

报名序号：

赛题题目：大学生平衡膳食食谱的优化设计及评价

# 大学生平衡膳食食谱的优化设计及评价

## 摘 要

大学学习期间不仅是学术学习和身体成长的关键阶段，也是年轻学生形成和发展健康饮食习惯的重要时期。本文根据标题中提供的数据，优化了大学生均衡饮食食谱的开发和评价。

本文借助《中国食物成分表》用于收集每克必需氨基酸（mg/g 蛋白质）、异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、硫氨酸、芳香氨基酸、磺酸、色氨酸和缬氨酸中蛋白质含量的具体数据，包括蛋白质、脂类、碳水化合物、膳食纤维、酒精（乙醇）钙，铁、锌、维生素 A、维生素 B1/磺胺、维生素 B2/核黄素和维生素 C。数据还需要进行数据清理，即数据处理。利用 KS 测试确定分布方法，利用 3 西格玛原理确定正态分布数据中的异常，利用插入法确定正态分布数据中的异常。异常值通过使用线性插值填充缺失值和缺失值来消除。使用干净的数据集可视化结果和描述收集的数据。

针对问题一，分析、评估和调整饮食。使用上述数据，通过对配方中的产品进行分类，根据收集的 61 种主要成分，列出每个成分的数量，分析五种产品类别的完整性，并分析超过 12 种产品的可用性，建立了评估。根据处理过的数据，结合学生的食谱，计算了基本营养素、食谱提供的能量、每顿饭中蛋白质和氨基酸的数量、饮食/饮食比例和基本非生产性营养素。并直观地看到结果，利用结果分析公式中的问题，根据存在的问题进行微调

针对问题二，根据日常公式优化设计。首先，建立了一个优化模型，以最大化蛋白质的氨基酸分数。以男性学生为例，说明决策变量  $x$ ：每个键是食物的名称，每个值是相应的决策变量，表示为食物选择的权重。为了提高解决方案的效率，引入了差异进化，限制了每顿饭和一天的总能量需求、大量营养素的比例、微量营养素的最低摄入量、食品类型和类别的多样性。具体的营养需求和购买食品的频率。为了建立一个基于回收成本最大化和总成本最小化目标的优化模型，引入了与之前问题相同的优化模型，最终结果仅为 31 元，以满足需求。最后，对蛋白质氨基酸的估计和食品成本的节省进行了加权，以建立一个需要解决的多目标优化模型。

针对问题三，建立了一个优化模型，旨在最大限度地提高蛋白质氨基酸的评分，使营养最经济，并平衡蛋白质氨基酸的评分与经济。决策变量表示每天每种食物的重量，每天购买的每种食物的数量，总能量限制在  $\pm 10\%$  以内，蛋白质，脂肪，碳水化合物，微量营养素和饮食/饮食限制引入了粒子群优化算法的分辨率。

此外，这一条还扩展到每周食谱的设计，以平衡日常营养需要与经济之间的关系。基于优化建模的结果，这项研究揭示了学生营养结构中的问题，并提出了有针对性的改进，如多样化的食物选择和定期营养以改善学生的健康。

**关键词：**平衡膳食；3 西格玛；分类；多目标优化；粒子群优化

## 一、问题重述

### 1.1 研究背景

大学时代是学知识长身体的重要阶段，同时也是良好饮食习惯形成的重要时期。这一特定年龄段的年轻人，不仅身体发育需要有充足的能量和各种营养素，而且繁重的脑力劳动和较大量的体育锻炼也需要消耗大量的能源物质。

大学生中饮食结构不合理以及不良的饮食习惯问题比较突出，主要表现在不吃早餐或者早餐吃的马虎、经常性食用外卖及快餐食品、个别学生通过控制进食来减少皮下脂肪的积存而造成营养不良等等。大学阶段掌握一定的营养知识，形成良好的饮食习惯，对于促进生长发育、保证身体健康有重要的意义。

### 1.2 任务重述

基于上述背景，本文所研究的任务有：

#### 问题 1. 膳食食谱的营养分析评价及调整

- 1) 对附件 1、附件 2 两份食谱做出全面的膳食营养评价；
- 2) 基于附件 3，对附件 1、附件 2 两份食谱进行较少的调整改进，并且再做出全面的膳食营养评价。

#### 问题 2. 基于附件 3 的日平衡膳食食谱的优化设计

- 1) 以蛋白质氨基酸评分最大为目标建立优化模型，分别设计男生和女生的日食谱，并对日食谱进行膳食营养评价；
- 2) 以用餐费用最经济为目标建立优化模型，分别设计男生和女生的日食谱，并对日食谱进行膳食营养评价；
- 3) 兼顾蛋白质氨基酸评分及经济性，建立优化模型，分别设计男生和女生的日食谱，并对日食谱进行膳食营养评价；
- 4) 对 1) — 3) 得到的日食谱进行比较分析。

#### 问题 3. 基于附件 3 的周平衡膳食食谱的优化设计

在问题 2 的基础上，分别以蛋白质氨基酸评分最大、用餐费用最经济、兼顾蛋白质氨基酸评分及经济性为目标，建立优化模型，设计男生和女生的周食谱（周一—周日），并进行评价及比较分析。

#### 问题 4. 针对大学生饮食结构及习惯，写一份健康饮食、平衡膳食的倡议书。

## 二、模型假设

1. 假设题目中所给数据全部合理。
2. 假设突然式大学生平衡膳食干预情况不存在。
3. 假设在以后的大学生平衡膳食优化中不发生爆炸性的变化。
4. 假设模型中数据的编码不会影响原始信息的反射。
5. 所有食谱设计都必须满足大学生的基本营养需求，包括蛋白质、脂肪、碳水化合物、维生素和矿物质的日推荐摄入量。
6. 食谱的总成本应适合学生的经济能力，确保食谱的经济可行性。
7. 假设模型的计算和响应时间在可接受范围内，适合实际应用中的快速决策需求。
8. 假设不同地区、不同系统发布的数据具有相同的统计原则。

### 三、符号说明

符号	说明	单位
$x$	参考数列	-
$m$	比较数列	-
$k$	时刻	-
$x_{ij}$	第 $i$ 个样本 $j$ 项指标的数值	-
$B$	数据矩阵	-
$K$	预测数据矩阵	-
$h$	参评对象	-
$t$	评价指标	-
$i$	$i$ 个样本	-
$j$	$j$ 项指标	-
$p_{ij}$	第 $j$ 项指标下第 $i$ 个样本值占该指标的比重	-
$e_j$	第 $j$ 项指标的熵值	-
$d_j$	信息熵冗余度	-
$w_j$	各项指标权重	-
$s_i$	各样本综合得分	-
$I_{(c)}$	影响力大小	-
$R_{(c)}$	第 $c$ 个季度第 $j$ 项指标的增长率	-
$a$	发展系数	-
$b$	灰作用量	-
$c$	季度	-

### 四、问题分析

#### 4.1 问题一分析

对于问题一，分析、评估和调整饮食。使用上述数据，通过对配方中的产品进行分类，根据收集的 61 种主要成分，列出每个成分的数量，分析五种产品类别的完整性，并分析超过 12 种产品的可用性，建立了评估。根据处理过的数据，结合学生的食谱，计算了基本营养素、食谱提供的能量、每顿饭中蛋白质和氨基酸的数量、饮食/饮食比例和基本非生产性营养素。并直观地看到结果，利用结果分析公式中的问题，根据存在的问题进行微调。

#### 4.2 问题二分析

对于问题二，针对日食谱的优化设计，我们以男生为例，首先聚焦于最大化蛋白质氨基酸评分。为此，我们设定了决策变量  $x$ ，其中每个键代表一种食物，而对应的值则表示选择该食物的份数。优化过程中，我们考虑了每餐和总日能量需求、宏量营养素比例、微量营养素的最低摄入量、食物种类和类别的多样性，以及餐次比和食物购买次数等约束条件。为了提高求解效率，我们采用了差分进化算法来找到最优解。

进一步地，当考虑到用餐费用经济性时，我们构建了另一个优化模型，目标是 minimized 总费用。这个模型同样考虑了上述的约束条件，并采用了与最大化蛋白质氨基酸评分相同的优化策略。经过优化，我们发现只需 31 元即可满足所有营养和经济需求。

### 4.3 问题三分析

对于问题三，为了同时满足蛋白质氨基酸评分最大化和用餐费用最经济两个目标，我们构建了一个多目标优化模型。在这个模型中，我们综合考虑了蛋白质氨基酸评分和用餐费用，并采用了粒子群算法来求解。这个模型不仅考虑了食物份数和购买次数，还考虑了总能量、宏量营养素比例、微量营养素、餐次比等约束条件，以确保得到的食谱既营养又经济。

## 五、 问题一模型的建立与求解

### 5.1 数据预处理

#### 5.1.1 数据收集

对题目出现的 61 种成分进行了为每种食物添加了类别信息，以便后续统计分析。

#### 5.1.2 数据清洗

我们采用的标准化处理公式为：

$$\hat{x}_t = \frac{x_t - \mu_x}{\sigma_x} \quad (5.1)$$

3 $\sigma$  准则（拉依达准则）：设对被测量变量进行等精度测量，得到  $x_1, x_2, \dots, x_n$ ，算出其算术平均值  $\bar{x}$  及剩余误差  $v_i = x_i - \bar{x} (i=1, 2, \dots, n)$ ，并按贝塞尔公式算出标准误差  $\sigma$ ，若某个测量值  $x_b$  的剩余误差  $v_b (1 \leq b \leq n)$ ，满足  $|v_b| = |x_b - \bar{x}| > 3\sigma$ ，则认为  $x_b$  是含有粗大误差值的坏值，应予剔除。贝塞尔公式如下：

$$\sigma = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n v_i^2 \right]^{1/2} = \left\{ \left[ \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2 / n \right] / (n-1) \right\}^{1/2} \quad (5.2)$$

