

基于综合评价法的大学生食谱评价模型

田 蜜, 王梦丹*, 廖春艳

湖南科技学院理学院, 湖南 永州

收稿日期: 2025年3月25日; 录用日期: 2025年6月16日; 发布日期: 2025年6月26日

摘 要

随着社会经济的发展和生活水平的提高, 大学生的饮食消费观念和膳食结构不断变化。然而, 缺乏适度的体育锻炼和不合理饮食安排使大学生健康问题日益突出。本文以《中国居民膳食指南》中给出的平衡膳食的基本准则及相关定量要求为约束条件, 建立膳食食谱评价模型。确定男生和女生一日三餐膳食的最佳食物的摄入量和主要营养素含量, 并与实际摄入情况对比评估。进一步采用层次分析法和TOPSIS综合评价法, 基于食物种类、总能量、宏量和微量营养素及氨基酸评分, 计算两份食谱的综合评分, 得出各食谱最优评价, 对于大学生健康以及学校食堂的改进有着指导性意义。

关键词

层次分析法, TOPSIS综合评价法, 营养膳食评价

Evaluation Model of College Students' Recipes Based on Comprehensive Evaluation Method

Mi Tian, Mengdan Wang*, Chunyan Liao

School of Science, Hunan University of Science and Engineering, Yongzhou Hunan

Received: Mar. 25th, 2025; accepted: Jun. 16th, 2025; published: Jun. 26th, 2025

Abstract

With the development of the socio-economy and the improvement of living standards, the dietary consumption concepts and nutritional structures of college students are continuously evolving.

*通讯作者。

However, the lack of moderate physical exercise and improper dietary arrangements have increasingly highlighted health issues among college students. This paper establishes a dietary recipe evaluation model based on the basic guidelines and related quantitative requirements provided in the "Dietary Guidelines for Chinese Residents". It determines the optimal food intake and main nutrient content for three daily meals for both male and female students, and compares these with actual intake to assess discrepancies. Furthermore, using the Analytic Hierarchy Process (AHP) and the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) comprehensive evaluation method, the paper calculates the comprehensive scores of two recipes based on food variety, total energy, macro and micronutrients, and amino acid scores, leading to the optimal evaluation of each recipe. This study provides guiding significance for the health of college students and the improvement of school canteens.

Keywords

Analytic Hierarchy Process (AHP), TOPSIS Comprehensive Evaluation Method, Nutritional Diet Evaluation

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

大学生的饮食结构存在不合理之处, 主要体现在不良的饮食习惯上, 如省略早餐、草率应对早餐, 以及频繁选择外卖和快餐。在大学阶段, 学生掌握一定的营养知识并形成良好的饮食习惯, 对促进生长发育和维持身体健康至关重要。因而, 许多学者对此进行了深入研究[1]-[6]。例如, 符拾熊等[1]采用随机抽样调查方法评估大学生的营养膳食, 并提出多方面的优化方案。束莉等[2]通过分层整群抽样和 DBI 评分法, 全面评价大学生的膳食质量, 以反映其饮食习惯的实际情况。王霞[3]则利用 DBI-07 评分法, 指导大学生合理膳食, 帮助他们有效运用中国居民膳食指南及平衡膳食宝塔。龚帅帅[4]等随机抽取 500 名大学生以及通过详细问卷的设计, 全面地了解大学生的营养膳食状况, 包括他们的饮食习惯等, 对其提出相应的解决方案。张祎萌等[5]采用 7d24h 膳食记录法, 收集日常饮食摄入量数据, 并通过比较实际摄入量与指南推荐摄入量的差异, 计算中国健康饮食指数(CHEI)得分, 综合评价学生的膳食质量, 利用因子分析提取膳食模式, 并依据 CHEI 得分将研究对象分为高分组和低分组, 采用二元 Logistic 回归确定膳食质量的影响因素。丁蕾等[6]采用分层抽样、随机整群抽样方法和食物频数调查表调查学生膳食情况, 得出高校学生的膳食模式并分析其影响因素, 为提高大学生的膳食质量提供依据。这些研究表明, 对大学生食谱进行综合性评价, 不仅能帮助学生意识到自身饮食习惯的问题, 还能为他们提供科学、合理的饮食建议, 从而确保获得足够的营养。

基于相关文献的研究以及对不同专业、体质和年龄的大学生食谱进行随机抽样调查, 本文将利用 2024 年电工杯数学建模挑战赛 B 题附件中一名男大学生和一名女大学生的每日三餐食物摄入情况进行研究分析, 这些数据具有一定的普适性。根据这些食谱和某高校食堂一日三餐的食物信息统计表, 本文将建立评价模型, 并使用 Python 软件进行求解。基于《中国居民膳食指南》对这两份食谱进行评估, 并对其营养结构进行适当的调整和优化。这一研究将为各高校食堂的食谱改善提供参考, 进而为大学生的健康饮食提供理论依据。

