для случая возникновения на рассматриваемом интервале более одной ошибки предложена Волвертоном и Шиком. При этом считается, что исправление ошибок производится лишь после истечения интервале времени, на котором они возникли. В основе модели Шика-Волвертона лежит предположение, согласно которому частота ошибок пропорциональна не только количеству ошибок в программах, но и времени тестирования, т.е. вероятность обнаружения ошибок с течением времени возрастает. Частота ошибок (интенсивность обнаружения ошибок) предполагается постоянной в течении интервала времени и пропорциональна числу ошибок, оставшихся в программе по истечении (i-1) –го интервала, но она пропорциональна также и суммарному времени, уже затраченному на тестирование (включая среднее время выполнения программы в текущем интервале):

В данной модели наблюдаемым событием является число ошибок, обнаруживаемых в заданном интервале, а не время ожидания каждой ошибки, как это было для модели Джелинского-Моранды. В связи с этим модель относят к группе дискретных динамических моделей, а уравнения для определения Ń и Ć имеют несколько иной вид:

Где

продолжительность временного интервала, в котором наблюдается ошибок;

время, накопленное за (i-1) интервалов:

суммарное число ошибок, обнаруженных за период от первого до (i-1)-го интервала времени включительно:

общее число временных интервалов;

суммарное число обнаруженных ошибок.

При М = 1 уравнения (4) приобретает вид уравнений (3), .

Таким образом, модель Джелинского-Моранды является частным случаем модели Шика-Волвертона для случая, когда при тестировании фиксируется время от появления очередной ошибки.