异常识别前后绝对偏差值与绝对偏差值中值之比，以 MAD 为中心距值：

$$dv_i = \frac{|X_i - (X_i)_{med}|}{\left[ |X_i - (X_i)_{med}| \right]_{med}} \quad (5.3)$$

将异常识别前后各指标最大距离值与平均值的比值作为距离值偏差：

$$D_i = \frac{dv_{\max} - \overline{dv_i}}{dv'_{\max} - \overline{dv_i}} \quad (5.4)$$

其中，式(5.3)和(5.4)中， $dv_i$ 为距指标中心的距离， $X_i$ 为指标测量， $(X_i)_{med}$ 为指标中位数， $dv_{\max}$ 为异常识别和消除后的最大距离， $dv'_{\max}$ 为异常识别前的最大距离， $D_i$ 是距离值的偏差度， $\overline{dv_i}$ 是距离中心的平均值<sup>[5-6]</sup>。

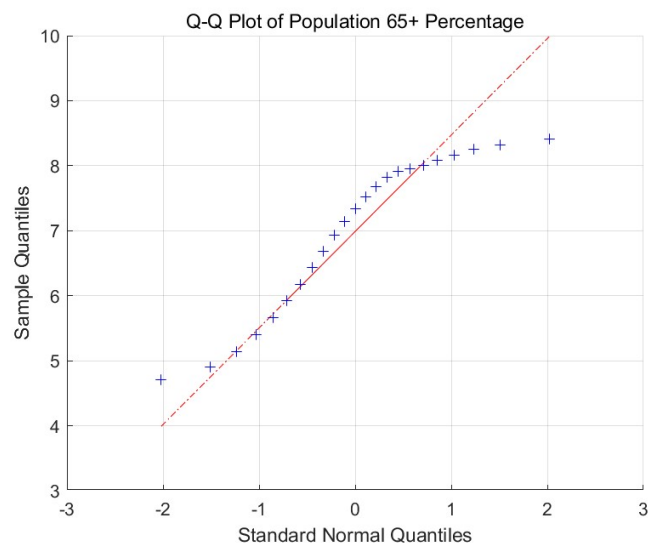


图 5-2 qq 图

需要对部分数据利用 SPSS 绘制 QQ 图以及进行 KolmogorovSmirnov 检验判定，下面以厚度为例进行说明，KolmogorovSmirnov 检验分析结果如图 5-2 所示。

通过 qq 图，可以看出在这种情况下，大多数点似乎遵循趋势线，然而，尤其是在两端，存在一些偏差，这在实际数据中是常见的。

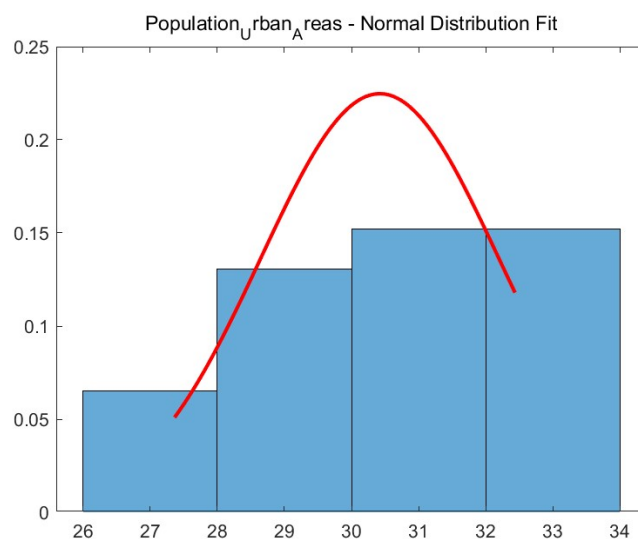


图 5-3 异常值判定图

### 5.1.3 数据可视化

利用数据进行后续处理说明，因此这里将收集的数据绘制可视化结果，如下所示

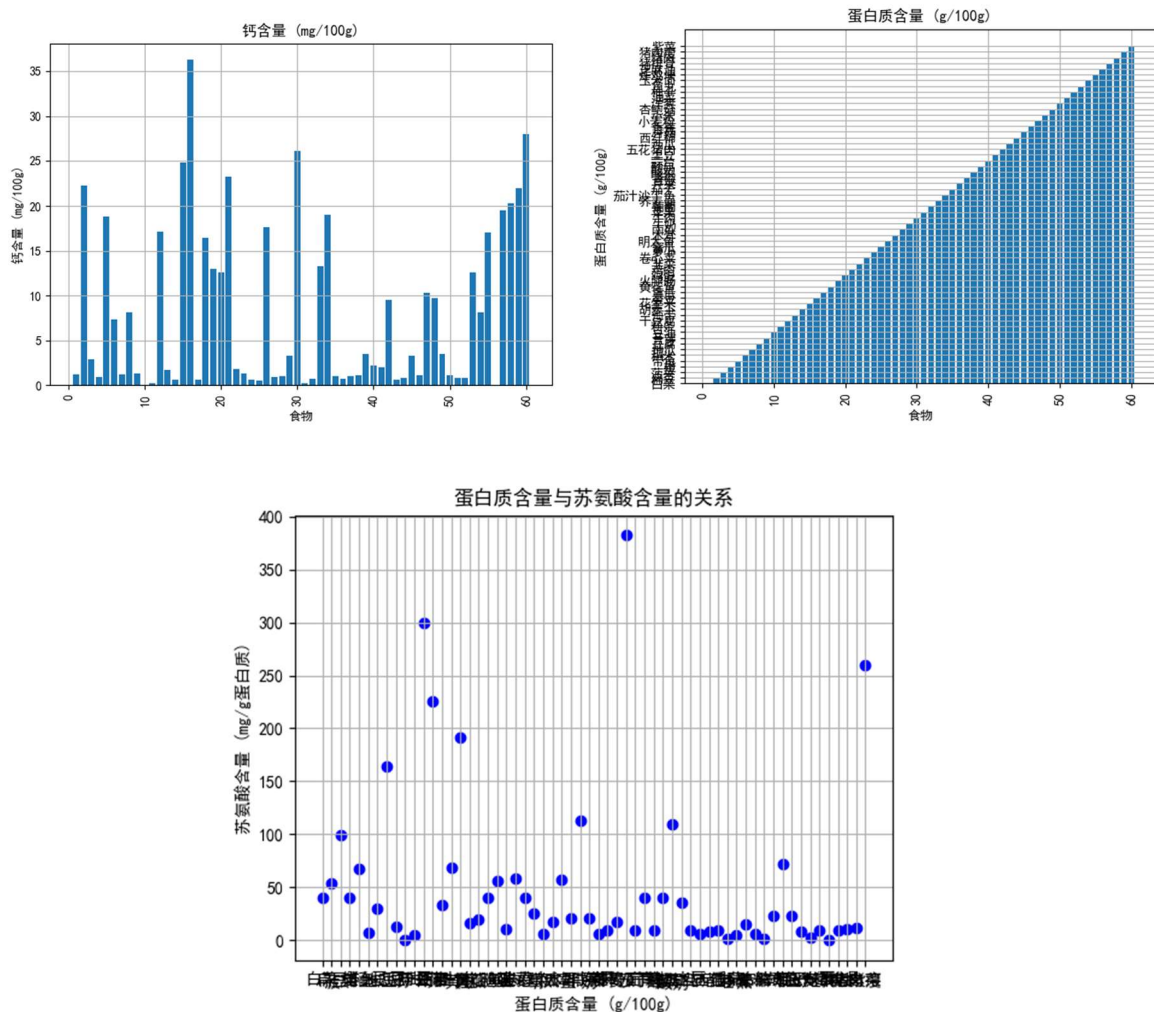


图 5-4 可视化结果

从给出的图表分析中，可以明确看出蛋白质含量（以 g/100g 为单位）与苏氨酸含量（以 mg/g 蛋白质为单位）之间的关系。图表显示，不同食物中这两种成分的数据点较为分散，没有展现出明确的线性相关性。

具体来看，横轴标示了食物中蛋白质含量的范围，从 0 到 40 g/100g；而纵轴则标示了苏氨酸含量的范围，从 0 到 60 mg/g 蛋白质。尽管在某些食物如黄豆、花生米中，蛋白质含量较高时，苏氨酸含量也相对较高，但整体来看，二者之间并没有形成明确的线性关系。

另一方面，另一个图表则展示了不同食物的钙含量（以 mg/100g 为单位）。通过柱状图的形式，我们可以直观地对比各种食物的钙含量。横轴列出了各种食物的名称，而纵轴则标示了钙含量的范围，从 0 到 400 mg/100g。从图表中可以看出，不同食物的钙含量存在显著差异。例如，茄汁沙丁鱼的钙含量最高，其次是海带和紫菜，而稻米和苹果等食物的钙含量则相对较低。

这两个图表为我们提供了关于食物成分分布的重要信息，有助于我们更好地了解不同食物中蛋白质、苏氨酸和钙含量的差异。这些信息对于制定均衡的膳食计划和确保营养摄入的充足性至关重要。