2. 数据预处理

2024 年电工杯竞赛 B 题附件中给出了中国居民平衡膳食宝塔图(见图 1), 并通过抽样得到了 1 名男大学生和 1 名女大学生各自一日三餐的食物摄入情况。已知膳食食谱分析评价、优化设计的基本要求如下:

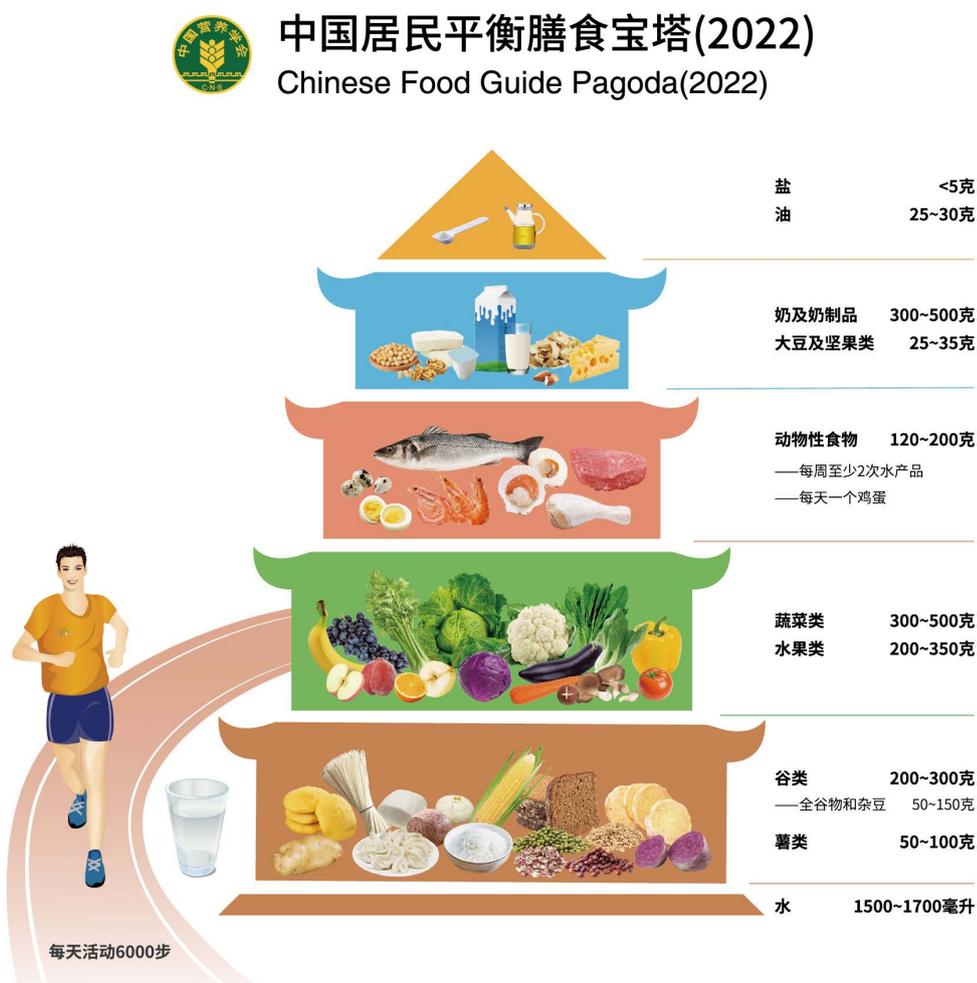


Figure 1. Chinese resident's balanced diet pagoda
图 1. 中国居民平衡膳食宝塔

本文经过对附件数据进行整理后得到男生、女生的一日三餐的食物摄入量如表 1、表 2 所示:

