|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | |
| Федеральное государственное бюджетное  образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» | | |
|  | | |
| Кафедра теоретической и прикладной информатики | | |
| Лабораторная работа № 2 | | |
| по дисциплине «Методы принятия оптимальных решений» | | |
| **Многокритериальные задачи линейного и нелинейного программирования** | | |
|  | | |
|  | Бригада 7 | Побединский Сергей |
| Группа ПМ-84 | фадейкин леонид |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
| Преподаватель | Лемешко борис юрьевич |
|  |  |
| Новосибирск, 2021 | | |

**Вариант 4**

1. **Цель работы**

Исследование многокритериальных задачи линейного и нелинейного программирования при различных компромиссных критериях

1. **Задание**

Полуфабрикаты поступают на предприятие в виде листов фанеры. Всего имеется две партии материала, причем первая партия содержит 400 листов, а вторая – 250 листов. Из поступающих листов фанеры необходимо изготовить комплекты двух видов. Комплект первого вида включает 4 детали 1 типа, 3 детали 2 типа, и 2 детали 3 типа. Комплект второго вида включает 2 детали 1 типа, 4 детали 2 типа и 3 детали 3 типа. Лист фанеры каждой партии может раскраиваться различными способами.

Количество деталей каждого типа, которое получается при раскрое одного листа соответствующей партии по тому или иному способу раскроя, представлено в таблице.

Стоимость одного листа первой партии составляем 1000 руб., а стоимость одного листа второй партии 1200 руб. Цена комплекта первого вида составляет 150 руб., ценя комплекта второго вида - 200 руб.  
  
Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Детали | Способ раскроя (1 п) | | | Детали | Способ раскроя (2 п) | |
|  | 1 | 2 | 3 |  | 1 | 2 |
| 1 | 0 | 6 | 9 | 1 | 6 | 5 |
| 2 | 4 | 3 | 4 | 2 | 5 | 4 |
| 3 | 10 | 16 | 0 | 3 | 8 | 0 |

Необходимо решить многокритериальную задачу

Критерий 1. Максимизация прибыли от продажи всех комплектов деталей.  
Критерий 2. Максимизация количества комплектов первого вида.  
Критерий 3. Максимизация количества комплектов второго вида.

Примечание: для построения Парето-оптимального множества рассмотреть только критерии 2, 3.

1. **Математическая модель**

Для формирования модели введем обозначения:

– номер партии материала (материал может быть из 1ой или из 2ой партии )

– общее количество партий (всего 2 партии )

– общее количество комплектов (всего 2 комплекта)

– вид детали (деталь 1-го вида, или 2-го вида, или 3-го вида )

– номер способа раскроя (способов раскроя 3 )

– общее число способов раскроя для партии (для первой партии 3 способа раскроя, для второй – 2 )

– число деталей -го вида, получаемых из s-ой партии по j-ому способу (например, для изготовления детали 3 вида из 1ой партии 2 способом раскроя )

– число деталей -го вида, необходимых для единицы -го вида комплекта (для полного 1-го вида комплекта необходимо 4 детали 1-го вида и 3 детали 2-го вида и 2 детали 3-го вида )

– искомое количество единиц материала s-ой партии, раскраиваемых согласно j-ому способу

– количество комплектов -го вида

*–* количество листов в s-ой партии

*–* стоимость листов в s-ой партии

*–* стоимость -го вида комплекта

При раскрое всех партий будет получено деталей для -го вида

Требуемое количество деталей -го вида для изготовления

При условии выполнения плана раскроя деталей:

Тогда ограничение на количество деталей будет составлять:

А также неотрицательности компонент

Общая стоимость листов будет составлять

Критерий 1. Максимизация прибыли от продажи всех комплектов деталей.

Критерий 2. Максимизация количества комплектов первого вида.  
Критерий 3. Максимизация количества комплектов второго вида.

