五一数学建模竞赛

承　诺　书

我们仔细阅读了五一数学建模竞赛的竞赛规则。

我们完全明白，在竞赛开始后参赛队员不能以任何方式（包括电话、电子邮件、网上咨询等）与本队以外的任何人（包括指导教师）研究、讨论与赛题有关的问题。

我们知道，抄袭别人的成果是违反竞赛规则的， 如果引用别人的成果或其它公开的资料（包括网上查到的资料），必须按照规定的参考文献的表述方式在正文引用处和参考文献中明确列出。

我们郑重承诺，严格遵守竞赛规则，以保证竞赛的公正、公平性。如有违反竞赛规则的行为，我们愿意承担由此引起的一切后果。

我们授权五一数学建模竞赛组委会，可将我们的论文以任何形式进行公开展示（包括进行网上公示，在书籍、期刊和其他媒体进行正式或非正式发表等）。

参赛题号（从 A/B/C 中选择一项填写）： C

参赛队号： B20068917

参赛组别（研究生、本科、专科、高中）： 本科

所属学校（学校全称）： 安徽科技学院

参赛队员： 队员 1 姓名： 王承龙

队员 2 姓名： 韩金宇

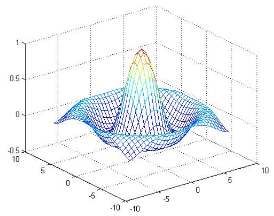
队员 3 姓名： 周少杰

联系方式： Email： 1292917512@qq.com　联系电话： 13295563344

日期： 2020 年 5 月 4 日

（除本页外不允许出现学校及个人信息）

五 一 数 学 建 模 竞 赛



题 目：饲料混合加工问题的数学模型

关键词：饲料混合加工 非线性 0-1 混合整数规划 LINGO 软件 多目标模糊规划

摘 要：

本文主要针在对饲料混合加工问题上的研究，通过非线性 0-混合整数规划、多元线性回归模型，多目标模糊加权规划，建立饲料混合的的非线性区域，并通过 LINGO 软件求出一定区域最优解。

问题一中，求两个材料之间的亲缘度，可以通过比较基因序列相同的数量，并统计相同的数量，保存在一个行列均为材料种类数目的矩阵，此时，每两种材料编号对应的行列对应的就是两种材料的亲缘度。

问题二中，求饲料质量最高混合方案，可以理解为窖中材料亲缘度与对应窖质量的乘积之和。将窖的加工重量限制，材料的数量限制，以及材料的亲缘度关系，将判断是否窖中有此材料为目的，引入 0-1 决策变量，建立了一个非线性 0-1 混合整数规划模型，通过 LINGO 求其最高质量为:32423.17。此时，对应 9 个加工包的亲缘度分别约为: 5.0、7.5、5.5、4.3、3.7、4.0、9.0、4.7、4.2。

问题三中，同问题二一样，对窖和材料的限制，列出相应的约束条件，将加工包效能率是否大于 80%作为依据，引入 0-1 决策变量，将加工包效能大于 80%的数量作为非线性目标，建立这个非线性 0-1 混合整 u 数规划模型的目标函数。

问题四中，在问题三的基础上多了一个目标，需构建多目标非线性 0-1 混合整数规划模型，决定窖是否加工引入需要加入新的 0-1 决策变量，模糊数学规划方法，将加工成本和加工包大于 80%的窖的数量两个目标转化为但目标，从而求出改模型的模糊最优解。

问题五中，同样是建立多目标非线性 0-1 混合整数规划模型，相对问题四，多出了问题一的饲料质量这个目标，将饲料质量，加工成本，平均能耗率超过就 80%的加工包数量用模糊数学规划方法，求出模糊最优解。

一、 问题重述

1.1 背景

饲料行业一直遭受着社会不公平的评价和误解，无论是行业价值、社会贡献还是科技含量。预混饲料的研发涉及到动物营养， 是实实在在的高科技行业；饲料行业的发展为人类生存提供了几乎大部分不可或缺的动物蛋白来源，社会贡献和行业价值相当凸出。但长期以来，饲料行业承受着上游原料涨价和下游涨价难的双重压迫，毛利好的时候也就 10%左右，销售利润率仅为 3%，为了让饲料加工能够更加能够带来经济效应，提高收入，让饲料加工变得更优，是有必要研究的，饲料工厂加工饲料，从原料到成品的流程当中存在很多问题，原料本身有效能率，加工时还需要考虑到材料的特性，有的材料不能单独加工，有的单独加工必须要有足够的量，由此一般情况会用混合加工，而混合加工中存在不同种材料中有亲缘度的问题，会导致成品的质量有所不同。同时，在加工的过程中还需要考虑到加工成本。