Table 1. Meal plan for boys' three daily meals

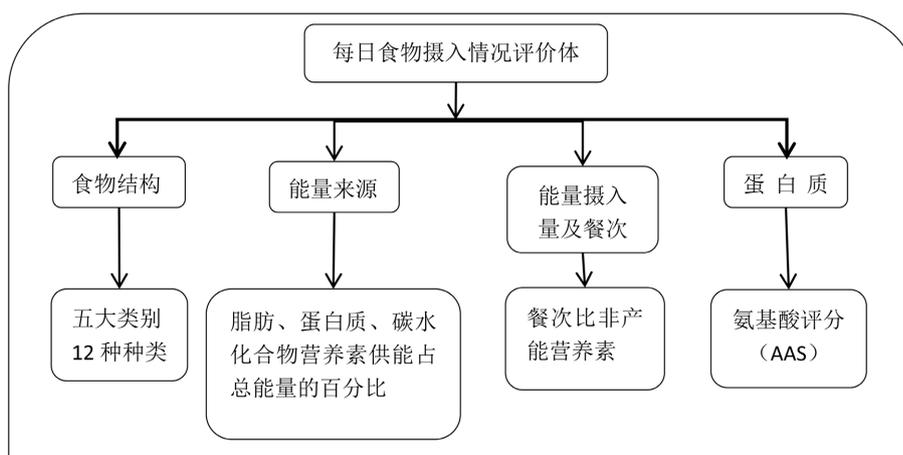
表 1. 男生一日三餐的食谱

	食物	摄入量	食物	摄入量	食物	摄入量	食物	摄入量
早餐	小米粥	15 g	油条	120 g	煎鸡蛋	120 g	拌海带丝	102 g
中餐	大米饭	100 g	拌木耳	102 g	地三鲜	180 g	红烧肉	110 g
晚餐	砂锅面	140 g	包子	65 g	炸鸡块	100 g		

Table 2. Meal plan for girls' three daily meals**表 2.** 女生一日三餐的食谱

	食物	摄入量	食物	摄入量	食物	摄入量	食物	摄入量	食物	摄入量
早餐	豆浆	10 g	鸡排面	95 g						
中餐	鸡蛋饼	70 g	水饺	120 g	葡萄	100 g				
晚餐	大米饭	50 g	香菇炒油菜	62.5 g	炒肉蒜台	67.5 g	茄汁沙丁鱼	50 g	苹果	100 g

为了评估男大学生和女大学生的饮食摄入情况, 基于《中国居民膳食指南》, 通过查阅相关文献和调查分析[6]-[8], 发现大学生的主要营养素需求和营养不均衡问题主要集中在碳水化合物、蛋白质、维生素等宏量营养素以及产能和非产能营养素上。所以本文主要考虑以上营养素对大学生的影响, 构建如下每日食物摄入评价体系(见图 2):

**Figure 2.** Daily food intake evaluation system**图 2.** 每日食物摄入情况评价体系

为了实现对食谱的评价以及后续对食谱合理的调整, 基于《中国食物成分表》和平衡膳食准则的定量要求, 可以分别得出男女生两份食谱中每日的各能量摄入情况(见表 3)。

Table 3. Intake comparison of two meal plans**表 3.** 两份食谱的摄入情况

	男	女
食物类别数(大类)	11	10
食物总类数(小类)	19	15
脂肪营养素能量	1211.516997	470.6100016
蛋白质营养素能量	335.0999961	238.9799968
碳水化合物营养素能量	1198.031987	702.6199931

续表

摄入总能量	2744.648981	1412.209991
早餐总能量	914.4370031	338.284998
午餐总能量	945.1619859	614.8
晚餐总能量	885.0499921	459.1249935
钙摄入量	799.9977193	301.8
铁摄入量	21.64353576	10.35999997
锌摄入量	11.39420714	4.791535714
维生素 A 摄入量	222.0095	196.0975
维生素 B ₁ /硫胺素摄入量	1.184500003	0.981999998
维生素 B ₂ /核黄素摄入量	0.708500002	0.5995
维生素 C 摄入量	54.11960784	28.22588235
异亮氨酸(mg)	117.0350609	101.8293333
亮氨酸(mg)	103.1443954	91.02237203
赖氨酸(mg)	81.88830622	83.53016797
含硫氨基酸(mg)	97.12652649	91.31423763
芳香族氨基酸(mg)	130.9163772	116.3758276
苏氨酸(mg)	88.04541548	86.62991626
色氨酸(mg)	104.0648924	87.12456619
缬氨酸(mg)	89.69181181	92.89394633

3. 平衡膳食食谱评价模型

为了建立男女生食谱的评价模型,我们定义以下变量,描述模型的约束条件。设男生的一日食谱 n 种食物的摄入量分别为 x_1, x_2, \dots, x_n , 女生的一日食谱 n 种食物的摄入量分别 y_1, y_2, \dots, y_n ; 假设男生食谱中第 i 种食物中含有第 j 种食营养素的含量为 M_{ij} , 女生食谱中第 i 种食物中含有第 j 种食营养素的含量为 N_{ij} (其中 $i=1, 2, 3, \dots, n$); 考虑到并不是所有食物都有摄入, 故引入 0~1 变量

$$k_i = \begin{cases} 1, & \text{表示摄入该种食物} \\ 0, & \text{表示未摄入该食物} \end{cases}$$

在健康状况下男生一日食谱中第 j 种营养素总量为 F_{xj} :

$$F_{xj} = \sum_{i=1}^n k_i x_i M_{ij} .$$

在健康状况下女生一日食谱中第 j 种营养素总量 F_{yj} :

$$F_{yj} = \sum_{i=1}^n k_i y_i N_{ij} .$$

由于人类通过食用动物性、植物性食物获得所需的能量。这些食物中所含的营养素主要包括碳水化合物、脂肪、蛋白质、矿物质、维生素、水。其中, 只有蛋白质、脂肪和碳水化合物经体内代谢后可释放能量。因此, 设当 $j=1$ 时表示蛋白质的营养素总量, $j=2$ 时表示脂肪的营养素总量, $j=3$ 时表示碳水化合物的营养素总量。