С ограничениями:

1. **Постановка задачи**

Общая стоимость листов:

Или:

1. **Решение**

Решим задачу, используя Excel:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  | C |  |  |
|  | 175,275 | 0 | 224,725 | 0 | 250 | 789,011 | 58,2418 |  |  |  |
|  | 0 | 6 | 9 | 6 | 5 | -4 | -2 | 1,71E-13 | = | 0 |
|  | 4 | 3 | 4 | 5 | 4 | -3 | -4 | -1,1E-13 | = | 0 |
|  | 10 | 16 | 0 | 8 | 0 | -2 | -3 | 2,84E-14 | = | 0 |
|  | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 400 | = | 400 |
|  | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 250 | = | 250 |
| Целевая функция | | | | | | | | | | |
|  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 150 | 200 | -700000 | = | -570000 |
|  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | = | 789,011 |
|  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | = | 58,2418 |

Так как целевые функции исследуются по различным шкалам (в рублях и в количествах комплектов), то компромиссный критерий будет иметь вид:

Где

При тех же ограничениях:

Ниже приведена таблица значений целевых функций при разных значениях весовых коэффициентов.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0.0 | 0.0 | 1.0 | 175.2747253 | 2.60E-09 | 224.7252747 | 9.92E-10 | 250 | 789.010989 | 58.24175823 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 7.17E-07 |
| 0.0 | 0.1 | 0.9 | 175.2747253 | 3.92E-09 | 224.7252747 | 1.50E-09 | 250 | 789.010989 | 58.24175822 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 6.47E-07 |
| 0.0 | 0.2 | 0.8 | 175.2747253 | 0.00E+00 | 224.7252747 | 0.00E+00 | 250 | 789.010989 | 58.24175824 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 5.76E-07 |
| 0.0 | 0.3 | 0.7 | 175.2747253 | 3.38E-10 | 224.7252747 | 1.36E-10 | 250 | 789.010989 | 58.24175824 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 5.06E-07 |
| 0.0 | 0.4 | 0.6 | 175.2747253 | 2.88E-09 | 224.7252747 | 1.11E-09 | 250 | 789.010989 | 58.24175823 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 4.36E-07 |
| 0.0 | 0.5 | 0.5 | 175.2747253 | 2.67E-09 | 224.7252747 | 1.02E-09 | 250 | 789.010989 | 58.24175823 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 3.66E-07 |
| 0.0 | 0.6 | 0.4 | 175.2747253 | 1.12E-09 | 224.7252747 | 4.32E-10 | 250 | 789.010989 | 58.24175824 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 2.95E-07 |
| 0.0 | 0.7 | 0.3 | 175.2747253 | 0.00E+00 | 224.7252747 | 0.00E+00 | 250 | 789.010989 | 58.24175826 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 2.25E-07 |
| 0.0 | 0.8 | 0.2 | 175.2747253 | 6.84E-09 | 224.7252747 | 2.61E-09 | 250 | 789.0109891 | 58.24175821 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 1.55E-07 |
| 0.0 | 0.9 | 0.1 | 175.2747253 | 3.34E-10 | 224.7252747 | 1.29E-10 | 250 | 789.010989 | 58.24175824 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 8.42E-08 |
| 0.0 | 1.0 | 0.0 | 151.76553 | 8.40E+00 | 239.8304519 | 1.03E+01 | 239.69 | 867.3021939 | 7.11E-15 | -569904.67 | 867.30 | 0.00 | -9.92E-02 |
| 0.1 | 0.0 | 0.9 | 175.2747253 | 0.00E+00 | 224.7252747 | 0.00E+00 | 250 | 789.010989 | 58.24175826 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 6.45E-07 |
| 0.1 | 0.1 | 0.8 | 175.2747253 | 3.91E-09 | 224.7252747 | 1.48E-09 | 250 | 789.010989 | 58.24175822 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 5.75E-07 |
| 0.1 | 0.2 | 0.7 | 175.2747253 | 0.00E+00 | 224.7252747 | 0.00E+00 | 250 | 789.010989 | 58.24175825 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 5.05E-07 |
| 0.1 | 0.3 | 0.6 | 175.2747253 | 5.93E-09 | 224.7252747 | 2.26E-09 | 250 | 789.0109891 | 58.24175821 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 4.35E-07 |
| 0.1 | 0.4 | 0.5 | 175.2747253 | 4.02E-09 | 224.7252747 | 1.54E-09 | 250 | 789.010989 | 58.24175822 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 3.64E-07 |
| 0.1 | 0.5 | 0.4 | 175.2747253 | 0.00E+00 | 224.7252747 | 0.00E+00 | 250 | 789.010989 | 58.24175825 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 2.94E-07 |