1.2 需要解决的问题

某工厂有 9 个加工窖，要将 16 个加工原料一次性放入窖中加工，一个加工窖的混合产品称为一个加工包，且单独加工一种材料要大于 500 千克，其中品种代码为 10 的不可以单独成为加工包。为了保证加工质量，每种加工原料必须要有亲缘关系才能加工，亲缘关系是根据 16 种材料的基因序列所决定的，经过测量已经知道了这 16 种材料的基因序列，两种材料的亲缘度为其基因序列相同个数，多种材料为其每两种之和的平均值。

(1)求 16 种材料每两个的亲缘度。

(2)求 16 种材料放入 9 个加工窖中饲料的最高质量混合方案。

(3)求 16 种材料放入 9 个加工窖中，加工窖中能耗率超过 80%的包最多的情况，并将混合方案每个加工包的能耗率填入表 3。

(4)允许部分加工窖不生产，用尽量低的加工成本完成整个加工任务，同时要求平均能耗率超过 80%的加工包尽量的多。

(5)允许部分加工窖不生产，但必须完成整个加工任务，使得饲料质量尽量高，加工成本尽量低，平均能耗率超过 80%的加工包尽量多。

二、 问题分析

2.1 问题一的分析

问题一要求根据题目提供的品种代码及位点基因序列，对 16 个加工原料两两之间的亲缘值进行分析，加工原料的两两亲缘值为两个加工原料相同位点相同基因序列的数目。通过这个特点我们可以尝试构建一个矩阵保存每两个材料计算得出的亲缘值。

2.2 问题二的分析

问题二要求将 16 个加工原料进行混合全部放入 9 个加工窖中，并求出饲料质量最高的混合方案并给出每个加工包的亲缘度，可以看出，这是求最优的问题，给了限定的条件，应该是规划问题，这个质量可以理解成是亲缘度和对应亲缘度材料的质量之积，可以通过求出 9 个窖中亲缘度和对应窖的质量之积的和，来作为这个模型的目标函数进行求解。

2.3 问题三的分析

问题三和问题二同样，要求求出平均能耗率超过 80%的加工包数量最多的混合方案并给出每个加工包的能耗率。即要求一次性全部加工完毕，且要求能耗率最高。只是优化目标变为“能耗率>0.8 的加工包数”。

2.4 问题四的分析

不同于前面的问，在问题三的基础上要求用尽量低的加工成本完成整个加工任务，既要使得总成本最小，又要满足平均能耗率超过 80%的加工包尽量的多。可以看出是一个多目标规划问题，可以通过利用模糊数学方法，来将两个目标转化为一个目标函数。

2.5 问题五的分析

相似于问题四，多了一个问题一所产生目标函数，可以同样利用模糊数学方法将多目标饲料质量、加工成本、平均能耗率超过 80%的加工包的量、转化为单一目标变量进行求解。

三、 模型假设

假设 1：每次倒入原料都是按千克为单位。

假设 2：LINGO 求解全局条件运行一个小时过后默认将此局部最优解作为所求目标。

假设 3：忽略产品在窑中可能产生残留。

假设 4：将产品质量看成是亲缘度与相对材料质量的积。

四、 符号说明

为便于问题的求解，本文给出以下符号说明：

序号	符号	意义
1	i	加工窑编号
2	j，k	加工原料编号
3	UL_i	第 i 个加工窑的上限
4	DL_i	第 i 个加工窑的下限
5	x_{ij}	第 j 种原料放入第 i 个窑的质量
6	Q_{jk}	j，k 两种原料的亲缘度
7	y_{ij}	是否将第 j 种原料放入 i 加工窑中
8	KMQ_i	第 i 个加工窑窑中的总质量
9	KQ_i	第 i 个加工窑中所有亲缘值之和
10	NM_i	第 i 个窑中加工材料的种类数量
11	MQ_j	饲料质量
12	E	表示材料效能率