由平衡膳食基本准则中给出的大学生每日摄入目标: 男生为 2400 kcal/d, 女生为 1900 kcal/d; 各营养素蛋白质、脂肪、碳水化合物能量转换系数分别为: 4、9、4, 即

$$4 \sum_{i=1}^n k_i x_i M_{i1} + 9 \sum_{i=1}^n k_i x_i M_{i2} + F_{xj} 4 \sum_{i=1}^n k_i x_i M_{i3} \leq 2400 .$$

$$4 \sum_{i=1}^n k_i y_i N_{i1} + 9 \sum_{i=1}^n k_i y_i N_{i2} + F_{yj} 4 \sum_{i=1}^n k_i y_i N_{i3} \leq 1900 .$$

根据平衡膳食食谱设计准则, 男、女生每日能量实际摄入量与摄入目标量可相差在 $\pm 10\%$ 之内, 式中 A_x 表示男生每日能量摄入总量, A_y 表示女生每日能量摄入总量:

$$0.9A_{y0} \leq A_y \leq 1.1A_{y0} .$$

$$0.9A_{x0} \leq A_x \leq 1.1A_{x0} .$$

再根据平衡膳食食谱优化设计原则(见《中国居民膳食指南》)满足下列约束条件: 大学生群体每日宏量营养素供能占总能量的百分比参考值分别为: 蛋白质 10%~15%、脂肪 20%~30%、碳水化合物 50%~65%, 故得以下公式:

$$10\% \leq \frac{\sum_{i=1}^n k_i x_i M_{i1}}{A_x} \leq 15\% , \quad 10\% \leq \frac{\sum_{i=1}^n k_i x_i N_{i1}}{A_y} \leq 15\% .$$

$$20\% \leq \frac{\sum_{i=1}^n k_i x_i M_{i2}}{A_x} \leq 30\% , \quad 20\% \leq \frac{\sum_{i=1}^n k_i x_i N_{i2}}{A_y} \leq 30\% .$$

$$50\% \leq \frac{\sum_{i=1}^n k_i x_i M_{i3}}{A_x} \leq 65\% , \quad 50\% \leq \frac{\sum_{i=1}^n k_i x_i N_{i3}}{A_y} \leq 65\% .$$

由平衡膳食的基本准则, N 表示一天摄入食物种类数量, $N_{周}$ 表示每周摄入食物种类, 平均每天摄入食物种类大于 12 种, 每周摄入食物种类大于 25 种:

$$N_{天} \geq 12, N_{周} \geq 25 .$$

膳食准则中大学生每日能量摄入目标以及餐次比, 可知三餐能量分配占总能量的百分比(即餐次比)参考值为: 早餐 30%, 中餐和晚餐各 30%~40%, 得以下公式:

$$\frac{B_{x1}}{A_x} = 30\% , \quad \frac{B_{y1}}{A_y} = 30\% ,$$

$$30\% \leq \frac{B_{x2}}{A_x} \leq 40\% , 30\% \leq \frac{B_{y2}}{A_y} \leq 40\% ,$$

$$30\% \leq \frac{B_{x3}}{A_x} \leq 40\% , 30\% \leq \frac{B_{y3}}{A_y} \leq 40\% ,$$

其中 B_{x1} , B_{x2} , B_{x3} 分别表示为男生早餐、中餐、晚餐的实际摄入总能量; B_{y1} , B_{y2} , B_{y3} 分别表示为女生早餐、中餐、晚餐的实际摄入总能量。

4. 模型的求解

4.1. 构建层次分析结构模型

为了满足《中国居民膳食指南》中食物多样, 合理搭配的基本准则, 本文选取 17 个主要评价指标, 计算得到每日摄入情况的指标结果如表 4:

Table 4. Calculation results of evaluation indicators for daily intake

表 4. 每日摄入情况的评价指标计算结果

	男生	女生
Label 1: 1/食物类别数(大类)	0.090909091	0.1
Label 2: 1/食物总类数(小类)	0.052631579	0.066666667
Label 3: 脂肪营养素能量占比超差	0.141410543	0.033243643
Label 4: 蛋白质营养素能量占比超差	0	0.019224123
Label 5: 碳水化合物营养素能量占比超差	0.063502657	0.002467765
Label 6: 比目标摄入值少的能量/目标值	0	0.256731583
Label 7: 早餐餐次比超差	0.033170839	0.060457014
Label 8: 午餐餐次比超差	0	0.035346021
Label 9: 晚餐餐次比超差	0	0
Label 10: 钙(mg·d ⁻¹)离参考差值	0.002280702	498.2
Label 11: 铁(mg·d ⁻¹)离参考差值	9.643535762	9.640000026
Label 12: 锌(mg·d ⁻¹)离参考差值	1.105792857	2.708464286
Label 13: 维生素 A (mg·d ⁻¹)离参考差值	577.9905	503.9025
Label 14: 维生素 B1/硫胺素(mg·d ⁻¹)离参考差值	0.215499997	0.218000002
Label 15: 维生素 B2/核黄素(mg·d ⁻¹)离参考差值	0.691499998	0.6005
Label 16: 维生素 C (mg·d ⁻¹)离参考差值	45.88039216	71.77411765
Label 17: 1/氨基酸评分	0.012211756	0.011971723

