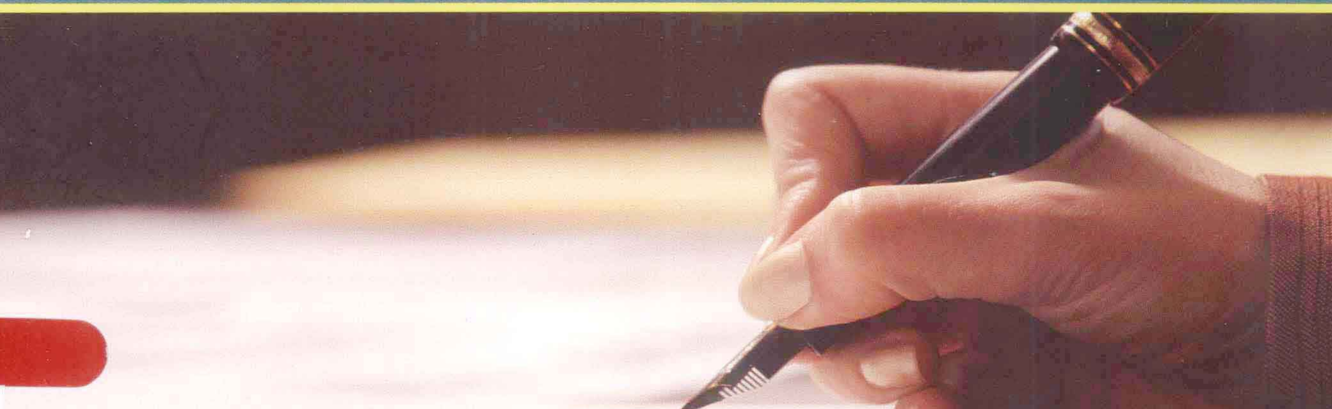
21世纪高等院校教材

# 运筹学实用教程
# 习题与解答

吴薇薇　宁宣熙　主编



科学出版社

21世纪高等院校教材

# 运筹学实用教程习题与解答

吴薇薇　宁宣熙　主编

科学出版社

## 内 容 简 介

本书是为使用普通高等教育“十一五”国家级规划教材《运筹学实用教程》（第三版）的高等院校各专业的教师及学生而编写的。本书包括线性规划、目标规划、动态规划、网络分析、决策论、对策论、存储论、排队论共8章的习题。针对每一章的课后习题，不仅给出正确答案，而且对要点进行详解，供学生学习课本知识使用。本书将《运筹学实用教程》前两版书后的各章节习题都包含在内，并在此基础上增加了具有典型性、代表性、突出重点内容的习题，使习题集的题型更具有实用性、内容更加丰富。

本书可作为学生学习、掌握运筹学理论和方法的重要辅助教材，也可作为教师备课使用的参考材料。

**图书在版编目(CIP)数据**

运筹学实用教程习题与解答/吴薇薇，宁宣熙主编．—北京：科学出版社，2013

21世纪高等院校教材

ISBN 978-7-03-037781-4

Ⅰ. ①运… Ⅱ. ①吴… ②宁… Ⅲ. ①运筹学-高等学校-题解 Ⅳ. ①O22-44

中国版本图书馆CIP数据核字（2013）第124107号

责任编辑：兰 鹏 / 责任校对：胡小洁

责任印制：徐晓晨 / 封面设计：蓝正设计

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码：100717

http://www.sciencep.com

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

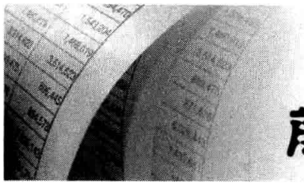
2013年6月第 一 版 开本：787×1092 1/16

2013年6月第一次印刷 印张：11 3/4

字数：265 000

**定价：25.00元**

（如有印装质量问题，我社负责调换）



# 前 言

本书是为使用普通高等教育“十一五”国家级规划教材《运筹学实用教程》（第三版）的高等院校各专业的教师及学生而编写的。其各章节顺序、内容与相应教材完全一致。编者考虑了教材的实用性，在注重习题类型全面的基础上，注意紧扣相应教材，尽量做到覆盖教材所有内容。选题时针对教材中的例题，选择具有典型性、代表性、突出重点内容的习题。本书中同类型习题的难易程度形成梯度，习题难度适中，并且适当增加重点内容的习题安排，对难度大的习题只作少量安排。