13	RMQ_i	第 i 个窖中实际产出产品质量
14	KY_i	第 i 个窖是否工作
15	IC_i	第 i 个窖的点火成本
16	PC_i	第 i 个窖的加工成本
17	$WKYN$	工作窖总数
18	$BKYN$	加工包亲缘度
19	TC	总成本
20	TQ	总质量
21	TP	平均能耗率超过 80%的加工包占比

五、 模型建立与问题求解

5.1 问题一亲缘度矩阵的构建

求每两个材料之间的亲缘度，所以每两种材料之间是相互对应的关系，可以利用矩阵来保存两材料之间的亲缘值，亲缘值的大小可以通过将基因序列编写为数组，比较每两个之间的对应数量 MGN_{jk}：

$$MGN_{jk} = \sum_{n=1}^{10} 1_{(MG_{jn} = MG_{kn})}, (j = 1\ldots16, k = 1\ldots16) \tag{5-1}$$

$1_{(MG_{jn} = MG_{kn})}$为示性函数，当 $MG_{jn} = MG_{kn}$值为 1 否则为 0

将计算结果填入矩阵当中：

列1	列2	列3	列4	列5	列6	列7	列8	列9	列10	列11	列12
10	5	4	4	6	3	3	4	4	5	3	5
5	10	6	3	6	1	1	2	2	3	3	4
4	6	10	7	5	3	4	3	3	4	1	2
5	4	8	10	5	3	4	4	4	5	1	2
7	7	6	5	10	4	3	4	3	7	4	5
4	2	4	3	4	10	6	5	3	5	3	3
4	2	5	4	3	6	10	7	4	3	1	2
4	2	3	3	3	4	6	10	5	4	2	3
5	3	4	4	3	3	4	6	10	4	2	3
5	3	4	4	6	4	2	4	3	10	4	5
7	7	5	4	7	6	4	6	5	8	10	8
6	5	3	2	5	3	2	4	3	6	5	10
6	5	4	3	4	5	3	4	4	6	6	7
5	4	3	3	3	4	3	3	3	5	5	7
5	5	3	5	3	3	2	4	4	6	4	7
7	5	6	5	6	5	4	6	6	7	5	8

图 5-1 亲缘度矩阵

5.2 问题二的模型建立与求解

通过分析已经确立了本题是一个规划问题，根据题目所给条件进行对约束条件进行求最优值，其中线性目标函数是求加工包的亲缘度与对应加工包中材料质量之和的最大值。

5.2.1 引入决策变量

①如果要求每个窖中的亲缘值则必须先要知道，这个窖中的这个材料是否在此窖中，将x_{ij}表示第 i 个窖种 j 材料的重量，引入 0-1 决策变量y_{ij}表示 i 窖中是否有 j 材料，有则为 1，无则为 0：

$$y_{ij}=\begin{cases}0\ , & \mathrm{x}_{ij}=0\\1\ , & \mathrm{x}_{ij}\neq 0\end{cases}\left(i=1\cdots 9,\ j=1\cdots 16\right) \tag{5-2}$$

②由于题目给出了当某种材料单独加工时必须要大于500千克且第10种材料不能单独加工，NM_i是第 i 个个窖中材料的数量，当为材料 10 时，规定NM_i必须大于 2，KMQ_i是第 i 个窖中的材料重量当单独生产时规定此窖中生产的重量要大于 500

$$NM_i\geqslant\begin{cases}2,\ j=10\\0,\ j\neq 10\end{cases}\left(i=1\cdots 9,\ j=1\cdots 16\right) \tag{5-3}$$

$$KMQ_i\geqslant\begin{cases}500\ , & NM_i=1\\0\ , & NM_i\neq 1\end{cases}(i=1\cdots 9) \tag{5-4}$$

③根据决策变量y_{ij}求出亲缘值 KQ_i， 其中 Q_{jk}表示 jk 两种材料的亲缘值 此时的亲缘值是材料总亲缘值的两倍，

$$KQ_i=\frac{1}{2}\sum_{j=1,\ k=1}^{16}\begin{cases}0 & ,\ j=k\\y_{ij}*y_{ik}*Q_{jk}, & j\neq k\end{cases}(i=1\cdots 9) \tag{5-5}$$