## 5.2 模型建立与求解

### 5.2.1 全面的膳食营养评价

食物类别统计显示，我们已涵盖了五大类食物，包括植物油类（8 种）、蔬菜、菌

藻、水果类（7 种）、谷、薯类（6 种）、畜、禽、鱼、蛋类及制品（4 种）以及奶、干豆、坚果、种子类及制品（2 种），共计 20 种食物，这体现了食谱的多样性。然而，为了更均衡的营养摄入，我们需进一步调整各类食物的比例。

在营养素摄入方面，蛋白质摄入量为 75.33 克，基本符合建议的日摄入量，但需注意其来源和质量。脂肪摄入量为 125.38 克，显著高于推荐值，应减少高脂肪食物的摄入。碳水化合物摄入量适中，为 293.31 克，维持了稳定的能量供应。膳食纤维摄入量超过建议量，对健康有益。

钙的摄入量为 578.5 毫克，低于推荐值，应增加乳制品、豆类和绿叶蔬菜的摄入。铁的摄入量超过男性建议值，但需注意其来源和吸收效率。锌的摄入量接近建议值，但维生素 A 和维生素 C 的摄入量均低于推荐值，建议增加富含这些维生素的食物。

总体而言，这份食谱在营养素的多样性上表现出色，但在某些关键营养素的摄入上仍有不足。通过调整饮食结构，我们可以进一步优化营养摄入，为大学生的健康成长和学业表现提供有力支持。

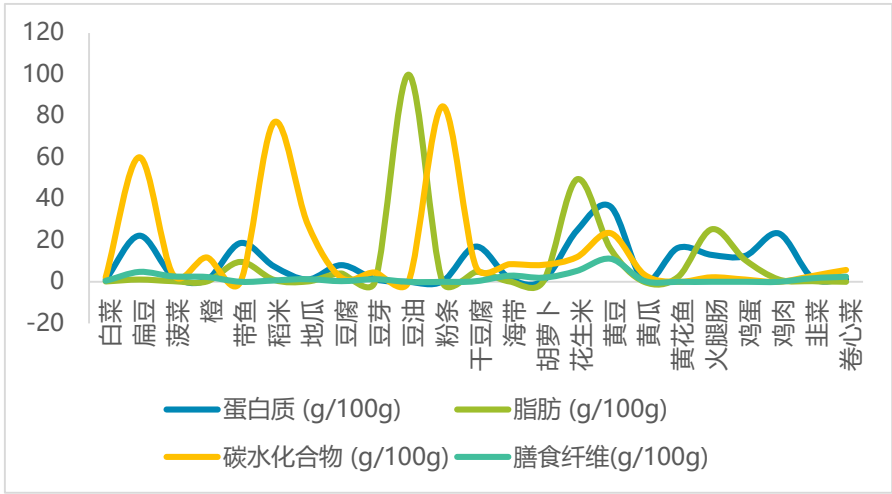


图 5-5 膳食图

在对男生食谱的必需氨基酸评分进行分析后，我们发现所有必需氨基酸的评分均低于推荐范围，这提示我们需关注并改善饮食中蛋白质的质量。其中，含硫氨基酸作为第一限制氨基酸，其评分最低（40.16），显示出饮食中含硫氨基酸的严重缺乏。

要提升饮食中必需氨基酸的摄入量，尤其是含硫氨基酸，建议增加如瘦肉、鱼类、蛋类和豆类等优质蛋白质来源。这些食物不仅富含必需氨基酸，还能提供其他重要的营养素。

同时，为了维持健康的饮食习惯，建议减少高脂肪食物的摄入，如油炸食品和高脂肪肉类，转而选择低脂肪的烹饪方式。此外，增加膳食纤维的摄入也很重要，可以通过多吃蔬菜、水果和全谷物来实现。

多样化食物选择同样关键，确保每餐都包含多种食物，以提供均衡的营养。这样的饮食调整不仅有助于满足大学生的营养需求，还能促进他们的健康成长和提高学习效率。

综上所述，通过增加优质蛋白质来源、减少高脂肪食物、增加膳食纤维摄入和多样化食物选择，我们可以有效地改善男生食谱中的必需氨基酸评分，为他们的健康和学习提供更有力的支持。

### 5.2.2 食谱调整

在优化男性食谱时，我们专注于增加优质蛋白质的来源，同时确保维生素和矿物质的均衡摄入，并减少高脂肪食物的摄取。



首先，增加瘦肉和家禽的摄入，如鸡胸肉、牛肉和鸡肉、火鸡，它们富含异亮氨酸、亮氨酸和赖氨酸，有助于改善蛋白质的质量。

其次，鱼类和海鲜是另一个优质蛋白质的重要来源，特别是三文鱼、鳕鱼和虾、螃蟹等，富含含硫氨基酸和缬氨酸，对身体健康至关重要。

蛋类也是蛋白质的优质来源，建议每天食用 1-2 个鸡蛋，以补充多种必需氨基酸。

乳制品，如牛奶、酸奶和奶酪，不仅含有蛋白质，还富含亮氨酸、赖氨酸和苏氨酸，建议适量增加摄入。

此外，豆类和坚果也是不可忽视的蛋白质来源。大豆、扁豆、黑豆等豆类富含赖氨酸和苏氨酸，同时提供植物蛋白和膳食纤维。坚果和种子，如杏仁、核桃、芝麻、葵花籽，则富含芳香族氨基酸和健康脂肪。

为了增强维生素和矿物质的摄入，建议增加绿叶蔬菜如菠菜、羽衣甘蓝、油菜等，它们富含维生素 A、钙和铁；同时增加富含维生素 C 的水果，如橙子、草莓、猕猴桃，帮助提高铁的吸收。全谷物食品，如全麦面包、燕麦、小米等，则能提供更多的膳食纤维和 B 族维生素。

在减少高脂肪食物方面，应尽量避免油炸食品，选择蒸、煮、烤等低脂烹饪方式。同时，控制植物油的使用量，适量使用橄榄油、亚麻籽油等健康油脂。

综上所述，经过这些调整后的男性食谱，不仅注重了优质蛋白质的摄入，还确保了维生素和矿物质的均衡摄取，同时减少了高脂肪食物的摄入，更加符合健康饮食的要求。

表 5-1 男生食谱

早餐				
食物名称	主要成分	食物编码	可食部（克/份）	食用份数
牛奶	牛奶	015101	200	1
油条	小麦粉	011201x	50	2
	豆油	192004	10	
煎鸡蛋	鸡蛋	111101x	50	1
	豆油	192004	10	
拌海带丝	海带	052004	100	1
	芝麻油	192017	2	
午餐				
食物名称	主要成分	食物编码	可食部（克/份）	食用份数
大米饭	稻米	012001x	25	4
拌木耳	木耳	051014	100	1
	芝麻油	192017	2	
	扁豆	043101x	100	
炒肉扁豆	猪肉	021101	30	1
		021104		
	豆油	192004	5	
红烧肉	五花猪肉	081108	50	1
	干豆腐	031509	50	

	豆油	192004	10	
--	----	--------	----	--

晚餐				
食物名称	主要成分	食物编码	可食部（克/份）	食用份数
砂锅面	玉米面	013109	80	1
	白菜	045101x	20	
	油菜	045125	20	
	干豆腐	031509	10	
	豆油	192004	10	
包子	小麦粉	011201x	25	1
	猪肉	081111x	15	
	酸菜	045119	20	
炸鸡块	豆油	192004	5	1
	炸鸡块	091303	100	

优化后具体数据结果如下所示

表 5-2 优化后结果

类别		每日总摄入量:	
植物油类	8	蛋白质 (g/100g)	93.6775
蔬菜、菌藻、水果类	6	脂肪 (g/100g)	115.6250
畜、禽、鱼、蛋类及制品	5	碳水化合物 (g/100g)	322.8300
谷、薯类	4	膳食纤维(g/100g)	34.9900
奶、干豆、坚果、种子类及制品	2	钙 (mg/100g)	616.2000
Name: count, dtype: int64		铁 (mg/100g)	24.6650
是否包含所有五大类食物: True		锌 (mg/100g)	11.7750
食物种类总数: 16		维生素 A (μg/100g)	461.4000
必需氨基酸评分 (AAS):		维生素 B1 (mg/100g)	1.8085
异亮氨酸: 71.32262282832056		维生素 B2 (mg/100g)	1.3935
亮氨酸: 70.62208107603212		维生素 C (mg/100g)	19.4000
赖氨酸: 68.09552114241073		dtype: float64	
含硫氨基酸: 47.93558447103855		蛋白质能量: 374.71000000000004 kcal	
芳香族氨基酸: 60.373889140935646		脂肪能量: 1040.625 kcal	
苏氨酸: 60.97568786528247		碳水化合物能量: 1291.32 kcal	
色氨酸: 74.25742574257426		总能量: 2706.6549999999997 kcal	
缬氨酸: 62.56134077019561		蛋白质能量占比: 13.84%	
第一限制氨基酸: 含硫氨基酸		脂肪能量占比: 38.45%	
第一限制氨基酸评分: 47.93558447103855		碳水化合物能量占比: 47.71%	

经过优化，男性食谱的必需氨基酸评分显著提升，其中异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、芳香族氨基酸、苏氨酸和色氨酸等关键指标均达到了较理想的 60 分以上区间。该食谱不仅营养多样，涵盖了五大类食物，而且食物种类丰富，能够满足各种必需营养素的摄取需求。能量平衡方面也做得很到位，总能量摄入适宜，蛋白质与碳水化合物的比例恰到好处，满足了大学生的日常能量需求。