对于使用本书的自学者来说，正确使用它的方法是：通过模仿题解的反复练习，结合教材的讲解，认真领悟模型建立的要领、思路和具体步骤，从而能够举一反三，达到熟练掌握的目的。

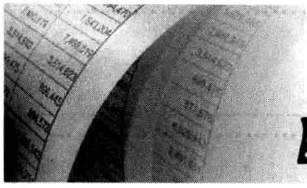
本书在编写过程中，编者将《运筹学实用教程》前两版书后的各章节习题及解答都包含在内，并加入了多年来积累的有代表性的习题，同时参考了国内外的许多同类教材，在此向其作者深表谢意。

本书的编写得到了学生们的极大帮助，有些习题是他们课上做的练习，有些则是他们在学习例题后讨论及改进的结果。在此对他们表示衷心的感谢。

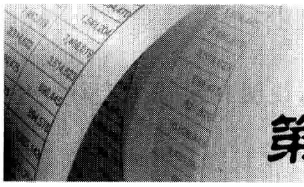
由于编者水平有限，不足之处在所难免，衷心希望广大读者不吝赐教。

编者

2013 年 4 月



# 目 录



# 第一章

# 线性规划的基本理论及其应用

## 第一节 判断题

1. 线性规划问题的可行解集不一定是凸集。(　　)

2. 若线性规划无最优解则其可行域无界。(　　)

3. 线性规划具有唯一最优解是指最优表中非基变量检验数全部非零。(　　)

4. 线性规划问题的每一个基本可行解对应可行域的一个顶点。(　　)

5. 若线性规划模型的可行域非空有界,则其顶点中必存在最优解。(　　)

6. 线性规划问题的大 $M$ 法中,$M$ 是负无穷大。(　　)

7. 单纯形法计算中,如不按最小比值原则选取换出变量,则在下一个解中至少有一个基变量为负。(　　)

8. 对于线性规划问题的基本可行解,若大于零的基变量数小于约束条件数,则解是退化的。(　　)

9. 一旦一个人工变量在迭代过程中变为非基变量后,则该变量及相应列的数字可以从单纯形表中删除,而不影响计算结果。(　　)

10. 线性规划目标函数中系数最大的变量在最优解中总是取正值。(　　)

11. 对一个有 $n$ 个变量、$m$ 个约束的标准型的线性规划问题,其可行域的顶点恰好为 $C_n^m$ 个。(　　)

12. 线性规划解的退化问题就是表明有多个最优解。(　　)

13. 如果一个线性规划问题有两个不同的最优解,则它有无穷多个最优解。(　　)

14. 单纯形法解线性规划问题时值为 0 的变量未必是非基变量。(　　)

15. 任何线性规划问题都存在并具有唯一的对偶问题。(　　)

16. 对偶问题的对偶问题一定是原问题。(　　)

17. 根据对偶问题的性质,当原问题为无界解时,其对偶问题无可行解;反之,当对偶问题无可行解时,其原问题具有无界解。(　　)

18. 若原问题有可行解,则其对偶问题也一定有可行解。(　　)