5.2.2 相关量的求值和线性约束条件

①求第 i 个窖中加工包的重量 KMQ_i ：

$$KMQ_i=\sum_{j=1}^{16}x_{ij}\,(i=1\cdots 9) \tag{5-6}$$

②根据加工窖加工重量上下限约束 KMQ_i，其中 DL_i表示第 i 个窖的下限 UL_i表示第 i 个窖的上限：

$$DL_i\leqslant KMQ_i\leqslant UL_i(i=1\cdots 9) \tag{5-6}$$

③根据决策变量y_{ij}求出第 i 个中存在材料的个数 NM_i：

$$NM_i = \sum_{j=1}^{16} y_{ij}\,(i = 1\cdots9) \qquad (5\text{-}7)$$

④根据材料总量确定的线性约束条件：

$$\sum_{i=1}^{9} x_{ij} = MQ_j(j = 1\ldots16) \qquad (5\text{-}8)$$

5.2.3 确立目标函数

根据所求目标，每个窖的亲缘值是由窖中所有组合的亲缘值比上对应数量的材料关于 2 的组合，所以目标函数为：

$$max = \sum_{i=1}^{9} \frac{2*KMQ_{(i)}KQ_i}{NM_i*(NM_i-1)} \qquad (5\text{-}9)$$

5.2.4 模型的求解

综合上述所有条件，此是一个非线性 0-1 混合整数规划问题，LINGO 对于解决这类问题有着很好的效果，可以将约束条件输入到 LINGO 当中，求出对应的非线性 0-1 混合整数规划的部分区域解最大值为 32423.17，其中对应的每个加工包的亲缘度如下图所示：

1	加工窑编号	加工包亲缘度
2	1	5.000000
3	2	7.500000
4	3	5.500000
5	4	4.333333
6	5	3.666667
7	6	4.000000
8	7	9.000000
9	8	4.666667
10	9	4.166667

图 5-2 加工包亲缘度

5.3 问题三的模型建立与求解

相对于问题二，问题三更换了目标函数，此题的目标函数为平均能耗率超过 80%的加工包数量最多的混合方案，要求给出每个加工包的能耗率。保持问题 2 模型的约束条件不变，在此基础上增加约束条件和改变目标函数。

5.3.1 约束条件和目标函数

①能耗率是总的能耗率，每一个材料都有固定的能耗率，而能耗率可以理解为原材料经过加工过后产品的质量比上原材料的质量，所以说加工包的能耗率是每个材料产品质量之和比上加工包质量。其中加工包的产品质量 RMQ_i：

$$RMQ_i = \sum_{i=1}^{9} x_{ij} * E_j\ \ (i = 1\ldots9) \qquad (5\text{-}10)$$

②根据能耗率的规则 RMQ_i/KMQ_i就是加工包的能耗率，通过引入 0-1 决策，当加工包能耗率大于 0.8 时为 1，列出目标函数：

$$\max = \sum_{i=1}^{9}\begin{cases}1，RMQ_i/KMQ_i > 0.8 \\ 0，其它\end{cases} \quad (5\text{-}11)$$

5.3.2 对模型进行求解

综合上所有条件，将线性约束条件输入到 LINGO 软件当中，求出对应的非线性 0-1 混合整数规划的解，其中最大值为 9，表明此数据下，9 个加工窑的平均效能率均在 80%以上。对应每个窑中材料占比如下图

表 3 问题 3 的结果（每个加工窑所含每种加工原料的重量，千克）

工窑 加工 原料	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	300.0	0.0	0.0
2	0.0	37.0	0.0	0.0	224.0	0.0	0.0	0.0	239.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	200.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	176.0	324.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	300.0	0.0	0.0
6	79.0	0.0	0.0	222.0	0.0	99.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	210.0
8	300.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0	29.0	8.0	0.0	0.0	0.0	363.0
10	0.0	0.0	211.0	0.0	0.0	0.0	0.0	389.0	0.0
11	0.0	5.0	1.0	0.0	0.0	94.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	88.0	1.0	511.0	0.0
13	0.0	0.0	0.0	500.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	40.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	299.0	0.0	61.0
15	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	298.0
16	0.0	273.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.0
能耗率	0.848400955	0.800126984	0.818609272	0.800066401	0.873684211	0.819702479	0.820077778	0.801866667	0.822537563

5.4 问题四的模型建立与求解

在问题三的基础上要求用尽量低的加工成本完成整个加工任务，既要使得总成本最小，又要满足平均能耗率超过 80%的加工包尽量的多。可以看出是一个多目标规划问题，可以通过利用模糊数学方法，来将两个目标转化为一个目标函数。