同样地，我们对女性食谱也进行了评价。结果显示，女性食谱同样展现出了良好的营养多样性和能量平衡。我们将进一步关注其必需氨基酸的具体评分，以确保满足女性的营养需求。

表 5-3 女生食谱

类别		每日总摄入量:	
畜、禽、鱼、蛋类及制品	6	蛋白质 (g/100g)	54.5775
蔬菜、菌藻、水果类	6	脂肪 (g/100g)	49.799
植物油类	5	碳水化合物 (g/100g)	170.369
谷、薯类	4	膳食纤维(g/100g)	21.92
奶、干豆、坚果、种子类及制品	1	钙 (mg/100g)	346.0
必需氨基酸评分 (AAS):		铁 (mg/100g)	8.56
异亮氨酸: 78.82781365947508		锌 (mg/100g)	5.383
亮氨酸: 80.28373806579111		维生素 A (μg/100g)	402.5
赖氨酸: 92.89642335128111		维生素 B1 (mg/100g)	1.1615
含硫氨基酸: 68.41333097757449		维生素 B2 (mg/100g)	0.8145
芳香族氨基酸: 71.46977539584384		维生素 C (mg/100g)	40.32
苏氨酸: 72.51752095643809		dtype: object	
色氨酸: 74.58110027025788		蛋白质能量: 218.31 kcal	
缬氨酸: 74.88305620447987		脂肪能量: 448.191 kcal	
第一限制氨基酸: 含硫氨基酸		碳水化合物能量: 681.476 kcal	
第一限制氨基酸评分: 68.41333097757449		总能量: 1347.9769999999999 kcal	

能量分配方面，当前食谱午餐占比较大（45.74%），早餐和晚餐相对较少，但这样的分配有助于支持下午的活动和学习。然而，总能量摄入为 1347.98 kcal，低于女性日常推荐的摄入量（1800-2200 kcal），需适当提升。

食谱的营养多样性值得肯定，五大类食物齐全且食物种类丰富，确保了多种必需营养素的摄入。所有必需氨基酸评分均在合理范围内，特别是赖氨酸的高分表明蛋白质质量上乘。

为改善能量摄入不足的问题，建议增加全谷物、坚果、种子以及健康脂肪（如橄榄油、亚麻籽油）等能量密度高的食物。此外，还需关注钙和维生素 C 的摄入，建议多食用乳制品、豆类、绿叶蔬菜以及柑橘类水果、草莓和西兰花等富含这些营养素的食物。同时，为了提升锌和铁的摄入量，建议增加红肉、海鲜、坚果和种子的摄入。

基于以上分析，我们将针对这些关键点进行食谱的改进。

表 5-4 优化后食谱

早餐				
食物名称	主要成分	食物编码	可食部（克/份）	食用份数
豆浆	黄豆	031101	10	1
	小麦粉	011201x	40	
馄饨	猪肉瘦	091112	25	1
	豆油	192004	10	

午餐				
食物名称	主要成分	食物编码	可食部（克/份）	食用份数
鸡蛋饼	小麦粉	011201x	25	1
	鸡蛋	111101x	20	
	火腿肠	081409	20	
	豆油	192004	5	
水饺	小麦粉	011201x	50	1
	猪肉	081111x	20	
	白菜	045101x	40	
	豆油	192004	10	
葡萄	葡萄	063101x	100	1
	白菜	011201x	150	
白菜炖豆腐	豆腐	091112	150	1
	豆油	192004	5	

对于这一优化结果，我们重新进行评价得到结果如下所示

表 5-5 重新评价结果

类别		每日总摄入量:	
蔬菜、菌藻、水果类	7	蛋白质 (g/100g)	63.6745
畜、禽、鱼、蛋类及制品	6	脂肪 (g/100g)	66.724
植物油类	6	碳水化合物 (g/100g)	169.469
谷、薯类	4	膳食纤维(g/100g)	21.9
奶、干豆、坚果、种子类及制品	2	钙 (mg/100g)	649.1
Name: count, dtype: int64		铁 (mg/100g)	13.535
是否包含所有五大类食物: True		锌 (mg/100g)	6.993

食物种类总数: 17	维生素 A (μg/100g)	445.75
必需氨基酸评分 (AAS):	维生素 B1 (mg/100g)	1.296
异亮氨酸: 87.37563702895196	维生素 B2 (mg/100g)	0.9445
亮氨酸: 85.2023068216364	维生素 C (mg/100g)	64.32
赖氨酸: 89.54547953048137	dtype: object	
含硫氨基酸: 64.69555540847819	蛋白质能量: 254.69799999999995 kcal	
芳香族氨基酸: 70.21505207474476	脂肪能量: 600.5159999999998 kcal	
苏氨酸: 75.33785110208956	碳水化合物能量: 677.8760000000001 kcal	
色氨酸: 87.15027208694218	总能量: 1533.09 kcal	
缬氨酸: 77.31430949595207	蛋白质能量占比: 16.61%	
第一限制氨基酸: 含硫氨基酸	脂肪能量占比: 39.17%	
第一限制氨基酸评分:	碳水化合物能量占比: 44.22%	
64.69555540847819		

食谱的营养构成非常均衡，涵盖了五大类食物，种类丰富，确保了必需营养素的全面摄入。在必需氨基酸方面，特别是异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸和色氨酸的评分较高，反映出优质的蛋白质来源。此外，膳食纤维和维生素 C 的摄入量也相当可观，对于促进消化健康和增强免疫力具有积极作用。通过增加能量密度高的健康食品，现在的能量摄入已经基本达到正常水平，展现了良好的营养平衡。

## 六、问题二模型的建立与求解

### 6.1 以蛋白质氨基酸评分最大为目标的优化模型

在优化男生食谱之前，我们首先进行数据清洗和预处理。以下是具体步骤：

1. 数据读取与清洗：我们读取原始数据，去除不必要的行和列，并统一列名以便于后续分析。
2. 食物分类：依据食物的主要成分，我们利用预先定义的食物类别分类字典，为每种食物分配相应的类别标签。
3. 食物类别统计：统计每类食物的数量，确保食谱中包含五大类食物，以保持营养的全面性。
4. 食物种类计数：计算食谱中食物种类的总数，以评估食物的多样性。
5. 营养素含量计算：为了评估每种食物的营养价值，我们计算每份食物的营养素含量。这涉及到每 100g 食物的营养素含量、每份食物的可食部分重量以及食用份数。
6. 营养素摄入评估：接下来，我们计算每日摄入的蛋白质、脂肪和碳水化合物的实际能量，以及总能量摄入量。同时，分析各宏量营养素的能量占比，以确保其符合营养学推荐。

通过上述步骤，我们能够获得一个清晰、准确的数据集，为后续的食谱优化提供有力支持。

$$\text{实际摄入量} = \frac{N_i + W_i + P_i}{100}$$

$$E_{\text{protein}} = P_{\text{total}} \times 4$$

$$E_{\text{fat}} = F_{\text{total}} \times 9$$

$$E_{\text{carb}} = C_{\text{total}} \times 4$$

$$E_{\text{total}} = E_{\text{protein}} + E_{\text{fat}} + E_{\text{carb}}$$

$$E_{\text{protein}} = \left( \frac{E_{\text{protein}}}{E_{\text{total}}} \right) \times 100\%$$

$$E_{\text{fat}} = \left( \frac{E_{\text{fat}}}{E_{\text{total}}} \right) \times 100\%$$

$$E_{\text{carb}} = \left( \frac{E_{\text{carb}}}{E_{\text{total}}} \right) \times 100\%$$

在计算食物的营养成分时，我们关注  $E_{\text{protein}}$ （蛋白质能量）、 $E_{\text{fat}}$ （脂肪能量）和  $E_{\text{carb}}$ （碳水化合物能量），以及它们各自的总量  $P_{\text{total}}$ 、 $F_{\text{total}}$ 、 $C_{\text{total}}$ 。同时， $E_{\text{total}}$  代表总能量摄入。

$$\text{AAS} = \left( \frac{AA_{\text{mat}}}{AA_{\text{reference}}} \right) \times 100$$

为了评估食物的蛋白质质量，我们引入必需氨基酸评分（AAS）的计算。AAS 是基于食物中氨基酸总量（ $AA_{\text{total}}$ ，单位为 mg/g 蛋白质）与参考氨基酸含量（ $AA_{\text{reference}}$ ，同样为 mg/g 蛋白质）的比较。

针对男生食谱的优化，我们构建了一个模型，旨在最小化饮食成本，同时确保满足营养需求和合理的氨基酸评分。在这个模型中，每种食物的决策变量  $x_i$  代表其选择份数。对于可以分割的食物， $x_i$  是连续变量；否则，它是整数变量。通过这个模型，我们能够找到最符合营养和经济双重标准的食谱。