19. 若原问题无可行解，其对偶问题也一定无可行解。（　　）

20. 若原问题有最优解，其对偶问题也一定有最优解。（　　）

21. 已知 $y_i^*$ 为线性规划的对偶问题的最优解，若 $y_i^* > 0$，说明在最优生产计划中第 $i$ 种资源一定有剩余。（　　）

22. 原问题具有无界解，则对偶问题不可行。（　　）

23. 互为对偶问题，或者同时都有最优解，或者同时都无最优解。（　　）

24. 某公司根据产品最优生产计划，若原材料的影子价格大于它的市场价格，则可购进原材料扩大生产。（　　）

25. 对于线性规划问题，已知原问题基本解不可行，对偶问题基本解可行，则可采用对偶单纯形法求解。（　　）

26. 原问题（极小值）第 $i$ 个约束是"$\geqslant$"约束，则对偶变量 $y_i \geqslant 0$。（　　）

27. 线性规划问题的原单纯形解法，可以看做是保持原问题基本解可行，通过迭代计算，逐步将对偶问题的基本解从不可行转化为可行的过程。（　　）

28. 运输问题不能化为最小费用流问题来解决。（　　）

29. 运输问题一定有最优解。（　　）

30. 若运输问题的可行解退化，则存在等于零的数字格。（　　）

31. 运输问题是特殊的线性规划问题，表上作业法也是特殊形式的单纯形法。（　　）

32. 按最小元素法（或伏格尔法）给出的初始基可行解，从每一空格出发可以找出，而且仅能找出唯一闭合回路。（　　）

33. 如果运输问题单位运价表的某一行（或某一列）元素分别乘上一个常数 $k$，最优调运方案将不会发生变化。（　　）

34. 如果运输问题单位运价表的某一行（或某一列）元素分别加上一个常数 $k$，最优调运方案将不会发生变化。（　　）

35. 如果运输问题单位运价表的全部元素乘上一个常数 $k(k>0)$，最优调运方案不会发生变化。（　　）

36. 运输问题独立约束条件数 $n+m-1$ 个，变量数是 $nm$ 个，于是基变量数为 $nm-n-m$个。（　　）

37. 整数规划解得目标函数值一般优于其相应的线性规划问题的解得目标函数值。（　　）

38. 一个整数规划问题如果存在两个以上的最优解，则该问题一定有无穷多最优解。（　　）

39. 分支定界法在需要分支时必须满足：一是分支后的各子问题必须容易求解；二是各子问题解的集合必须覆盖原问题的解。（　　）

40. 整数规划的最优解是先求相应的线性规划的最优解然后取整得到。（　　）

41. 用分支定界法求解一个极大化的整数规划问题时，任何一个可行解的目标函数值是该问题目标函数值的下界。（　　）

42. 用分支定界法求解一个极大化的整数规划问题，当得到多于一个可行解时，通常可任取其中一个作为下界值，再进行比较剪支。（　　）

43. 求最大值的整数规划问题中，其松弛问题的最优解是整数规划问题最优解的上界。(　　)

44. 匈牙利算法是对指派问题求最小值的一种求解方法。(　　)

45. 指派问题效率矩阵的每个元素都乘上同一常数 $k$，将不影响最优指派方案。(　　)

46. 指派问题数学模型的形式同运输问题十分相似，故也可以用表上作业法求解。(　　)

47. 匈牙利算法是对指派问题求最小值的一种求解方法。(　　)

48. 应用匈牙利算法求解工作指派问题时，对不打钩的行和打钩的列画横线。(　　)

49. 求解效益最大的指派问题，可以用指派矩阵的最小元素减去该矩阵的各元素，得到新的指派矩阵，再用匈牙利算法求解。(　　)

## 第二节　建立模型

1. 某工厂准备生产三种型号的电冰箱，每台电冰箱所消耗的材料及所需要的人力及销售利润如表 1-1 所示。

**表 1-1**

| 项目内容 | $A$ | $B$ | $C$ |
|---|---|---|---|
| 工时(小时/台) | 7 | 3 | 6 |
| 材料(千克/台) | 40 | 40 | 50 |
| 利润(元/台) | 50 | 40 | 30 |

材料供应每天 2 000 千克，而劳力每天最多有 150 小时，为使该工厂获得最大利润，每天应生产 $A$、$B$、$C$ 三种型号的电冰箱各多少台？(列出数学模型)

2. 某种混合酒是由三种不同的酒 $A$、$B$、$C$ 混合而成。根据配方规格的不同，混合酒分为甲、乙、丙三级。它们的配方规格及售价如表 1-2 所示。

**表 1-2**

| 级别 | 配法规格 | 售价/(元/斤*) |
|---|---|---|
| 甲级混合酒 | $A$ 含量不少于 60%<br>$C$ 含量不多于 20% | 6.8 |
| 乙级混合酒 | $A$ 含量不少于 15%<br>$C$ 含量不多于 60% | 5.7 |
| 丙级混合酒 | $C$ 含量不多于 50% | 4.5 |

*1 斤=0.5 千克

$A$、$B$、$C$ 三种酒的每天供应量及购买价格如表 1-3 所示。

**表 1-3**

| 品种 | 每天最大供应量/斤 | 价格/(元/斤) |
|---|---|---|
| $A$ | 2 000 | 7 |
| $B$ | 2 500 | 5 |
| $C$ | 1 200 | 4 |