5.4.1 模型的约束条件

①根据窑是否加工生产引入决策变量 KY_i表示第 i 个窑是否进行生产：

$$KY_i=\begin{cases}0,\ \mathrm{KMQ}_i=0\\1,\ \mathrm{KMQ}_i\neq 0\end{cases}(i=1\ldots 9) \tag{5-12}$$

②根据决策变量 KY_i计算出工作的所有在工作窑的数量之和 WKYN

$$WKYN=\sum_{i=1}^{9}KY_i \tag{5-13}$$

③根据已知条件 RMQ_i材料的产品质量和 KMQ_i每个窑的原料质量，可以列出决策变量每个窑的耗能能耗率超过 80%的加工包

$$BKY_i=\begin{cases}1,\ RMQ_i/KMQ_i>0.8\\ \quad 0,\ 其它\end{cases}(i=1\ldots 9) \tag{5-14}$$

④根据决策变量 BKY_i每个窑的耗能能耗率超过 80%的加工包可以求出超过 80%的窑的数量，用决策量表示为：

$$BKYN=\sum_{i=1}^{9}A=\begin{cases}\quad 0,\ KMQ_i=0\\BKY_i,\ KMQ_i\neq 0\end{cases} \tag{5-15}$$

⑤根据③与④推出耗率超过 80%的加工包的概率 TP：

$$TP=\frac{BKYN}{WKYN} \tag{5-16}$$

⑥总加工成本为点火成本和加工成本之和，而点火成本可以通过决策变量 KY_i来确定，已知产品点火成本 IC_i，和加工成本 PC_i，可以求得加工总花费的成本 TC：

$$TC=\sum_{i=1}^{9}(KY_i*IC_i+KMQ_i*PC_i) \tag{5-17}$$

⑦想要从多目标中提出单目标函数，需利用模糊数学方法。求花费成本尽量小，满足平均能耗率超过 80%的加工包尽量的多，将成本 TC 做为分子，能耗率超过 80%的加工包的概率 TP 为分母，求表达式最小值，则是求分母 TC 越大，分子 TP 越小的过程，所以目标函数可以模糊为：

$$\min=\frac{TC}{TP} \tag{5-18}$$

5.4.1 模型的求解

综合上所有条件，将线性约束条件输入到 LINGO 软件当中，求出对应的非线性 0-1 混合整数规划的非全局最优解，求得目标函数最小值为 16672.50，此时各窖中的质量如下图所示：

加工窖 / 加工原料	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	300.0
2	0.0	39.0	0.0	141.0	0.0	0.0	0.0	320.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	200.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	265.0	0.0	235.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	88.0	0.0	0.0	21.0	191.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	71.0	0.0	329.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	300.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	300.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	359.0	41.0	0.0
10	206.0	0.0	294.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	94.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	213.0	381.0
13	0.0	0.0	0.0	0.0	500.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	400.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.0	300.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	0.0	261.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	39.0

5.5 问题五的模型建立与求解

在问题四的基础上再加了一个目标函数，此目标函数为问题二所给的总质量这一目标，同样同三的方法可以通过模糊数学方法将多个目标转化为单个目标

5.5.1 模型的建立及求解

①根据题目二可知最高质量 TQ 为：

$$TQ = \sum_{i=1}^{9} \frac{2*KMQ_{(i)}KQ_i}{NM_i*(NM_i-1)} \qquad (5\text{-}19)$$

②根据已知通过模糊数学方法，求饲料质量尽量高，加工成本尽量低，平均能耗率超过 80%的加工包尽量多，将饲料质量，平均能耗率超过 80%的加工包概率作为分子，成本作为分母，求其最大值则可列为：

$$max = \frac{TQ*TP}{TC} \qquad (5\text{-}20)$$

5.4.2 模型的求解

综上所给条件，将线性约束条件输入到LINGO软件当中，求出对应的非线性0-1混合整数规划的解，求得目标函数最大值为1.552582，各窖中的质量如下图所示：

加工窖 / 加工原料	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.0	0.0	0.0	200.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0
2	0.0	99.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	400.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	200.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	500.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	300.0	0.0	0.0	0.0
6	209.0	0.0	191.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	300.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	300.0	0.0	0.0
9	91.0	201.0	108.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	100.0	500.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0	300.0	0.0	0.0	0.0	0.0	300.0
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	500.0
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	400.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	300.0	0.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	300.0	0.0