各指标可视化处理后, 得到如图 3:

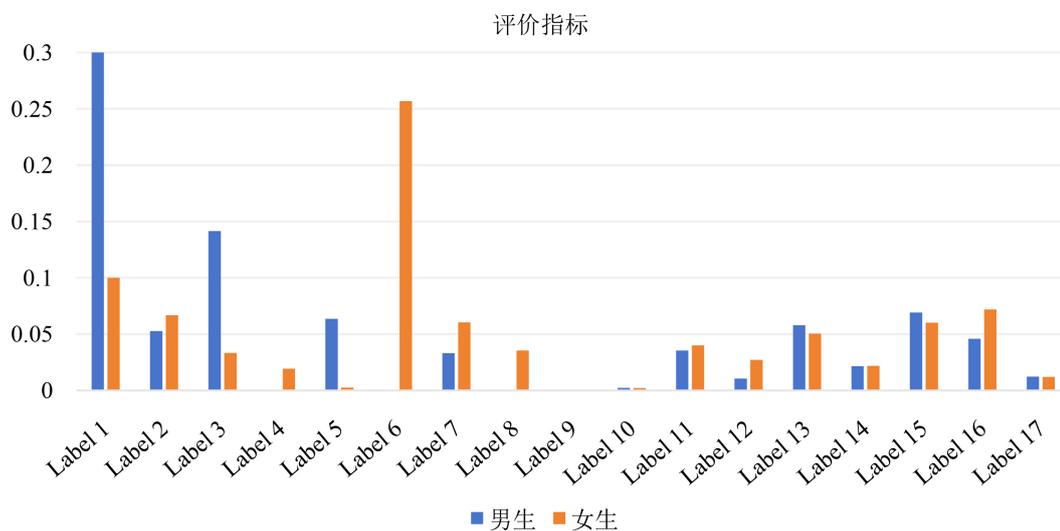


Figure 3. Evaluation indicators
图3. 评价指标

根据上述数据，我们可以直观地观察到男女性在健康饮食方面存在一些显著差异。在食物类别上，女生的评分更高，这表明男生在饮食上可能偏好简单的食物组合，或对调整饮食结构的意识较低，这导致其膳食多样性不足，缺乏不同食物所提供的丰富营养。在营养素方面，女生的能量占比更健康，可能是因为她们的为了保持苗条身材，倾向于摄入健康脂肪和更平衡的碳水化合物。同时，女生为了减肥可能在能量摄入上偏离目标值较大。在能量摄入和餐次分配上，女生在早餐和午餐的摄入量更为均衡，表现出更健康的饮食习惯。这也可能反映出男生的能量需求与目标值的契合度较高。至于营养素参考值和氨基酸评分，男女之间的差异不大，说明他们在饮食结构和习惯方面较为相似。综上所述，性别饮食差异可能源于个体的饮食偏好、不同的能量需求以及对饮食结构的控制意识。

由于热力图可以更加直观地显示各个指标的高度相关性和密集情况，反映各元素之间的重要性比率，为后续权重分配提供依据。所以，利用 Matlab 构建判断矩阵，绘制热力图(见图 4)如下：