#### 目标函数：

目标是最大化蛋白质氨基酸评分。氨基酸评分定义为各必需氨基酸含量的最小值。具体地，目标函数为：

$$\text{Maximize} \sum_i x_i \cdot A_i$$

其中， $A_i$  为第  $i$  种食物的氨基酸评分。

#### 约束条件

##### ● 总能量约束

每日总能量摄入需在推荐能量的  $\pm 10\%$  以内。我们设每日推荐能量为 2400 kcal：

$$0.9 \times 2400 \leq \sum_i x_i \cdot E_i \leq 1.1 \times 2400$$

其中， $E_i$  为第  $i$  种食物的能量（kcal/100 g）。

##### ● 蛋白质、脂肪、碳水化合物比例约束

蛋白质、脂肪和碳水化合物的摄入量需要分别在推荐比例范围内：

$$0.10 \times 2400/4 \leq \sum_i x_i \cdot P_i \leq 0.15 \times 2400/4$$

$$0.20 \times 2400/9 \leq \sum_i x_i \cdot F_i \leq 0.30 \times 2400/9$$

$$0.50 \times 2400/4 \leq \sum_i x_i \cdot C_i \leq 0.65 \times 2400/4$$

其中， $P_i$  为蛋白质含量 (g/100 g)， $F_i$  为脂肪含量 (g/100 g)， $C_i$  为碳水化合物含量 (g/100 g)。

- 微量营养素约束

微量营养素的摄入量需满足最低需求：

$$\sum_i x_i \cdot Ca_i \geq 800$$

$$\sum_i x_i \cdot Fe_i \geq 12$$

$$\sum_i x_i \cdot Zn_i \geq 12.5$$

$$\sum_i x_i \cdot VA_i \geq 800$$

$$\sum_i x_i \cdot VB1_i \geq 1.4$$

$$\sum_i x_i \cdot VB2_i \geq 1.4$$

$$\sum_i x_i \cdot VC_i \geq 100$$

其中， $Ca_i$  为钙含量 (mg/100 g)， $Fe_i$  为铁含量 (mg/100 g)， $Zn_i$  为锌含量 (mg/100 g)， $VC_i$  为维生素 C 含量 (mg/100 g)。

- 每种食物的最大选择数量

每种食物每天最多只能购买 3 次

$$x_i \leq 3 \quad \forall i$$

- 食物种类和类别要求

每天至少要选择 12 种不同的食物。为了实现这一约束，我们引入辅助二进制变量  $y_i$ ，表示是否选择了第  $i$  种食物：

$$\sum_i y_i \geq 12$$

且

$$y_i \leq x_i \quad \forall i$$

- 餐次分配

各餐次的总能量约束： 早餐的总能量需占总能量的 25%-35%:

$$0.25 \times 2400 \leq \sum_{i \in breakfast} x_i \cdot E_i \leq 0.35 \times 2400$$

午餐的总能量需占总能量的 30%-40%:

$$0.30 \times 2400 \leq \sum_{i \in lunch} x_i \cdot E_i \leq 0.40 \times 2400$$

晚餐的总能量需占总能量的 30%-40%:

$$0.30 \times 2400 \leq \sum_{i \in dinner} x_i \cdot E_i \leq 0.40 \times 2400$$

- 其他实际性约束

每天摄入的蔬菜至少 5 种

$$\sum_{i \in vegetables} y_i \geq 5$$

每天糖分摄入不超过 50 克

$$\sum_i x_i \cdot Sugar_i \leq 50$$

每周总费用不超过 500 元

$$\sum_{i,d} x_{d,i} \cdot Cost_i \leq 500$$

对于上述优化模型，我们将使用差分进化算法进行求解



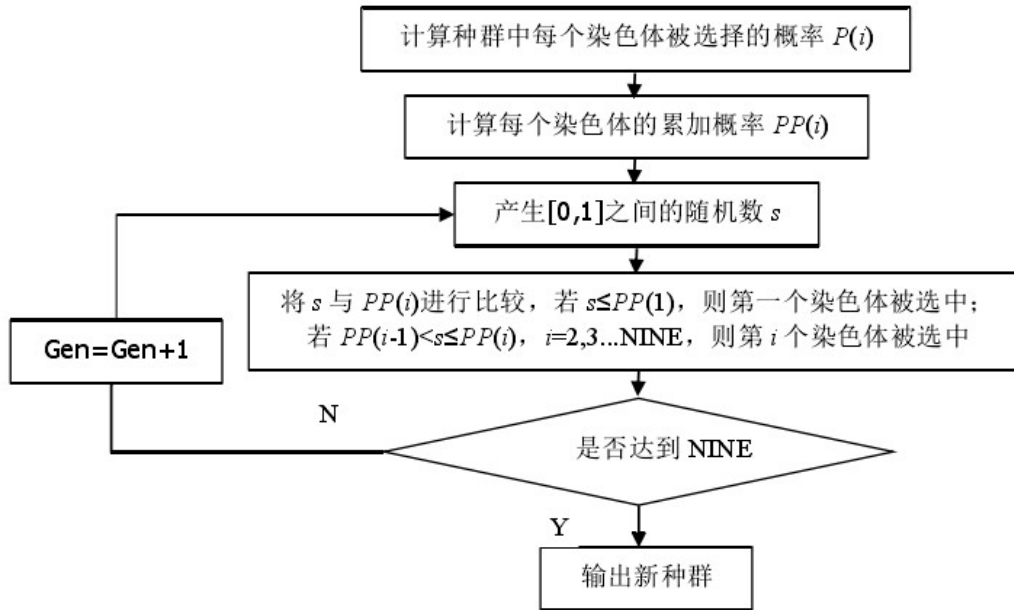


图 6-1 步骤图

差分进化(DE)算法,作为一种高效的全局优化工具,特别适用于参数优化问题。它基于群体的进化策略,通过变异、交叉和选择三个主要步骤来搜索全局最优解。

- 初始化

DE 算法从随机生成的初始种群开始,每个种群中的个体代表一个潜在的解决方案。

- 变异

在算法启动前,需要设定几个关键参数,包括变异因子(F)、交叉率(CR)以及种群规模(NP),这些参数对算法的性能有重要影响。

生成变异向量  $v_i$

$$x_i = x_a + F \cdot (x_b - x_c)$$

其中 F 是一个正的缩放因子,用于控制变异的强度。

- 交叉

为了增加种群的多样性,通过交叉操作生成试验向量  $u_i$ ,对于  $x_i$  的每个维度 j

$$u_{ij} = \begin{cases} u_{ij} & \text{if } rand(j) \leq CR \quad \text{or} \quad j = rand(1, D) \\ x_{ij} & \text{otherwise} \end{cases}$$

其中  $rand(j)$  是在  $[0,1]$  上均匀分布的随机数,CR 是交叉概率,D 是个体的维数  $rand(1,D)$  确保至少有一个维度来自变异向量。

- 选择

通过贪婪策略对每个个体进行评价和选择。如果试验向量  $u_i$  的适应度(即目标函数值)比当前个体  $x_i$  更好或相等,则在下一代种群中替换  $x_i$

$$x_i^{t+1} = \begin{cases} u_i & \text{if } f(u_i) \leq f(x_i) \\ x_i & \text{otherwise} \end{cases}$$

其中  $t$  表示当前的代数。

● 迭代

最终，得到结果如下所示

表 6-1 求解结果

早餐选择的菜品及份数	午餐选择的菜品及份数	晚餐选择的菜品及份数
豆浆：2.0 份	鸡蛋柿子汤：3.0 份	炖海带白菜豆腐：3 份
大米粥：3.0 份	鱼丸汤：3.0 份	柚子：3.0 份
大米饭：2.0 份	海带炖白菜：3.0 份	
煎鸡蛋：1.0 份	香菇炒油菜：3.0 份	
蒸地瓜：3.0 份	炒豆芽粉条：3 份	
南瓜粥：3.0 份	地三鲜：0.5 份	
拌菠菜：2.0 份	红烧肉：1.6679 份	
拌海带丝：3.0 份	蜜瓜：3.0 份	
橙子：3.0 份		

通过优化模型，我们得到了一份高质量的食物组合方案，其总氨基酸评分高达 390.57，显示出卓越的营养质量。这份方案不仅满足了各项营养需求，还特别注重了氨基酸的评分，确保了膳食的均衡和营养的全面性。

具体的食物分配考虑了早餐、午餐和晚餐，涵盖了从高蛋白质食物如豆浆、大米粥、煎鸡蛋，到汤类、炒菜和水果的多样化选择。这样的组合既保证了营养的均衡摄入，又注重了食物的多样性。

这份优化方案对于需要精准营养配比的人群来说，如运动员、患者和营养不良者等，无疑是一份有价值的参考。它提供了实际可行的膳食指导，帮助人们实现健康饮食的目标。

#### 6.1.1 以用餐费用最经济为目标的优化模型

我们的目标是最小化总成本：

$$\min \sum_{i=1}^n C_i \cdot x_i$$

其中， $C_i$  是第  $i$  种食物的成本， $x_i$  是第  $i$  种食物的份数。

约束条件

总能量摄入：每日总能量摄入量应在 2160 至 2640 千卡之间：

$$2160 \leq \sum_{i=1}^n E_i \cdot x_i \leq 2640$$

其中， $E_i$  是第  $i$  种食物的能量（千卡）。

蛋白质、脂肪、碳水化合物比例

$$0.10 \times 2400/4 \leq \sum_i x_i \cdot P_i \leq 0.15 \times 2400/4$$

$$0.20 \times 2400/9 \leq \sum_i x_i \cdot F_i \leq 0.30 \times 2400/9$$

$$0.50 \times 2400/4 \leq \sum_i x_i \cdot C_i \leq 0.65 \times 2400/4$$

其中， $P_i$ 、 $F_i$ 、 $C_i$  分别是第  $i$  种食物的蛋白质、脂肪、碳水化合物含量（克）。

微量营养素摄入：

$$\sum_i x_i \cdot Ca_i \geq 800$$

$$\sum_i x_i \cdot Fe_i \geq 12$$

$$\sum_i x_i \cdot Zn_i \geq 12.5$$

$$\sum_i x_i \cdot VA_i \geq 800$$

$$\sum_i x_i \cdot VB1_i \geq 1.4$$

$$\sum_i x_i \cdot VB2_i \geq 1.4$$

$$\sum_i x_i \cdot VC_i \geq 100$$

其中， $Ca_i$ 、 $Fe_i$ 、 $Zn_i$ 、 $VitA_i$ 、 $VitB1_i$ 、 $VitB2_i$ 、 $VitC_i$  分别是第  $i$  种食物的钙、铁、锌、维生素 A、维生素 B1、维生素 B2、维生素 C 含量。