图 5-5 题 5 加工包原料情况

六、模型的检验

对于问题一，由于该题结果具有唯一性，数据量及范围较小，因此利用建立16*16的矩阵即二维数组，编写Python程序（源码见附录）进行计算，即可轻松获得结果，根据结果，可依次对照各加工原料的品种代码、总重量、效能率和基因序列标记的表格进行检验，16个品种，两两之间进行核对，观察其间有多少个相同位点的基因序列标记。同时我们使用了C++语言进行编程，对结果进行输出，与利用Python解决的数据结果完全相同经过长时间记录检验，验证了问题一结果的正确性，没有发生错误和不合理的现象。

对于问题二，根据Lingo软件得出的数据结果，绘制了对应该问题的最优方案的每个加工窖所含每种加工原料的重量的表格(图6-2)，形象直观，为了验证数据的合理性和准确性，我们计算了每个原料的使用情况和每个加公窖内的原料重量。判断每个原料使用之和是否为每个原料总重量及每个加公窖内的原料重量是否在每个加工窖的重量上下限之间。

每种原料的使用情况如下：

原料编号	原料使用重量之和(kg)
1	300=300
2	80+170+250=500
3	200=200
4	250+250=500
5	300=300
6	400=400
7	300=300
8	98+202=300
9	400=400
10	379+180+41=600
11	100=100
12	25+343+134+98=600
13	500=500
14	400=400
15	300=300
16	257+43=300

图 6-1 原料的使用情况

每个加公窑内的原料重量如下：

加工窑编号	每个加公窑内的原料重量(kg)	判断是否在窑重量区间内
1	80+25+300=405	300<=405<=600
2	343+257=600	300<=600<=600
3	400+43=443	300<=443<=600
4	98+379+134=611	600<=611<=900
5	170+250+180=600	600<=600<=900
6	200+400+41=641	600<=641<=900
7	500+400=900	900<=900<=1200
8	250+250+300+100=900	900<=900<=1200
9	300+300+202+98=900	900<=900<=1200

图 6-2 原料的重量

根据上表（图 6-1）将这 16 中原料使用的重量值和累计为：300+500+200+500+300+400+300+300+400+600+100+600+500+400+300+300=6000kg 与开始原料总和相等。根据上表（图 6-2）可知每个加公窑内的原料重量的确在每个加工窑的重量上下限之间且这 9 个加工窑里材料之和为：

405+600+443+611+600+641+900+900+900=6000kg

与开始原料总和相等，因此验证了数据结果的合理性，验证了合理性。

对于问题三、问题四和问题五，采用了相同的验证模型数据的方法，均验证了数据结果的合理性。

七、　模型的评价、改进及推广

7.1 模型的优点

1、模型运用时，通过对饲料混合数据进行详细统计分析，使得决策过程更为科学。

2、模型求解优化问题时，建立了以饲料质量为目标函数的非线性 0-1 混合整数规划，并在此基础上运用多目标模糊加权的方法，构思精妙。

3、采用　0-1　规划模型，采用较少的约束条件，使问题更加简化。

4、本文建立的数学模型理论依据充分，考虑的因素较全面，逻辑性严密。采用的研究方法贴近实际，参考价值较高。整个系统模型，构思严谨层层递进，在数据处理方面确保了数据的准确性与合理性。

7.2 模型的缺点

1、模型运用了较多的参数，同时涉及较多的变量，实际情况中复杂因素较多，需处理的数据量很大，因此我们对模型进行了简化，造成了与实际有一定的不符。数据处理时的运算过程繁琐，编程以及程序运行耗时比较多。

2、由于时间原因，我们没有对最终方案进行更为细致的讨论研究，这些方面有待改进。

3、采用　0-1　规划，建立的模型是一个整数非线性优化模型，约束条件较少，但最后得到的优化方案，只得到了局部最优，而没有全局最优解。

4、由于由于考虑的约束较少，与理想的结果肯定有一定的差距，并且在选取评价指标时，大多数依据易分析的评价指标，避开了可靠性更强但模型复杂的指标。

7.3 模型的推广

本文中模型的建立条件较为理想，未能考虑到现实影响，可以根据现实生活中因素带来的影响，建立更为精确、智能的模型。可以在传统筛选方法的基础上，引入一种智能算法，使之能够应对大数据，从而进行智能筛选。