| 0.1 | 0.6 | 0.3 | 175.2747253 | 5.25E-09 | 224.7252747 | 2.00E-09 | 250 | 789.010989 | 58.24175821 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 2.24E-07 |
| 0.1 | 0.7 | 0.2 | 175.2747253 | 0.00E+00 | 224.7252747 | 0.00E+00 | 250 | 789.010989 | 58.24175825 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 1.53E-07 |
| 0.1 | 0.8 | 0.1 | 175.2747253 | 0.00E+00 | 224.7252747 | 0.00E+00 | 250 | 789.010989 | 58.24175825 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 8.28E-08 |
| 0.1 | 0.9 | 0.0 | 151.7888087 | 8.19E+00 | 240.0259931 | 1.08E+01 | 239.22 | 867.5303252 | 0 | -569870.45 | 867.53 | 0.00 | -0.08958724 |
| 0.2 | 0.0 | 0.8 | 175.2747253 | 4.01E-09 | 224.7252747 | 1.54E-09 | 250 | 789.010989 | 58.24175822 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 5.74E-07 |
| 0.2 | 0.1 | 0.7 | 175.2747253 | 0.00E+00 | 224.7252747 | 0.00E+00 | 250 | 789.010989 | 58.24175825 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 5.03E-07 |
| 0.2 | 0.2 | 0.6 | 175.2747253 | 9.31E-10 | 224.7252747 | 3.48E-10 | 250 | 789.010989 | 58.24175824 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 4.33E-07 |
| 0.2 | 0.3 | 0.5 | 175.2747253 | 0.00E+00 | 224.7252747 | 0.00E+00 | 250 | 789.010989 | 58.24175827 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 3.62E-07 |
| 0.2 | 0.4 | 0.4 | 175.2747253 | 0.00E+00 | 224.7252747 | 0.00E+00 | 250 | 789.010989 | 58.24175827 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 2.92E-07 |
| 0.2 | 0.5 | 0.3 | 175.2747253 | 3.73E-09 | 224.7252747 | 1.42E-09 | 250 | 789.010989 | 58.24175822 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 2.22E-07 |
| 0.2 | 0.6 | 0.2 | 175.2747253 | 2.55E-09 | 224.7252747 | 9.76E-10 | 250 | 789.010989 | 58.24175823 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 1.52E-07 |
| 0.2 | 0.7 | 0.1 | 175.2747253 | 0.00E+00 | 224.7252747 | 0.00E+00 | 250 | 789.010989 | 58.24175825 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 8.14E-08 |
| 0.2 | 0.8 | 0.0 | 175.2747253 | 7.76E-10 | 224.7252747 | 2.86E-10 | 250 | 789.010989 | 58.24175824 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 1.11E-08 |
| 0.3 | 0.0 | 0.7 | 175.2747253 | 4.17E-09 | 224.7252747 | 1.59E-09 | 250 | 789.010989 | 58.24175822 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 5.02E-07 |
| 0.3 | 0.1 | 0.6 | 175.2747253 | 3.70E-09 | 224.7252747 | 1.41E-09 | 250 | 789.010989 | 58.24175822 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 4.32E-07 |
| 0.3 | 0.2 | 0.5 | 175.2747253 | 1.83E-09 | 224.7252747 | 6.83E-10 | 250 | 789.010989 | 58.24175823 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 3.61E-07 |
| 0.3 | 0.3 | 0.4 | 175.2747253 | 1.14E-09 | 224.7252747 | 4.28E-10 | 250 | 789.010989 | 58.24175824 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 2.91E-07 |
| 0.3 | 0.4 | 0.3 | 175.2747253 | 0.00E+00 | 224.7252747 | 0.00E+00 | 250 | 789.010989 | 58.24175826 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 2.21E-07 |
| 0.3 | 0.5 | 0.2 | 175.2747253 | 0.00E+00 | 224.7252747 | 0.00E+00 | 250 | 789.010989 | 58.24175827 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 1.50E-07 |
| 0.3 | 0.6 | 0.1 | 175.2747253 | 4.96E-09 | 224.7252747 | 1.89E-09 | 250 | 789.010989 | 58.24175822 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 8.01E-08 |
| 0.3 | 0.7 | 0.0 | 175.2747253 | 2.74E-09 | 224.7252747 | 1.05E-09 | 250 | 789.010989 | 58.24175823 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 9.73E-09 |
| 0.4 | 0.0 | 0.6 | 175.2747253 | 2.61E-09 | 224.7252747 | 9.88E-10 | 250 | 789.010989 | 58.24175823 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 4.30E-07 |
| 0.4 | 0.1 | 0.5 | 175.2747253 | 0.00E+00 | 224.7252747 | 0.00E+00 | 250 | 789.010989 | 58.24175824 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 3.60E-07 |
| 0.4 | 0.2 | 0.4 | 175.2747253 | 2.96E-09 | 224.7252747 | 1.12E-09 | 250 | 789.010989 | 58.24175823 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 2.90E-07 |
| 0.4 | 0.3 | 0.3 | 175.2747253 | 1.97E-09 | 224.7252747 | 7.56E-10 | 250 | 789.010989 | 58.24175823 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 2.19E-07 |