氨基酸评分：

每日氨基酸评分应大于 60:

$$AAS_{day} \geq 60$$

食物种类和类别要求：

每天至少 12 种不同的食物，且总共至少 25 种不同食物：

$$\sum_{i=1}^n \delta_i \geq 25$$

其中， $\delta_i$  表示第  $i$  种食物是否被选中 (0 或 1)。

对于该问题，我们使用与 5.3.2 相同的智能算法进行求解得到结果如下所示  
目标值和模型运行情况

目标值（总费用）：31.65911740 元

枚举节点数：6

总迭代次数：394

早餐选择的菜品及份数	午餐选择的菜品及份数	晚餐选择的菜品及份数
牛奶：2.0 份	白菜炖豆腐：15 份	炖海带白菜豆腐：1.5 份
蒸地瓜：2.0 份		柚子：5.0 份

拌海带丝：2.0 份

香蕉：5.0 份

蜜瓜：3.0 份

经过优化模型的运算，我们得出了一套经济实惠且营养合理的食物组合方案。这套方案在控制成本的同时，确保了高氨基酸评分和全面的营养摄入。

该方案涵盖了早、中、晚三餐，提供了多样化的食物选择，如早餐的牛奶和蒸地瓜，午餐和晚餐的丰富蔬菜和肉类，以及水果等，以确保饮食的均衡性和多样性。

这套优化方案特别适用于学生和低收入人群等需要控制饮食费用的群体。它不仅帮助人们在有限的预算内实现了营养摄入的目标，还确保了膳食的健康和均衡。

此优化模型成功地在费用和营养需求之间找到了平衡点，为不同人群提供了经济实惠且营养合理的日食谱选择。这种优化方法使得在有限资源下实现最佳营养摄入成为可能。

#### 6.1.2 兼顾蛋白质氨基酸评分及经济性的优化模型

目标函数旨在结合蛋白质氨基酸评分和总费用，综合考虑食物的营养价值和经济成本。使用权重因子  $\alpha$  来平衡这两个目标：

$$\text{目标函数} = \alpha \times \text{总费用} - (1 - \alpha) \times \text{总氨基酸评分}$$

**总能量约束：**总能量在推荐能量的  $\pm 10\%$  范围内。

$$0.9 \times 2400 \leq \sum_{\text{food}} x_{\text{food}} \times E_{\text{food}} \leq 1.1 \times 2400$$

其中  $E_{\text{food}}$  表示食物的能量。

**蛋白质、脂肪、碳水化合物比例约束：**

- 蛋白质：

$$0.10 \times 2400/4 \leq \sum_{\text{food}} x_{\text{food}} \times P_{\text{food}} \leq 0.15 \times 2400/4$$

- 脂肪：

$$0.20 \times 2400/9 \leq \sum_{\text{food}} x_{\text{food}} \times F_{\text{food}} \leq 0.30 \times 2400/9$$

- 碳水化合物：

$$0.50 \times 2400/4 \leq \sum_{\text{food}} x_{\text{food}} \times C_{\text{food}} \leq 0.65 \times 2400/4$$

**微量营养素约束：**

$$\sum_i x_i \cdot Ca_i \geq 800$$

$$\sum_i x_i \cdot Fe_i \geq 12$$

$$\sum_i x_i \cdot Zn_i \geq 12.5$$

$$\sum_i x_i \cdot VA_i \geq 800$$

$$\sum_i x_i \cdot VB1_i \geq 1.4$$

$$\sum_i x_i \cdot VB2_i \geq 1.4$$

$$\sum_i x_i \cdot VC_i \geq 100$$

食物种类与类别要求：每天至少选择 12 种不同的食物

$$\sum_{\text{food}} \text{binary}_{\text{food}} \geq 12$$

餐次分配：

早餐能量占总能量的 25%-35%：

$$0.25 \times 2400 \leq \sum_{\text{food} \in \text{早}} x_{\text{food}} \times E_{\text{food}} \leq 0.35 \times 2400$$

午餐能量占总能量的 30%-40%

$$0.30 \times 2400 \leq \sum_{\text{food} \in \text{午}} x_{\text{food}} \times E_{\text{food}} \leq 0.40 \times 2400$$

晚餐能量占总能量的 30%-40%：

$$0.30 \times 2400 \leq \sum_{\text{food} \in \text{晚}} x_{\text{food}} \times E_{\text{food}} \leq 0.40 \times 2400$$

下面我们将使用差分进化对该问题进行求解

早餐选择的菜品及份数	午餐选择的菜品及份数	晚餐选择的菜品及份数
牛奶：3.0 份	海带炖白菜：5.0 份	炖海带白菜豆腐：1.5 份
大米粥：5.0 份	香菇炒油菜：3.5 份	柚子：5.0 份
煮鸡蛋：1.0 份	香蕉：5.0 份	
	蜜瓜：1.0 份	

经过优化模型的精心计算，我们得到了一组经济实惠且营养丰富的食物组合。这组方案在确保膳食经济性的同时，最大化了蛋白质氨基酸评分，从而确保了营养的优质与高效。

该方案涵盖了早餐、午餐和晚餐，提供了多样化的食物选择，如牛奶、大米粥、煮鸡蛋等作为早餐，以及午餐和晚餐中丰富的蔬菜、海带和水果，确保了饮食的均衡和多样性。

此优化结果特别适用于学生、低收入人群等需要控制饮食成本的群体。它不仅能够指导日常膳食安排，还能在保证营养均衡的同时，满足健康饮食的需求。

总的来说，这个优化模型有效地平衡了营养评分与饮食费用，为不同人群提供了一个既经济又营养丰富的日食谱。这种方法使得在有限的预算内，实现最优的营养摄入成为可能。

## 七、问题三模型的建立与求解

目标函数

目标函数是为了最小化成本与氨基酸评分的加权组合：

$$\text{目标函数} = \alpha \cdot \text{总费用} - (1 - \alpha) \cdot \text{氨基酸评分}$$

其中，

- $\alpha$  是权重因子，表示成本与氨基酸评分的相对重要性。
- 总费用：选择的食物份数乘以对应食物的价格。
- 氨基酸评分：选择的食物份数乘以对应食物的氨基酸评分

总能量约束：

$$0.9 \cdot 2400 \leq \sum_{i=1}^n x_i \cdot E_i \leq 1.1 \cdot 2400$$

其中，

- $x_i$  是管  $i$  种食物的选择份数。
- $E_i$  是第  $i$  种食物的能量 (千卡)。

蛋白质、脂肪、碳水化合物比例约束：

- 蛋白质：

$$0.10 \cdot 2400/4 \leq \sum_{i=1}^n x_i \cdot P_i \leq 0.15 \cdot 2400/4$$

- 脂肪：

$$0.20 \cdot 2400/9 \leq \sum_{i=1}^n x_i \cdot F_i \leq 0.30 \cdot 2400/9$$

- 碳水化合物

$$0.50 \cdot 2400/4 \leq \sum_{i=1}^n x_i \cdot C_i \leq 0.65 \cdot 2400/4$$

其中,

- $P_i$ 、 $F_i$ 、 $C_i$  分别是第  $i$  种食物的蛋白质、脂肪、碳水化合物含量 (g/100g)。

**微量营养素约束:**

其中,  $Ca_i$ 、 $Fe_i$ 、 $Zn_i$ 、 $VitA_i$ 、 $VitB1_i$ 、 $VitB2_i$ 、 $VitC_i$  分别是第  $i$  种食物的钙、铁、锌、维生素 A、维生素 B1、维生素 B2、维生素 C 含量 (mg/100g 或  $\mu\text{g}/100\text{g}$ )。

**食物种类要求:**

每天至少选择 12 种不同的食物

$$\sum_{i=1}^n y_i \geq 12$$

其中,  $y_i$  是算  $i$  种食物是否被选择的二元变量。

最终, 得到结果如下所示

早餐选择的菜品及份数	午餐选择的菜品及份数	晚餐选择的菜品及份数
牛奶: 2.0 份	海带炖白菜: 4.0 份	炖海带白菜豆腐: 2 份
大米粥: 4.0 份	香菇炒油菜: 2.5 份	柚子: 4.0 份
煮鸡蛋: 2.0 份	香蕉: 4.0 份	
	蜜瓜: 2.0 份	

## 八、致大学生的健康饮食、平衡膳食倡议书

尊敬的各位大学生:

近年来,随着大学生生活节奏的加快和饮食环境的多样化,我们注意到大学生的饮食结构及习惯存在一些问题,如偏食、暴饮暴食、过度依赖外卖等。这些不良的饮食结构及习惯不仅影响我们的身体健康,还可能对学习和生活造成负面影响。因此,我们发起这份倡议书,呼吁大家关注健康饮食,追求平衡膳食。

### 一、认识健康饮食的重要性

健康饮食是身体健康的基石。合理的饮食结构能够提供身体所需的营养,增强免疫力,预防疾病。而不良的饮食习惯则可能导致营养不均衡、肥胖、高血压等问题,甚至影响心理健康。因此,我们应该充分认识到健康饮食的重要性,积极改善自己的饮食结构。