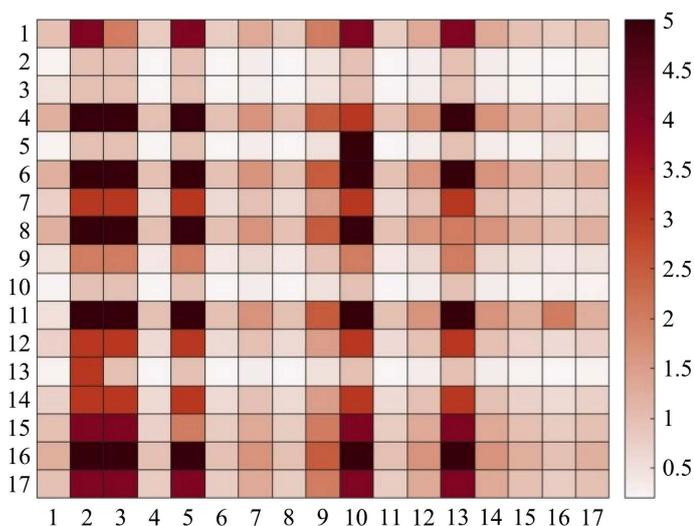


Figure 4. Heatmap of the judgment matrix
图4. 判断矩阵的热力图

进一步,利用上面的层次分析结果,通过加权特征值法,求得 17 项指标权重的结果为:0.0731, 0.0189, 0.0199, 0.0920, 0.0249, 0.0943, 0.0566, 0.0906, 0.0377, 0.0194, 0.0965 0.056, 0.0210, 0.0566, 0.0723, 0.0943, 0.0754。逐个代入公式 $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$ 得一致性指标 $CI = 0.0257$, 由 $CR = \frac{CI}{RI}$ 得一致性比例为 $CR = 0.0158$, 因为 $CR < 0.10$ (标准), 所以该判断矩阵的一致性可以接受。由此可得男生与女生的得分, 绘图结果如图 5:



Figure 5. Score comparison chart for boys and girls
图 5. 男生和女生的得分示意图

根据图示, 男生的健康得分优于女生。可能原因包括个人身体素质、社会文化和媒体影响等多方面因素。生理方面, 男性通常肌肉质量较高, 新陈代谢率也更快; 此外, 男性在饮食中更偏重蛋白质摄入, 以支持肌肉的生长与维护。而女生则更多受到社会对健康和体态的审美标准影响, 可能更关注减肥和体态管理。

4.2. TOPSIS 综合评价法

为对男、女生食谱进行进一步评价以及调整, 采用 TOPSIS 评价法。优劣解距离法(TOPSIS)是评估方案系统中任何一个方案距离正理想解和负理想解的综合距离(见图 6)。

$\frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}$: 表示各个方案与正理想解、负理想解之间的欧氏距离。

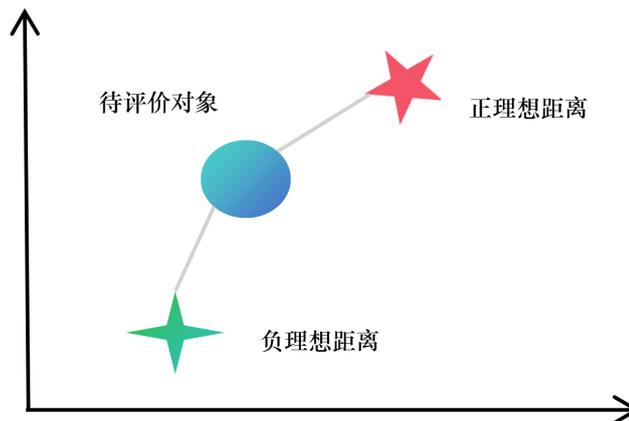


Figure 6. Method of distances for advantages and disadvantages
图 6. 优劣解距离法

当表达式取值为 1 时，则方案取得正理想值；当表达式为 0 时，则方案取得负理想值。然后，根据公式计算衡量系统中某一个方案距离正理想解和负理想解的综合距离，也可以直接用它给方案进行打分。由此得到各方案与最优方案的接近程度，作为评价方案优劣的标准。

接下来，根据 2024 年电工杯附件中给出的某高校学生食堂一日三餐主要食物信息，首先对数据进行预处理，来消除量纲以及范围过大带来的影响。设有 i 个评价对象， j 个评价指标，原始数据形式为：

$$x = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1j} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2j} \\ \cdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{i1} & x_{i2} & \cdots & x_{ij} \end{bmatrix}$$

将低优化指标和中性指标全转化为高优化指标：

$$x'_{ij} = \begin{cases} x_{ij}, \text{高优化指标} \\ \frac{1}{x_{ij}}, \text{低优化指标} \\ \frac{M}{[M - |x_{ij} - M|]}, \text{中性指标} \end{cases}$$

然后，将正向化数据进行归一化来消除量纲的影响，每一列元素都除以当前列向量的范数，由此得到归一化处理后的矩阵 Z ：

$$Z = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} & \cdots & Z_{1j} \\ Z_{21} & Z_{22} & \cdots & Z_{2j} \\ \cdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Z_{i1} & Z_{i2} & \cdots & Z_{ij} \end{bmatrix}$$

基于归一化后的 Z ，采用余弦法找出正理想解和负理想解，其中正理想解 Z^+ 是由每列元素的最大值构成，负理想解 Z^- 是由每列元素的最小值构成。进一步，计算每一个评价对象与正理想解与负理想解的欧式距离：

$$D_i^+ = \sqrt{(Z_{ij} - Z_j^+)^2}, D_i^- = \sqrt{(Z_{ij} - Z_j^-)^2}.$$

最后，计算各评价对象综合得分 $C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}$ ，其中 $0 \leq C_i \leq 1$ ，按照接近程度大小排序，得出综合评价模型结果(如表 5)。