| 0.4 | 0.4 | 0.2 | 175.2747253 | 0.00E+00 | 224.7252747 | 0.00E+00 | 250 | 789.010989 | 58.24175825 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 1.49E-07 |
| 0.4 | 0.5 | 0.1 | 175.2747253 | 3.49E-09 | 224.7252747 | 1.33E-09 | 250 | 789.010989 | 58.24175822 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 7.87E-08 |
| 0.4 | 0.6 | 0.0 | 175.2747253 | 0.00E+00 | 224.7252747 | 0.00E+00 | 250 | 789.010989 | 58.24175827 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 8.38E-09 |
| 0.5 | 0.0 | 0.5 | 175.2747253 | 7.41E-09 | 224.7252747 | 2.85E-09 | 250 | 789.0109891 | 58.2417582 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 3.59E-07 |
| 0.5 | 0.1 | 0.4 | 175.2747253 | 0.00E+00 | 224.7252747 | 0.00E+00 | 250 | 789.010989 | 58.24175827 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 2.88E-07 |
| 0.5 | 0.2 | 0.3 | 175.2747253 | 0.00E+00 | 224.7252747 | 0.00E+00 | 250 | 789.010989 | 58.24175825 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 2.18E-07 |
| 0.5 | 0.3 | 0.2 | 175.2747253 | 1.83E-09 | 224.7252747 | 7.13E-10 | 250 | 789.010989 | 58.24175823 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 1.48E-07 |
| 0.5 | 0.4 | 0.1 | 175.2747253 | 1.74E-09 | 224.7252747 | 6.71E-10 | 250 | 789.010989 | 58.24175823 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 7.73E-08 |
| 0.5 | 0.5 | 0.0 | 175.2747253 | 0.00E+00 | 224.7252747 | 0.00E+00 | 250 | 789.010989 | 58.24175827 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 6.99E-09 |
| 0.6 | 0.0 | 0.4 | 175.2747253 | 2.69E-10 | 224.7252747 | 1.08E-10 | 250 | 789.010989 | 58.24175824 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 2.87E-07 |
| 0.6 | 0.1 | 0.3 | 175.2747253 | 9.55E-10 | 224.7252747 | 3.71E-10 | 250 | 789.010989 | 58.24175824 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 2.17E-07 |
| 0.6 | 0.2 | 0.2 | 175.2747253 | 5.07E-09 | 224.7252747 | 1.93E-09 | 250 | 789.010989 | 58.24175822 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 1.46E-07 |
| 0.6 | 0.3 | 0.1 | 175.2747253 | 3.88E-09 | 224.7252747 | 1.48E-09 | 250 | 789.010989 | 58.24175822 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 7.59E-08 |
| 0.6 | 0.4 | 0.0 | 175.2747253 | 5.14E-09 | 224.7252747 | 1.95E-09 | 250 | 789.010989 | 58.24175822 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 5.55E-09 |
| 0.7 | 0.0 | 0.3 | 175.2747253 | 0.00E+00 | 224.7252747 | 0.00E+00 | 250 | 789.010989 | 58.24175824 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 2.15E-07 |
| 0.7 | 0.1 | 0.2 | 175.2747253 | 3.47E-09 | 224.7252747 | 1.33E-09 | 250 | 789.010989 | 58.24175822 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 1.45E-07 |
| 0.7 | 0.2 | 0.1 | 175.2747253 | 1.18E-09 | 224.7252747 | 4.46E-10 | 250 | 789.010989 | 58.24175824 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 7.45E-08 |
| 0.7 | 0.3 | 0.0 | 175.2747253 | 6.04E-09 | 224.7252747 | 2.30E-09 | 250 | 789.0109891 | 58.24175821 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 4.16E-09 |
| 0.8 | 0.0 | 0.2 | 175.2747253 | 0.00E+00 | 224.7252747 | 0.00E+00 | 250 | 789.010989 | 58.24175824 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 1.43E-07 |
| 0.8 | 0.1 | 0.1 | 175.2747253 | 5.28E-09 | 224.7252747 | 2.01E-09 | 250 | 789.010989 | 58.24175821 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 7.31E-08 |
| 0.8 | 0.2 | 0.0 | 175.2747253 | 4.62E-10 | 224.7252747 | 1.50E-10 | 250 | 789.010989 | 58.24175824 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 2.78E-09 |
| 0.9 | 0.0 | 0.1 | 175.2747253 | 1.29E-09 | 224.7252747 | 4.92E-10 | 250 | 789.010989 | 58.24175824 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 7.17E-08 |
| 0.9 | 0.1 | 0.0 | 175.2747253 | 6.52E-09 | 224.7252747 | 2.49E-09 | 250 | 789.0109891 | 58.24175821 | -570000 | 789.01 | 58.24 | 1.39E-09 |
| 1.0 | 0.0 | 0.0 | 175.2747253 | 0.00E+00 | 224.7252747 | 0.00E+00 | 250 | 789.010989 | 58.24175826 | -570000 | 789.01 | 58.24 | -1.93E-13 |