试问如何制订生产计划,才能使工厂利润最大?(列数学模型)

3.(配料问题)某动物园饲养了一批珍贵动物。在这些动物的生长过程中,蛋白质、维生素、脂肪和纤维素 4 种营养成分不可或缺。每只动物每天必须至少摄取 500 克蛋白质、6 克维生素、10 克脂肪及 8 克纤维素。已知每种饲料每千克所含的营养成分和饲料的单价如表 1-4 所示。如果你是该动物园的管理员,请表述一个可以用最小成本来满足这些动物正常生长的营养方案。

**表 1-4**

| 饲料类型 | 蛋白质/克 | 维生素/克 | 脂肪/克 | 纤维素/克 | 价格/(元/千克) |
|---|---|---|---|---|---|
| 玉米 | 400 | 3 | 2 | 2 | 5 |
| 燕麦 | 200 | 2 | 2 | 4 | 8 |
| 鸡肉 | 300 | 1 | 4 | 0 | 8 |
| 牛肉 | 500 | 2 | 6 | 0 | 15 |

4.(劳动力调度问题)某空管站,每天飞机的流量不同,因此所需的空管人员也不尽相同。经过统计分析发现,该空管站对空管的每日需求量如表 1-5 所示。按照规定,空管工作 3 天后,连续休息 2 天。问应如何安排空管的作息,才既能满足工作需要,又使该站的日空管人数最少?请为该问题建立数学模型。

**表 1-5**

| 工作日 | 需要最少的空管人数/人 |
|---|---|
| 星期一 | 15 |
| 星期二 | 18 |
| 星期三 | 25 |
| 星期四 | 19 |
| 星期五 | 31 |
| 星期六 | 45 |
| 星期日 | 47 |

5.（运输问题）现从仓库 1、仓库 2 运输物资到 3 个部队（部队 1、部队 2、部队 3），仓库的库存量、各部队的需求量及每吨的运费如表 1-6 所示，问应采取哪种方案，以使总运费达到最小？

表 1-6

| 项目 | | 部队 1 | 部队 2 | 部队 3 | 库存量/吨 |
|---|---|---|---|---|---|
| 每吨运费 | 仓库 1 | 1 | 2 | 3 | 60 |
| | 仓库 2 | 2 | 1 | 4 | 40 |
| 需求量/吨 | | 40 | 25 | 35 | — |

6.（火力分配问题）假设某部队将 $m$ 种不同类型的导弹 $D_1$，$D_2$，…，$D_m$ 对 $n$ 个独立目标 $M_1$，$M_2$，…，$M_n$ 进行攻击，$D_i$ 类导弹的数量为 $m_i$，它对 $M_j$ 类目标的击毁概率为 $p_{ij}$，示意图如图 1-1 所示。现在规定只对各目标发一枚导弹，问对各目标发射哪种导弹，可使总的目标毁伤率最大？

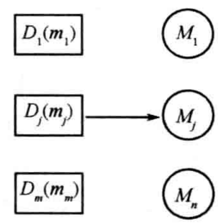



图 1-1

## 第三节　用图解法解下列线性规划问题

1. $\max z=3x_1+2x_2$

$$\text{s.t.}\begin{cases}2x_1+4x_2\leqslant 22\\-x_1+4x_2\leqslant 10\\2x_1-x_2\leqslant 7\\x_1-3x_2\leqslant 1\\x_1,x_2\geqslant 0\end{cases}$$

2. $\max z=2x_1+x_2$

$$\text{s.t.}\begin{cases}x_2\leqslant 10\\2x_1+5x_2\leqslant 60\\x_1+x_2\leqslant 18\\3x_1+x_2\leqslant 44\\x_1,x_2\geqslant 0\end{cases}$$

3. $\max z=-3x_1+2x_2$

$$\text{s.t.}\begin{cases}x_1\leqslant 3\\x_1-x_2\leqslant 0\\x_1,x_2\geqslant 0\end{cases}$$

4. $\max z=3x_1-2x_2$

$$\text{s. t.}\begin{cases}x_1+x_2\leqslant 1\\2x_1+2x_2\geqslant 4\\x_1,x_2\geqslant 0\end{cases}$$