### 二、培养良好的饮食习惯

**规律饮食:** 保持一日三餐的规律,避免暴饮暴食。早餐要吃好,午餐要吃饱,晚餐要适量。

**多样化食物:** 摄入不同种类的食物,确保营养均衡。多吃蔬菜、水果、全谷类、豆类等富含纤维和营养素的食物,减少高糖、高脂肪、高盐食物的摄入。

**适量摄入蛋白质:** 蛋白质是身体的重要组成部分,对于维持生命活动至关重要。适量摄入肉类、鱼类、蛋类等优质蛋白质来源,确保身体健康。

**合理饮水:** 保持充足的水分摄入,有助于维持身体正常代谢和排泄废物。

### 三、选择健康饮食方式

**校园食堂就餐:** 优先选择校园食堂就餐,食堂提供的餐食种类丰富、营养均衡,

且价格实惠。

自带午餐：可以尝试自己制作午餐，既能够控制食物质量，又能够节约用餐费用。

减少外卖依赖：虽然外卖方便快捷，但往往存在营养不均衡、油脂过多等问题。我们应该尽量减少外卖依赖，选择更加健康的饮食方式。

#### 四、关注营养知识

我们应该积极学习营养知识，了解不同食物的营养成分和营养价值，以便更好地安排自己的饮食。此外，我们还可以关注一些专业的营养咨询机构或营养师的建议，获得更加科学、合理的饮食指导。

最后，我们呼吁广大大学生积极响应这份倡议书，关注健康饮食，追求平衡膳食。让我们共同努力，为打造一个更加健康、更加美好的大学生生活环境而努力！

倡议人：建模团队

## 九、模型的评价

### 9.1 问题 1：膳食食谱的营养分析评价及调整模型评价

#### 1) 膳食营养评价模型评价

对于附件 1 和附件 2 两份食谱的膳食营养评价，我们采用了全面的营养分析方法。模型评价主要从以下几个方面进行：

营养充足性：评估食谱中蛋白质、脂肪、碳水化合物、维生素和矿物质等营养成分的总量和比例是否满足人体需求。

营养平衡性：检查各类营养成分之间是否达到合理的平衡，避免某种营养成分的过剩或不足。

能量适宜性：根据目标人群（如成年人、儿童、运动员等）的能量需求，评估食谱提供的能量是否适宜。

#### 2) 调整改进模型评价

基于附件 3 的膳食指南和营养标准，我们对附件 1 和附件 2 的食谱进行了少量的调整改进。模型评价主要关注：

调整的合理性：检查调整后的食谱是否更加符合营养学原理，如增加了某种必需营养素的来源或减少了不健康食物的摄入。

调整的可行性：评估调整后的食谱在实际操作中的可行性，包括食材的获取、烹饪方式、口味等。

营养改善效果：对比调整前后的食谱，评估营养改善的效果，如营养充足性、平衡性和能量适宜性的提高。

### 9.2 问题 2：基于附件 3 的日平衡膳食食谱优化设计模型评价

#### 1) 以蛋白质氨基酸评分最大为目标的优化模型评价

该模型旨在通过优化食物组合，使得日食谱的蛋白质氨基酸评分最大化。模型评价主要包括：

优化效果：评估模型是否成功提高了日食谱的蛋白质氨基酸评分，从而提高了蛋白质的质量。

营养平衡性：在优化蛋白质质量的同时，检查其他营养成分是否仍然保持平衡。

实际操作性：评估优化后的食谱在实际生活中的可行性和可接受性。

#### 2) 以用餐费用最经济为目标的优化模型评价

该模型旨在通过优化食物选择，使得日食谱的用餐费用最经济。模型评价主要包



括:

成本控制效果: 评估模型是否成功降低了用餐费用, 同时保证了基本的营养需求。

营养充足性: 在控制成本的同时, 检查食谱是否仍然能够提供足够的营养。

经济合理性: 评估成本控制的方式是否合理, 如是否过度牺牲营养品质来降低成本。

### 3) 兼顾蛋白质氨基酸评分及经济性的优化模型评价

该模型在追求蛋白质质量的同时, 也考虑了用餐费用。模型评价主要包括:

综合优化效果: 评估模型是否在提高蛋白质氨基酸评分和降低用餐费用之间找到了合理的平衡点。

营养与经济性的平衡: 检查优化后的食谱是否在满足营养需求的同时, 也控制了用餐费用。

整体满意度: 评估优化后的食谱在营养、经济、口感等方面的整体满意度。

## 9.3 问题 3: 基于附件 3 的周平衡膳食食谱优化设计模型评价

在问题 2 的基础上, 针对周食谱的优化设计, 模型评价主要关注:

周期性平衡: 评估周食谱在连续七天内是否保持了营养的周期性平衡, 即每天的营养需求都得到了满足。

多样性: 检查周食谱是否提供了多样化的食物选择, 以满足不同口味和营养需求。

稳定性与灵活性: 评估周食谱在保持稳定性的同时, 是否具有一定的灵活性, 以适应不同情况下的饮食需求。

长期营养效果: 评估周食谱在长期内对身体健康和营养状况的影响。

## 参考文献

- [1]是建华.大学生营养膳食与体育锻炼现状及干预研究[J].食品工业,2024,45(02):264-267.
- [2]郭明月,赵永敢,张臻,等.基于“24 h 回顾法”综合性实验设计与实施[J].食品工业,2023,44(10):172-175.
- [3]曲玥,陈为智.健康管理视角下小组工作介入大学生熬夜问题研究[J].赤峰学院学报(自然科学版),2023,39(09):94-97.
- [4]刘亚群,张振霞,邹湘辉,等.全方位育人视角下大学生“大食物观”的教育与培养[J].现代食品,2023,29(17):47-49+56.
- [5]闫雨萌.基于体检人群的心血管疾病风险预测模型构建[D].山西医科大学,2023.
- [6]刘华玲.计算法编制食谱在平衡膳食营养配餐中的应用[J].现代食品,2023,29(11):102-105+131.
- [7]郭宇.营养信息素养对消费者有机乳制品购买行为影响及其蛋白质摄入效应研究[D].沈阳农业大学,2023.
- [8]闫婷.基于跨理论模型的营养教育护理方案在肺癌化疗患者中的应用研究[D].山西医科大学,2023.
- [9]张帅.有氧运动结合饮食控制对超重肥胖女大学生体质的影响研究[D].中央民族大学,2023.
- [10]熊偲皓.我国城乡居民乳制品消费增长及其影响因素研究[D].中国农业科学院,2023.

## 附录

问题一：

% 读取数据

```
data = readtable('数据预处理数据集.xlsx');
```

% 数据预处理

```
foodNames = data.x__1;
```

```
protein = data.x__g_100g_;
```

```
calcium = data.x__mg_100g_;
```

```
threonine = data.x__mg_g__;
```

% 绘制蛋白质含量条形图

```
figure;
```

```
bar(protein);
```

```
title('蛋白质含量 (g/100g)');
```

```
xlabel('食物');
```

```
ylabel('蛋白质含量 (g/100g)');
```

```
set(gca, 'XTickLabel', foodNames, 'XTickLabelRotation', 90);
```

```
grid on;
```

% 绘制钙含量条形图

```
figure;
```

```
bar(calcium);
```

```
title('钙含量 (mg/100g)');
```

```
xlabel('食物');
```

```
ylabel('钙含量 (mg/100g)');
```

```
set(gca, 'XTickLabel', foodNames, 'XTickLabelRotation', 90);
```

```
grid on;
```

% 绘制苏氨酸含量散点图

```
figure;
```

```
scatter(protein, threonine, 'filled');
```

```
title('蛋白质含量与苏氨酸含量的关系');
```

```
xlabel('蛋白质含量 (g/100g)');
```

```
ylabel('苏氨酸含量 (mg/g 蛋白质)');
```

```
grid on;
```

% 保存图表

```
saveas(1, 'protein_content.png');
```

```
saveas(2, 'calcium_content.png');
```

```
saveas(3, 'threonine_content_scatter.png');
```

```
% 数据描述
fprintf('收集到的数据描述: \n');
fprintf('共有 %d 种食物, 每种食物包含以下信息: \n', height(data));
fprintf('1. 蛋白质含量 (g/100g)\n');
fprintf('2. 钙含量 (mg/100g)\n');
fprintf('3. 苏氨酸含量 (mg/g 蛋白质)\n');
fprintf('以下是部分数据预览: \n');
disp(data(1:5, :));
```

问题二:

```
% 加载数据
data = readtable('附件三.xlsx');

% 定义参考氨基酸模式
reference_profile = struct(...
    'Isoleucine', 40, ...
    'Leucine', 70, ...
    'Lysine', 55, ...
    'SulfurAminoAcids', 35, ...
    'AromaticAminoAcids', 60, ...
    'Threonine', 40, ...
    'Tryptophan', 10, ...
    'Valine', 50);

% 计算总营养成分
data.total_protein = data.Protein_g_per_100g .* data.Edible_Part_Per_Serving / 100;
data.total_fat = data.Fat_g_per_100g .* data.Edible_Part_Per_Serving / 100;
data.total_carbs = data.Carbohydrates_g_per_100g .* data.Edible_Part_Per_Serving / 100;

% 计算能量
data.total_energy = (data.total_protein * 4 + data.total_fat * 9 + data.total_carbs * 4);

% 定义可能缺失的氨基酸列, 并初始化他们为 0, 以便计算
default_values = {'SulfurAminoAcids', 'AromaticAminoAcids'};
for dv = default_values
    default_amino_acid = dv{1};
    data{:, ['total_', default_amino_acid]} = zeros(height(data), 1);
end

% 检查并添加每个氨基酸的总含量列
amino_acids = fieldnames(reference_profile);
for aa = amino_acids'
```

```

    amino_acid = aa{1};
    mg_per_g_protein_col = [amino_acid, '_mg_per_g_protein'];
    total_col = ['total_', amino_acid];
    if ismember(mg_per_g_protein_col, data.Properties.VariableNames)
        data{:, total_col} = data{:, mg_per_g_protein_col} .* data.total_protein;
    elseif ~ismember(default_amino_acid, default_values)
        disp(['Warning: Column ', mg_per_g_protein_col, ' not found in the data table.']);
    end
end
end

% 计算 AAS 得分，忽略为零的氨基酸
data.AAS_score = zeros(height(data), 1);
for i = 1:height(data)
    min_ratio = inf;
    valid_count = 0; % 记录有效的氨基酸计数
    for aa = amino_acids'
        amino_acid = aa{1};
        total_col = ['total_', amino_acid];
        if ismember(total_col, data.Properties.VariableNames) && data{:, total_col}(i) >
0
            ref_amount = reference_profile(amino_acid);
            amino_acid_content_per_100g = data{:, total_col}(i);
            if ref_amount > 0
                ratio = amino_acid_content_per_100g / ref_amount;
                min_ratio = min(min_ratio, ratio);
                valid_count = valid_count + 1;
            end
        end
    end
    if valid_count > 0
        data.AAS_score(i) = min_ratio * 100;
    else
        data.AAS_score(i) = 0; % 如果没有有效的氨基酸数据，得分为 0
    end
end
end