Как можем видеть, при любых значениях весовых коэффициентов значение целевой функции для первого критерия всегда отрицательно, что для прикладной задачи является невыгодным обстоятельством.

Построим Парето-оптимальное множество решений для второго и третьего критериев в соответствующих координатах:

Здесь всего 2 точки, которые неоднократно появляются в решениях: (0; 867) и (58.24; 789)

Эти две точки и составляют Парето-оптимальное множество решений.

Проверим соблюдение ограничений при вычисленных переменных

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |
| 175.2747253 | 6.52E-09 | 224.7252747 | 2.49E-09 | 250 | 789.0109891 | 58.24175821 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0 | 3.91E-08 | 2022.527473 | 1.49E-08 | 1250 | -3156.04396 | -116.483516 | = | -2.49E-12 |
| 701.098901 | 1.95E-08 | 898.9010989 | 1.24E-08 | 1000 | -2367.03297 | -232.967033 | = | -4.51905E-12 |
| 1752.747253 | 1.04E-07 | 0 | 1.99E-08 | 0 | -1578.02198 | -174.725275 | = | -3.95062E-12 |
| 175.2747253 | 6.52E-09 | 224.7252747 | 0 | 0 | 0 | 0 | = | 400 |
| 0 | 0 | 0 | 2.49E-09 | 250 | 0 | 0 | = | 250 |