该题目采用的模型可推广到其他可优化类型工厂及公司。由实际事务情况寻找适用条件参数以达到与此题解法趋同的效果。

八、　参考文献

参考文献：
[1]　陈奇，预混合饲料加工中应注意得一些问题，饲料工业，1989(02):10-11。
[2]　刘继业；王敬东，推进企业技术进步　加速发展饲料加工业，饲料工业，1988(05):45-46
[3]　蔡永久，饲料配方能量指标的优选，中国饲料，2002(13):27-29
[4]　范平君，影响饲料混合均匀度因素分析，广东饲料，2009(18):36-37
[5]　傅坤仁，应用价值工程原理优选饲料加工厂的设计方案，福建农学院学报，20(2)：1991，220-225
[6]　杜宇，优化数学模型及LINGO软件求解，黔西南民族师范高等专科学校学报，2008(3):111-121
[7]　杨永在，饲料混合工艺综述，2014.1
[8]　张连生，非线性整数规划的一个近似算法，运筹学学报，1(1):1997，72-81
[9]　郭子雪，郑玉蒙，李双双，基于模糊几何加权的区间多目标规划问题，河北大学学报（自然科学版），2005(03):230-235
[10]　张剑桥，班源，传统评标方法和多目标模糊评标方法的比较，项目管理技术，2011(02):71-74
[11]邹腊英，线性下料问题模型的建立于改进，兰州文理学院学报(自然科学版)，29(02)：2015，32-34

九、　附录

PYTHON代码：

```
def getdic():
    dic = {}
    list = []
    with open("data/材料数据.txt") as f:
        for line in f:
            a = line
            linesplit = line.split('\t')
            for i in range(10):
                list.append(linesplit[i+3])
            dic[linesplit[0]]=copy.deepcopy(list)
            list.clear()
    a = np.zeros((len(dic),len(dic)))
    for i in dic:
        for j in dic:

  a[int(i) - 1][int(j) - 1] = 10-len(set(dic[i]).difference(set(dic[j])))
    return a
```