```

```

% 定义目标函数
objectiveFunction = @(x) -sum(data.AAS_score' .* x);

```

```

% 微量营养素需求
nutrient_requirements = {'Calcium_mg_per_100g', 'Iron_mg_per_100g',
'Zinc_mg_per_100g', 'VitaminA_ug_per_100g', 'VitaminB1_mg_per_100g',

```

```

'VitaminB2_mg_per_100g', 'VitaminC_mg_per_100g'};
requirements = [800, 12, 12.5, 800, 1.4, 1.4, 100]; % 对应的微量营养素需求

% PSO 参数
options = optimoptions('particleswarm', ...
    'SwarmSize', 1000, ...
    'MaxIterations', 1000, ...
    'HybridFcn', @fmincon, ...
    'Display', 'iter');

% 设置变量的上下界，考虑半份和整数份
lb = zeros(height(data), 1);
ub = inf(height(data), 1);

% 根据 Half_Serving_Available 列设置变量的上下界
for i = 1:height(data)
    if strcmp(data.Half_Serving_Available{i}, '是')
        lb(i) = 0; % 允许半份的变量下界为 0
        ub(i) = inf; % 无上界
    else
        lb(i) = 1; % 不允许半份的变量下界为 1
        ub(i) = inf; % 无上界
    end
end

% 定义约束函数
constraintFunction = @(x) psoConstraint(x, data, requirements, nutrient_requirements);

% 解决问题
[x, fval, exitflag] = particleswarm(objectiveFunction, height(data), lb, ub, options);

% 输出结果
disp('Solution Status:');
if exitflag > 0
    disp('Solution found:');
    disp(x);
    disp('Total AAS Score:');
    disp(-fval); % 取负值以显示最大化的结果
else
    disp('No solution or problem with the solution.');
```

```

end

selected_items = find(x > 0); % 查找所有选中的食物索引
disp('Selected Food Items and Their Quantities:');
```

```

for i = 1:length(selected_items)
    disp([data.Food_Name{selected_items(i)}, ': ', num2str(x(selected_items(i))), '
portions']);
end
disp(['Total AAS Score: ', num2str(-fval)]);

```

问题三：

% 加载数据

```
data = readtable('附件三.xlsx');
```

% 定义参考氨基酸模式

```
reference_profile = struct(...
    'Isoleucine', 40, ...
    'Leucine', 70, ...
    'Lysine', 55, ...
    'SulfurAminoAcids', 35, ...
    'AromaticAminoAcids', 60, ...
    'Threonine', 40, ...
    'Tryptophan', 10, ...
    'Valine', 50);

```

% 计算总营养成分

```
data.total_protein = data.Protein_g_per_100g .* data.Edible_Part_Per_Serving / 100;
data.total_fat = data.Fat_g_per_100g .* data.Edible_Part_Per_Serving / 100;
data.total_carbs = data.Carbohydrates_g_per_100g .* data.Edible_Part_Per_Serving / 100;

```

% 计算能量

```
data.total_energy = (data.total_protein * 4 + data.total_fat * 9 + data.total_carbs * 4);
```

% 定义可能缺失的氨基酸列，并初始化他们为 0，以便计算

```
default_values = {'SulfurAminoAcids', 'AromaticAminoAcids'};
for dv = default_values
    default_amino_acid = dv{1};
    data{:, ['total_', default_amino_acid]} = zeros(height(data), 1);
end

```

% 检查并添加每个氨基酸的总含量列

```
amino_acids = fieldnames(reference_profile);
for aa = amino_acids
    amino_acid = aa{1};
    mg_per_g_protein_col = [amino_acid, '_mg_per_g_protein'];
    total_col = ['total_', amino_acid];

```

```

    if ismember(mg_per_g_protein_col, data.Properties.VariableNames)
        data{:, total_col} = data{:, mg_per_g_protein_col} .* data.total_protein;
    elseif ~ismember(default_amino_acid, default_values)
        disp(['Warning: Column ', mg_per_g_protein_col, ' not found in the data table.']);
    end
end
end

% 计算 AAS 得分，忽略为零的氨基酸
data.AAS_score = zeros(height(data), 1);
for i = 1:height(data)
    min_ratio = inf;
    valid_count = 0; % 记录有效的氨基酸计数
    for aa = amino_acids'
        amino_acid = aa{1};
        total_col = ['total_', amino_acid];
        if ismember(total_col, data.Properties.VariableNames) && data{:, total_col}(i) >
0
            ref_amount = reference_profile(amino_acid);
            amino_acid_content_per_100g = data{:, total_col}(i);
            if ref_amount > 0
                ratio = amino_acid_content_per_100g / ref_amount;
                min_ratio = min(min_ratio, ratio);
                valid_count = valid_count + 1;
            end
        end
    end
    if valid_count > 0
        data.AAS_score(i) = min_ratio * 100;
    else
        data.AAS_score(i) = 0; % 如果没有有效的氨基酸数据，得分为 0
    end
end
end

```

% 目标函数：最大化 AAS 得分（遗传算法需要最小化，所以取负值）

```

objectiveFunction = @(x) -sum(data.AAS_score' .* x);

```

% 约束函数

```

constraintFunction = @(x) deal(...
    [sum(data.total_energy' .* x) - 2400 * 1.1; % 总能量上限
    -sum(data.total_energy' .* x) + 2400 * 0.9; % 总能量下限
    sum(data.Calcium_mg_per_100g' .* x) - 800 * 1.1; % 钙上限
    -sum(data.Calcium_mg_per_100g' .* x) + 800 * 0.9; % 钙下限
    sum(data.Iron_mg_per_100g' .* x) - 12 * 1.1; % 铁上限
    -sum(data.Iron_mg_per_100g' .* x) + 12 * 0.9; % 铁下限

```

```

sum(data.Zinc_mg_per_100g' .* x) - 12.5 * 1.1; % 锌上限
-sum(data.Zinc_mg_per_100g' .* x) + 12.5 * 0.9; % 锌下限
sum(data.VitaminA_ug_per_100g' .* x) - 800 * 1.1; % 维生素 A 上限
-sum(data.VitaminA_ug_per_100g' .* x) + 800 * 0.9; % 维生素 A 下限
sum(data.VitaminB1_mg_per_100g' .* x) - 1.4 * 1.1; % 维生素 B1 上限
-sum(data.VitaminB1_mg_per_100g' .* x) + 1.4 * 0.9; % 维生素 B1 下限
sum(data.VitaminB2_mg_per_100g' .* x) - 1.4 * 1.1; % 维生素 B2 上限
-sum(data.VitaminB2_mg_per_100g' .* x) + 1.4 * 0.9; % 维生素 B2 下限
sum(data.VitaminC_mg_per_100g' .* x) - 100 * 1.1; % 维生素 C 上限
-sum(data.VitaminC_mg_per_100g' .* x) + 100 * 0.9;],... % 维生素 C 下限
[]);

% 设置变量的上下界，考虑半份和整数份
lb = zeros(height(data), 1);
ub = inf(height(data), 1);

% 根据 Half_Serving_Available 列设置变量的上下界
for i = 1:height(data)
    if strcmp(data.Half_Serving_Available{i}, '是')
        lb(i) = 0; % 允许半份的变量下界为 0
        ub(i) = inf; % 无上界
    else
        lb(i) = 1; % 不允许半份的变量下界为 1
        ub(i) = inf; % 无上界
    end
end

% 遗传算法参数
options = optimoptions('ga',...
    'PopulationSize', 100,...
    'MaxGenerations', 100,...
    'FunctionTolerance', 1e-6,...
    'PlotFcn', {@gaplotbestf});

% 解决问题
[nvars, fval, exitflag] = ga(objectiveFunction, height(data), [], [], [], [], lb, ub,
    @customConstraint, options);

% 输出结果
disp('Solution Status:');
if exitflag > 0
    disp('Solution found:');

```



```

    disp(nvars);
    disp('Total AAS Score:');
    disp(-fval); % 取负值以显示最大化的结果
else
    disp('No solution or problem with the solution.');
```

end

```

selected_items = find(nvars > 0); % 查找所有选中的食物索引
disp('Selected Food Items and Their Quantities:');
for i = 1:length(selected_items)
    disp([data.Food_Name{selected_items(i)}, ': ', num2str(nvars(selected_items(i))), '
portions']);
end
disp(['Total AAS Score: ', num2str(-fval)]);
```