Так как число комплектов и число листов должны быть целыми числами, округлим значения. Рассмотрим значения переменных в целочисленном виде

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |
| 175 | 0 | 225 | 0 | 250 | 789 | 58 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0 | 0 | 2025 | 0 | 1250 | -3156 | -116 | = | 3 |  |
| 700 | 0 | 900 | 0 | 1000 | -2367 | -232 | = | 1 |  |
| 1750 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1578 | -174 | = | -2 |  |
| 175 | 0 | 225 | 0 | 0 | 0 | 0 | = | 400 |  |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 250 | 0 | 0 | = | 250 |  |

При целочисленных значениях переменных нарушается система ограничений. Проверим ограничения при округлении в другую сторону.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |
| 176 | 0 | 224 | 0 | 250 | 790 | 59 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0 | 0 | 2016 | 0 | 1250 | -3160 | -118 | = | -12 |  |
| 704 | 0 | 896 | 0 | 1000 | -2370 | -236 | = | -6 |  |
| 1760 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1580 | -177 | = | 3 |  |
| 176 | 0 | 224 | 0 | 0 | 0 | 0 | = | 400 |  |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 250 | 0 | 0 | = | 250 |  |

В данном случае система ограничений также нарушается. В прикладной задаче нет решения в целочисленных значениях.

Построим графики зависимости целевой функции F0 от весовых коэффициентов, зафиксировав для конкретных весовых коэффициентов средние значения целевой функции.

Наибольшее отклонение от оптимального значения при значениях , ,

1. **Вывод**

При любых значениях весовых коэффициентов значение целевой функции для первого критерия всегда отрицательно, что для прикладной задачи является невыгодным решением. В связи с этим, предприятию стоит задуматься либо о смене стратегии производства, либо о закрытии предприятия.

В оптимальном множестве решений Парето получены всего 2 точки, являющиеся оптимальным решением математической задачи. Одно из решений – это не выпускать комплекты второго вида, а производить только 867,3 комплектов первого вида. В зависимости от предпочтений предприятия, будет зависеть стратегия выпуска комплектов второго вида: выпускать или не выпускать комплекты второго вида.

При анализе целевой функции в зависимости от весов, можем сделать заключение, что наибольшее отклонение от оптимального значения при значениях , , . Отсюда следует, что из двух предоставленных вариантов решений, выгоднее выбирать с производством комплектов второго типа.

Также стоит отметить, что полученное оптимальное решение многокритериальной задачи невозможно адаптировать под реальные условия, так как оно состоит из нецелочисленных параметров: количество листов и комплектов должно быть целочисленным, а при целых значениях параметров производство испытывает избыток или недостаток исходных материалов для полных комплектов.

1. **Код программы на Python**

**import** scipy**.**optimize **as** opt

**import** matplotlib**.**pyplot **as** plt

**def** fun**(**y**,** w1**,** w2**,** w3**):**

**return** w1 **\*** **(**130000 **-** 150 **\*** y**[**5**]** **-** 200 **\*** y**[**6**])** **/** 570000 **+** \

w2 **\*** **(**789.011 **-** y**[**5**])** **/** 789.011 **+** \

w3 **\*** **(**58.2418 **-** y**[**6**])** **/** 58.2418

**def** F1**(**y**):**

**return** 150 **\*** y**[**5**]** **+** 200 **\*** y**[**6**]** **-** 700000

**def** F2**(**y**):**

**return** y**[**5**]**

**def** F3**(**y**):**

**return** y**[**6**]**

cons **=** **({**

'type'**:**'eq'**,**

'fun' **:** **lambda** t**:** 6**\***t**[**1**]+**9**\***t**[**2**]+**6**\***t**[**3**]+**5**\***t**[**4**]-**4**\***t**[**5**]-**2**\***t**[**6**]**