5. $\max z=4x_1+3x_2$

$$\text{s. t.}\begin{cases}-3x_1+2x_2\leqslant 6\\-x_1+3x_2\geqslant 18\\x_1,x_2\geqslant 0\end{cases}$$

6. $\max z=2x_1+3x_2$

$$\text{s. t.}\begin{cases}x_1+2x_2\leqslant 8\\4x_1\leqslant 16\\x_1,x_2\geqslant 0\end{cases}$$

7. 某工厂用甲、乙两种配件生产 $A$、$B$ 两种产品，每生产一件 $A$ 产品使用 4 个甲配件并耗时 1 小时，每生产一件 $B$ 产品使用 4 个乙配件并耗时 2 小时，该厂每天最多可从配件厂获得 16 个甲配件和 12 个乙配件，按每天工作 8 小时计算，该厂所有可能的日生产安排是什么？若生产一件 $A$ 产品获利 2 万元，生产一件 $B$ 产品获利 3 万元，采用哪种生产安排获得的利润最大？

## 第四节　用单纯形法解下列线性规划

1. $\max z=2x_1+x_2$

$$\text{s. t.}\begin{cases}x_2\leqslant 10\\2x_1+5x_2\leqslant 60\\x_1+x_2\leqslant 18\\3x_1+x_2\leqslant 44\\x_1,x_2\geqslant 0\end{cases}$$

2. $\max z=4x_1+3x_2+6x_3$

$$\text{s. t.}\begin{cases}3x_1+x_2+3x_3\leqslant 30\\2x_1+2x_2+3x_3\leqslant 40\\x_1,x_2,x_3\geqslant 0\end{cases}$$

3. 现有线性规划问题：$\min z=2x_1+x_2-5x_3-x_4$

$$\text{s. t.}\begin{cases}3x_1+x_4\leqslant 25\\x_1+x_2+x_3+x_4=20\\4x_1+6x_3\geqslant 5\\2\leqslant 2x_2+3x_3+2x_4\leqslant 30\\x_1,x_2,x_3\geqslant 0,x_4\text{ 无非负要求}\end{cases}$$

(1)化为标准型；

(2)列出初始单纯形表。

## 第五节 建立模型并用单纯形法求解

1. 某运输公司运输甲、乙两种产品，有 $A$、$B$ 两种机型可供选择，$A$ 一次可运 20 件甲产品以及 30 件乙产品，$B$ 一次可运 40 件甲产品以及 20 件乙产品，每种机型可运产品数量如表 1-7 所示(由于航班有限，飞机必须装满货仓才可获得航班)。问：如何安排飞机数量，才能在保障产品运输情况下，使利润最大？

**表 1-7**

| 产品 | $A$ | $B$ | 可运数量/件 |
|---|---|---|---|
| 甲 | 20 | 40 | 1 600 |
| 乙 | 30 | 20 | 1 800 |
| 预期运输利润/(元/件) | 500 | 800 | — |

2. 某农场现准备开垦 $A$、$B$、$C$、$D$ 四种农田，根据现在的市价，1 亩[①] $A$、$C$、$D$ 农田每年可分别盈利 3 000 元、2 000 元、5 000 元，1 亩 $B$ 农田亏损 3 000 元；但 $B$ 农田的生产物可作为其他农田必需的营养肥料，每亩 $A$、$C$、$D$ 农田各需要 4、2、1 单位的肥料，每亩 $B$ 可生产 1 单位的肥料，为以防万一，每次要有 2 单位的肥料备用。若遇到自然灾害多发年，$A$、$C$、$D$ 农田每亩各亏损 2 000 元、1 000 元、2 000 元，而 $B$ 农田反而可以靠卖肥料每亩盈利3 000元(正常状况下市场对肥料无需求)，农场规定在自然灾害多发年总收入至少为2 000 元。管理 $A$、$B$、$C$、$D$ 农田各需要 1 人、1 人、3 人、1 人，现农场有 14 人空闲。问：如何安排才能使农场在正常状况下获利最大。