Table 5. TOPSIS evaluation results
表 5. TOPSIS 评价结果

	正理想解距离 (D_i^+)	负理想解距离 (D_i^-)	综合得分指数
男生食谱	0.54276398	0.34512954	0.388706
女生食谱	0.51618601	0.35626721	0.40835107

由上表可知, 男生正理想解距离高于女生, 负理想解距离低于女, 以及综合得分指数低于女生。然后, 对于优势的方面我们继续保持, 较为劣势的方面进行调整食谱, 得到调整后的男生食谱(如表 6), 女生食谱(如表 7):

Table 6. Adjusted daily meal plan for boys
表 6. 调整后男生一日三餐的食谱

	食物	摄入量	食物	摄入量	食物	摄入量	食物	摄入量	食物	摄入量
早餐	小米粥	15 g	油条	60 g	煎鸡蛋	120 g	拌海带丝	102 g	橙子	100 g
中餐	大米饭	100 g	拌木耳	102 g	地三鲜	180 g	溜肉段	110 g		
晚餐	砂锅面	140 g	大米粥	60 g						

由食物摄入量(表 3)我们能够清晰的看到男生的能量摄入明显超过了正常男生标准 2400 kcal/d 能量的摄入, 且该男生的脂肪能量占比明显太高, 蛋白质摄入也超标, 所以建议男生增加碳水化合物的能量的摄入。对于非产能营养素摄入量, 男生基本都是满足要求的, 其中超标最多的是钙和铁、锌、维生素 A, 而维生素 C 的摄入缺少, 建议在饮食计划结构中可以考虑将维生素 A 含量丰富的食物换成维生素 C 含量丰富的食物。对于氨基酸的摄入量, 就该男生而言, 含硫氨基酸、芳香族氨基酸、苏氨酸的摄入较少, 亮氨酸摄入过多。所以, 该男生可以将早餐的 120 g 油条改为 60 g, 增加橙子的摄入, 同时, 将午餐的红烧肉改为溜肉段, 不吃晚餐的包子和炸鸡块, 增加 60 g 大米粥。

Table 7. Adjusted daily meal plan for girls
表 7. 调整后女生一日三餐的食谱

	食物	摄入量	食物	摄入量	食物	摄入量	食物	摄入量	食物	摄入量
早餐	豆浆	10 g	橙子	200 g						
中餐	鸡蛋饼	70 g	水饺	120 g	葡萄	100 g	拌海带丝	102 g		
晚餐	大米饭	50 g	香菇炒油菜	62.5 g	炒肉蒜台	67.5 g	茄汁沙丁鱼	50 g	苹果	100 g

对女生来说, 其总食物数量大于 12 种标准, 且五大种类的食物都有摄入, 说明女生对膳食结构的安排较为合理, 但奶、干豆、坚果、种子类及制品和植物油类的摄入较少, 在今后的饮食安排可以适当增加这一类别的食物; 在总能量上, 该女生的能量摄入是达到了正常女生的标准 1900 kcal/d 能量摄入, 但脂肪和蛋白质的额摄入均超过标准量, 可以适当增加碳水化合物的能量摄入; 在非产能营养素的摄入方面, 女生需增加钙、铁、维生素 B2、维生素 C 的摄入。该女生可以将早餐的鸡排面换成 200 g 橙子, 增加午餐海带丝 102 g。

通过对膳食营养结构的分析发现, 无论是对男生还是女生, 其宏量营养素中的脂肪和蛋白质都存在超标现象。然而, 经过调整后, 这种超标现象明显减少。原因可能是大学生普遍存在点外卖, 吃宵夜等不良饮食习惯, 尤其偏爱油炸、烧烤类食物, 从而导致部分营养素过多。建议在高校课程中增加营养知识的教育内容, 鼓励大学生多渠道获取科学营养方面的知识, 规范一日三餐的饮食习惯, 摄入较为合理的营养, 提高大学生的健康水平。

5. 模型的优化与改进

进一步考虑到大学生生活费的有限性,在保证营养质量的基础上,增加考虑经济因素,建立优化模型。下面,在确保各种营养成分摄入量满足膳食指南中的前提下,以花费最小金额为目标函数建立单目标线性规划模型,然后使用遗传算法进行求解。建立模型如下所示:

目标函数:

$$\min y = \sum_{q=1}^3 \sum_{i=1}^n c_i B_{qi}$$

约束条件:

与上述的约束条件全部相同,再加上蛋白质必需氨基酸评分合理即

$$\text{AAS} = \min \frac{\sum_{q=1}^3 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m B_{qi} m_{ij} a_{kij}}{\sum_{q=1}^3 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^8 B_{qi} m_{ij} a_{kij}} > 90$$

其中 C_i 表示第 i 种食品的费用, B_{qi} 表示第 i 种食品的早、中、晚的份数(q 取 1,2,3)且每种食物的份数必须是非负整数或半份的倍数, a_{kij} 表示第 i 种食物第 j 种氨基酸含量, m_{ij} 表示第 i 种食物 j 成分的克数。