**},**

**{**

'type'**:**'eq'**,**

'fun' **:** **lambda** t**:** 4**\***t**[**0**]+**3**\***t**[**1**]+**4**\***t**[**2**]+**5**\***t**[**3**]+**4**\***t**[**4**]-**3**\***t**[**5**]-**4**\***t**[**6**]**

**},**

**{**

'type'**:**'eq'**,**

'fun' **:** **lambda** t**:** 10**\***t**[**0**]+**16**\***t**[**1**]+**8**\***t**[**3**]-**2**\***t**[**5**]-**3**\***t**[**6**]**

**},**

**{**

'type'**:**'eq'**,**

'fun' **:** **lambda** t**:** t**[**0**]+**t**[**1**]+**t**[**2**]-**400

**},**

**{**

'type'**:**'eq'**,**

'fun' **:** **lambda** t**:** t**[**3**]+**t**[**4**]-**250

**})**

bnc **=** **((**0**,** **None),(**0**,** **None),(**0**,** **None),(**0**,** **None),(**0**,** **None),(**0**,** **None),(**0**,** **None))**

**def** make\_plot**(**f2**,** f3**):**

fig **=** plt**.**figure**()**

ax **=** fig**.**add\_axes**((**0.15**,** 0.2**,** 0.7**,** 0.7**))**

ax**.**set\_xlabel**(**'F2'**)**

ax**.**set\_ylabel**(**'F3'**)**

ax**.**scatter**(**f2**,** f3**,** s**=**1**)**

plt**.**show**()**

**if** \_\_name\_\_**==**"\_\_main\_\_"**:**

f2 **=** **list()**

f3 **=** **list()**

file **=** **open(**"results.txt"**,** "w"**,** encoding**=**"utf-8"**)**

file**.**write**(**"w1\tw2\tw3\tx0\tx1\tx2\tx3\tx4\tx5\tx6\tF1\tF2\tF3\tF0\n"**)**

rng **=** **[**0.0**,** 0.1**,** 0.2**,** 0.3**,** 0.4**,** 0.5**,** 0.6**,** 0.7**,** 0.8**,** 0.9**,** 1.0**]**

**for** w1 **in** rng**:**

**for** w2 **in** rng**:**

**if** **(**w2 **<=** 1.0 **-** w1 **+** 1e-8**):**

w3 **=** **round(abs(**1.0 **-** w1 **-** w2**),** 1**)**

**print(**"%.1f\t %.1f\t %.1f" **%** **(**w1**,** w2**,** w3**))**

res **=** opt**.**minimize**(**fun**,** x0**=(**1**,** 1**,** 1**,** 1**,** 1**,** 1**,** 1**),** method**=**'SLSQP'**,** args**=(**w1**,** w2**,** w3**),** constraints**=**cons**,** bounds**=**bnc**,** options**={**'ftol'**:** 1e-6**})**

**print(**res**.**x**)**

res\_f0 **=** fun**(**res**.**x**,** w1**,**w2**,**w3**)**

**print(**'f(x,y) ='**,** res\_f0**,** end**=**'\n\n'**)**

res\_f1 **=** F1**(**res**.**x**)**

res\_f2 **=** F2**(**res**.**x**)**

f2**.**append**(**res\_f2**)**

res\_f3 **=** F3**(**res**.**x**)**

f3**.**append**(**res\_f3**)**

file**.**write**(**f"{w1}\t{w2}\t{w3}\t{res**.**x**[**0**]**}\t{res**.**x**[**1**]**}\t{res**.**x**[**2**]**}\t{res**.**x**[**3**]**}\t{res**.**x**[**4**]**}\t{res**.**x**[**5**]**}\t{res**.**x**[**6**]**}\t{res\_f1}\t{res\_f2}\t{res\_f3}\t{res\_f0}\n"**)**

file**.**close**()**

make\_plot**(**f2**,**f3**)**