3. 某飞机制造厂能够自行生产 $A$、$B$、$C$ 三种民用飞机钛合金零部件，这三种零部件均要经过铸造工艺、机械加工和钣金工艺三个流程。同时该制造厂 $A$、$B$ 两种产品的铸造工艺也可以进行外包协作，但 $C$ 产品必须自行铸造才能保证质量，相关内容见表 1-8。该制造厂可利用的总工时为：铸造工艺 8 000 小时、机械加工 14 400 小时和钣金工艺10 200 小时。该飞机制造厂应该如何统筹安排自行生产和外包生产三种零部件的数目，才能获得最大利润。

**表 1-8**

| 工时与成本 | $A$ | $B$ | $C$ |
|---|---|---|---|
| 每件产品铸造工时/小时 | 5 | 10 | 15 |
| 每件产品机械加工工时/小时 | 6 | 4 | 8 |
| 每件产品钣金工艺工时/小时 | 3 | 2 | 2 |
| 自行生产铸件成本/千元 | 3 | 5 | 4 |
| 外包生产铸件成本/千元 | 6 | 6 | — |
| 机械加工每件成本/千元 | 2 | 1 | 3 |
| 钣金工艺每件成本/千元 | 3 | 2 | 1 |
| 每件产品售价/千元 | 23 | 18 | 16 |

① 1 亩≈666.67 米$^2$

4. 某货运航空公司拥有的机队类型、飞机数量以及计划期内各条航线的货运量、货运成本如表 1-9，表 1-10 所示。现在该航空公司承运某批国际货物的运输，货运单规定：欧洲航线运输货物 1 080 吨，美洲航线运输货物 2 000 吨。航空公司应该如何编制机队，才能在完成运输任务的同时使总货运成本最小？

**表 1-9**

| 航线 | 机队类型 | 编队形式 | | | 货运成本/(千元/队) | 货运量/吨 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $A$ 型飞机 | $B$ 型飞机 | $C$ 型飞机 | | |
| 欧洲 | 1 | 1 | 2 | — | 36 | 330 |
| | 2 | 2 | 1 | — | 36 | 360 |
| 美洲 | 3 | 1 | 1 | 1 | 72 | 400 |
| | 4 | 1 | — | 1 | 27 | 300 |

**表 1-10**

| 飞机类型 | 数量/架 |
|---|---|
| $A$ 型飞机 | 12 |
| $B$ 型飞机 | 9 |
| $C$ 型飞机 | 7 |

## 第六节 用对偶单纯形法求解线性规划问题

1. 求下列线性规划的对偶问题：

(1) $\max z = 60x_1 + 50x_2$

$$\text{s. t.} \begin{cases} x_1 + 2x_2 \leqslant 40 \\ -2x_1 + x_2 \leqslant -6 \\ x_1 + x_2 \leqslant 25 \\ x_1, x_2 \geqslant 0 \end{cases}$$

(2) $\max z = 24x_1 + 28x_2$

$$\text{s. t.} \begin{cases} 4x_1 + 6x_2 = 48 \\ x_1 \leqslant 9 \\ x_2 \leqslant 7 \\ x_1, x_2 \geqslant 0 \end{cases}$$

(3) $\min z = 2x_1 + x_2 - 6x_3 - x_4$

$$\text{s. t.} \begin{cases} 3x_1 + x_4 \leqslant 25 \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 20 \\ 4x_1 + 6x_3 \geqslant 5 \\ 2 \leqslant 2x_2 + 3x_3 + 2x_4 \leqslant 30 \\ x_1, x_2, x_3 \geqslant 0, x_4 \text{ 无非负要求} \end{cases}$$

(4) $\min f=-6x_1-4x_2$

$$\text{s.t.}\begin{cases}-1x_1-2x_2\geqslant 4\\-2x_1+x_2\geqslant 2\\x_1\geqslant 0,x_2\geqslant 0\end{cases}$$

(5) $\min f=5x_1+3x_2$

$$\text{s.t.}\begin{cases}-2x_1+3x_2\geqslant 6\\3x_1-6x_2\geqslant 4\\x_1\geqslant 0,x_2\geqslant 0\end{cases}$$

2. 用对偶单纯形法解：$\min z=20x_1+10x_2$

$$\text{s.t.}\begin{cases}5x_1+x_2\geqslant 6\\2x_1+2x_2\geqslant 8\\x_1,x_2\geqslant 0\end{cases}$$