LINGO代码：

```
sets:
K/1..16/: MQ, E  ;
T/1..9/: KMQ, UL, DL, KQ, NM, AKQ, RMQ, KY, IC, PC;
U(T, K): X, Y ;
QY(K, K): Q;
endsets
data:
UL = 300 300 300 600 600 600 900 900 900;  !对应窑的上限;
DL = 600 600 600 900 900 900 1200 1200 1200;  !对应窑的下限;
MQ = 300 500 200 500 300 400 300 300 400 600 100 600 500 400 300 300;   !对应材料的质量;
E = 0.88 0.60 0.93 0.90 0.90 0.78 0.70 0.83 0.95 0.87 0.65 0.75 0.8 0.68 0.87 0.83;  !对应材料的效能率;
IC = 400   400 400 500 500 500 600 600 600;                        !对应窑的点火成本;
PC = 2 2   2   1.8 1.8 1.8 1.6 1.6 1.6;                        !对应窑的加工成本;
Q =
10.0 5.0 4.0 4.0 6.0 3.0 3.0 4.0 4.0 5.0 3.0 5.0 4.0 3.0 3.0 5.0
5.0 10.0 6.0 3.0 6.0 1.0 1.0 2.0 2.0 3.0 3.0 4.0 3.0 2.0 3.0 3.0
4.0 6.0 10.0 7.0 5.0 3.0 4.0 3.0 3.0 4.0 1.0 2.0 2.0 1.0 1.0 4.0
5.0 4.0 8.0 10.0 5.0 3.0 4.0 4.0 4.0 5.0 1.0 2.0 2.0 2.0 4.0 4.0
7.0 7.0 6.0 5.0 10.0 4.0 3.0 4.0 3.0 7.0 4.0 5.0 3.0 2.0 2.0 5.0
4.0 2.0 4.0 3.0 4.0 10.0 6.0 5.0 3.0 5.0 3.0 3.0 4.0 3.0 2.0 4.0
4.0 2.0 5.0 4.0 3.0 6.0 10.0 7.0 4.0 3.0 1.0 2.0 2.0 2.0 1.0 3.0
4.0 2.0 3.0 3.0 3.0 4.0 6.0 10.0 5.0 4.0 2.0 3.0 2.0 1.0 2.0 4.0
5.0 3.0 4.0 4.0 3.0 3.0 4.0 6.0 10.0 4.0 2.0 3.0 3.0 2.0 3.0 5.0
5.0 3.0 4.0 4.0 6.0 4.0 2.0 4.0 3.0 10.0 4.0 5.0 4.0 3.0 4.0 5.0
7.0 7.0 5.0 4.0 7.0 6.0 4.0 6.0 5.0 8.0 10.0 8.0 8.0 7.0 6.0 7.0
6.0 5.0 3.0 2.0 5.0 3.0 2.0 4.0 3.0 6.0 5.0 10.0 6.0 6.0 6.0 7.0
6.0 5.0 4.0 3.0 4.0 5.0 3.0 4.0 4.0 6.0 6.0 7.0 10.0 9.0 6.0 6.0
5.0 4.0 3.0 3.0 3.0 4.0 3.0 3.0 3.0 5.0 5.0 7.0 9.0 10.0 7.0 6.0
5.0 5.0 3.0 5.0 3.0 3.0 2.0 4.0 4.0 6.0 4.0 7.0 6.0 7.0 10.0 6.0
7.0 5.0 6.0 5.0 6.0 5.0 4.0 6.0 6.0 7.0 5.0 8.0 6.0 6.0 6.0 10.0 ;  !材料亲缘度矩阵 题目1;
enddata
!@for(T(i):@for(K(j):@bin(Y(i, j))));   !是否需要Y为0-1固定;


@for(T(i):@for(K(j):@gin(X(i, j))));  !是否规定添加材料x为整数;
@for(T(i):
```

```
          KMQ(i) = @sum(K(j):X(i, j));          !窑中材料数量;
          @BND(UL(i), KMQ(i), DL(i));          !根据窑的大小确定的约束条件;
    );
@for(K(j):  @sum(T(i):  X(i, j)) =  MQ(j)  );   !材料中的总材料约束条件可改是否为约束;
@for(K(j):  @for(  T(i):  Y(i, j)=@if(X(i, j)#eq#0, 0, 1) ) );   !判断窑中是否有材料 i;
@for( T(i):  KY(i)=@if(KMQ(i)#eq#0, 0, 1)   );  !判断窑是否在加工:
!@for(K(j):  @for(  T(i):  X(i, j)>=@if(Y(i, j)#eq#0, 0, 1) ) );  !窑中材料是否需要如果存在必须大于 1;
!求存在亲缘值   2 倍关系;
@for(T(i):
      KQ(i)=
           @sum(
                 K(j):@sum( K(l): @if( j#eq#l, 0,  (Y(i, j)* Y(i, l)*Q(j, l)) )  )
               );
@for(T(i):  NM(i)=@sum( K(j):Y(i, j) ))  );      !每个窑中含有材料个数;
!限制加工窑单独加工一种产品的情况;
@for(K(j):
@for(T(i):
         NM(i)>= @if ( j#eq#10 ,  2 ,  0)
    )
    );
@for( T(i):
   KMQ(i)>=@if(NM(i)#eq#1 ,  500 ,  0 )
    );
@for( T(i):
        RMQ(i) = @sum( K(j): X(i, j)*E(j)  )    !加工后窑生成产品的质量;
     );
@for(T(i):
```

```
        AKQ(i)= KQ(i) /(  NM(i)*(NM(i)-1)  )  !加工包亲缘度;
    );
```

```
TQ = @sum( T(i): KMQ(i) * AKQ(i) );!求最高材料加工的最高质量;

WKYN = @sum(T(i):KY(i));   !求工作的窑的数量;

BKYN=@sum(T(i):@if(KMQ(i)#eq#0,0,@if(RMQ(i)/KMQ(i)#gt#0.8,1,0)));    !求在工作的窑中80%以上的窑的数量题目4，5用;

TC = @sum(T(i):KY(i)*IC(i)+KMQ(i)*PC(i));  !窑加工总成本;

TP = BKYN/WKYN; !求TP值;

!题目2目标函数;
!max =TQ ;

!题目3目标函数;
!max = @sum( T(i):
                @if(RMQ(i)/KMQ(i)#gt#0.8, 1, 0)
          );

!题目4目标函数;
!min = TC/TP;

!题目5目标函数;
max = TQ*TP/TC;
```