3. 现有线性规划问题：$\max z=2x_1-x_2+x_3$

$$\text{s.t.}\begin{cases}3x_1-2x_2+2x_3\leqslant 15\\x_1-x_2-x_3\geqslant -3\\x_1-x_2+x_3\leqslant 4\\x_1,x_2,x_3\geqslant 0\end{cases}$$

用单纯形法求最优解和资源 1、资源 2、资源 3 的影子价格。

4. 有线性规划问题如下：$\min f=2x_1+4x_2+6x_3$

$$\text{s.t.}\begin{cases}2x_1-1x_2+x_3\geqslant 10\\x_1+2x_2+2x_3\leqslant 12\\2x_2-x_3\geqslant 4\\x_j\geqslant 0,j=1,2,3,\cdots\end{cases}$$

(1)用单纯形法求解该问题。

(2)用对偶单纯形法求解该问题。

5. 求解线性规划：$\min z=20x_1+15x_2$

$$\text{s.t.}\begin{cases}2x_1+x_2\geqslant 5\\-3x_1+2x_2\leqslant 3\\x_1+x_2\geqslant 3\\x_1,x_2\geqslant 0\end{cases}$$

6. 用对偶单纯形法解：$\min z=10x_1+8x_2+7x_3$

$$\text{s.t.}\begin{cases}2x_1+x_2\geqslant 4\\x_1+x_2+x_3\geqslant 3\\x_1,x_2,x_3\geqslant 0\end{cases}$$

7. 用对偶单纯形法求解：$\min w=3x_1+3x_2$

$$\text{s. t.}\begin{cases}2x_1+3x_2\leqslant 18\\ x_1-x_2\geqslant 2\\ x_1+3x_2\geqslant 10\\ x_1,x_2\geqslant 0\end{cases}$$

## 第七节 灵敏度分析

1. 现有线性规划问题：$\max z=2x_1-x_2+x_3$

$$\text{s. t.}\begin{cases}3x_1-2x_2+2x_3\leqslant 15\\ -x_1+x_2+x_3\leqslant 3\\ x_1-x_2+x_3\leqslant 4\\ x_1,x_2,x_3\geqslant 0\end{cases}$$

(1)用单纯形法求解；

(2)如果$\begin{bmatrix}b_1\\b_2\\b_3\end{bmatrix}$由$\begin{bmatrix}15\\3\\4\end{bmatrix}$变成$\begin{bmatrix}20\\4\\2\end{bmatrix}$,求最优解；

(3)如果 $x_3$ 的价值系数由 1 变为 2,最优解该如何变化？

(4)如果 $x_1$ 的价值系数由 2 变为 3,最优解该如何变化？

(5)如果 $x_3$ 的系数$\begin{bmatrix}c_3\\a_{13}\\a_{23}\\a_{33}\end{bmatrix}$由$\begin{bmatrix}1\\2\\1\\1\end{bmatrix}$变成$\begin{bmatrix}4\\3\\2\\1\end{bmatrix}$,最优解该如何变化？

(6)如果增加一个新的约束条件 $2x_1+x_2+2x_3\leqslant 60$,问最优解该如何变化？

2. 某木器厂生产椅子和桌子两种产品,已知售出每把椅子可获利 15 元,售出一张桌子可获利 30 元。在生产过程中有两个关键工序：精刨和装配,已知每只椅子需要 4 小时的精刨和 2 小时的装配,每张桌子需要 5 小时的精刨和 4 小时的装配。已知该厂精刨的生产能力是 200 小时,装配的能力是 240 小时。根据市场预测椅子的最大需求量是 40 把,桌子的最大需求量是 28 张,经理希望最大产量不超过需求量。

(1)试用线性规则模型求解该厂最佳生产计划安排。

(2)假设最新市场预测表明椅子可以销售 30 把,桌子 35 张。这样是否会改变最优生产计划安排。

3. 已知线性规划问题：$\max z=2x_1-x_2+x_3$

$$\text{s. t.}\begin{cases}x_1+x_2+x_3\leqslant 6\\ -x_1+2x_2\leqslant 4\\ x_1,x_2,x_3\geqslant 0\end{cases}$$

(1)用单纯形法求解；

(2)如果目标函数变为 $\max z=x_1+3x_2+x_3$,最优解该如何变化？