利用模拟退火法算法求解:

模拟退火算法的核心思想为从某一较高初温 $T_0 = 100^\circ\text{C}$ 出发,伴随温度参数的不断下降,结合一定的概率突跳特性在解空间中随机寻找目标函数的全局最优解,即在局部最优解,即在局部最优解能概率性地跳出并最终趋于全局最优。基于此想法下通过编程计算结果如下(见表 8, 表 9):

Table 8. Budget-friendly daily meal plan for boys

表 8. 经济型男生一日三餐的食谱

	食物	摄入量	食物	摄入量	食物	摄入量
早餐	牛奶	150 g	煎鸡蛋	100 g		
午餐	鸡蛋炖土豆胡萝卜	105 g	地三鲜	80 g	干炸黄花鱼	155 g
晚餐	砂锅面	110 g	小米粥	15 g	柚子	100 g

Table 9. Budget-friendly daily meal plan for girls

表 9. 经济型女生一日三餐的食谱

	食物	摄入量	食物	摄入量	食物	摄入量
早餐	小米粥	15 g	酸奶	125 g		
午餐	鸡蛋饼	70 g	明太鱼炖豆腐	205 g		
晚餐	大米饭	50 g	香蕉	100 g	炖海带白菜豆腐	107.5 g

这个求解方案,总费用低,适合预算有限的大学生群体,男生和女生的食物摄入种类均达到平衡膳食基本准则,蛋白质氨基酸评分较高。总体来说,考虑到学生的经济情况,建立的模型,提供了更符合

学生实际的食谱，不仅满足了学生的营养性需求也满足了学生的经济性需求。建议在高校课程中增加营养知识的教育内容，鼓励大学生多渠道获取科学营养方面的知识，规范一日三餐的饮食习惯，构建合理的营养结构，以及控制部分食物的价格，致力于提高大学生的健康水平。

6. 总结与建议

本文围绕大学生饮食结构问题，基于《中国居民膳食指南》中的各项标准，利用层次分析法和 TOPSIS 综合评价法建立评价模型。研究分析了两份食谱的差异，通过 TOPSIS 方法计算正、负理想解的距离，识别出男女生食谱中的不足之处，从而综合考虑营养性和经济性需求，提出了优化食谱的建议。研究强调，大学生要树立正确的健康饮食观念，注重均衡膳食，建议每日摄入内容应包括：300~500 克谷类、400~500 克蔬菜、100~200 克水果、50 克鱼虾类、50~100 克肉类、25~50 克蛋类、100 克奶类、50 克豆类和豆制品，同时控制油脂摄入不超过 25 克，以确保营养素的充足补充。此外，大学生应养成良好的饮食习惯，减少不健康食品的摄入，增加蔬菜和水果的数量，尽量避免外卖、快餐及高热量、高脂肪的零食，因为这些因素可能导致维生素缺乏。最后，针对高校及其后勤部门，建议加强食堂餐食的营养搭配，增加新鲜蔬菜水果的供应，提升优质蛋白的摄入，丰富食物品种，并强化对学生的营养教育，帮助学生掌握营养知识，同时通过激励措施来引导学生形成良好的饮食习惯。

基金项目

湖南省普通本科高校教学改革重点研究项目《新工科背景下大学数学课程“课程思政”教学模式研究与实践》(项目编号: 202401001372), 湖南省教育厅优秀青年科学研究项目《DC 复合拟凸规划近似对偶理论的研究》(项目编号: 24B0743), 省教学改革课题《基于“知识、思维、能力、价值”四个定位的数学基础学科创新人才培养模式研究》(项目编号: HNJC-20231109), 湖南科技学院校级新工科项目《聚理融工, 打造“厚、强、重”理工结合的创新型人才培养研究》(无项目编号), 湖南科技学院教学改革研究项目《人工智能背景下大学数学智慧教育生态模式构建研究》(项目编号: XKYJ2025008)。

参考文献

- [1] 符拾熊. 高校大学生膳食营养存在的问题与对策分析[J]. 食品界, 2023(9): 122-124.
- [2] 束莉, 赵文红, 吴学森. 膳食平衡指数对某医学院校大学生膳食质量的评价[J]. 蚌埠医学院学报, 2015, 40(11): 1570-1572+1575.
- [3] 王霞, 李亭亭, 何贤松, 等. 应用膳食平衡指数评价某高职院校学生的膳食质量[J]. 南京医科大学学报(自然科学版), 2012, 32(6): 887-890.
- [4] 龚帅帅, 杨茗茗, 谢林利, 等. 高校大学生营养膳食现状调查与改善方案——以西南交通大学希望学院为例[J]. 中国食品工业, 2024(9): 50-52.
- [5] 张祎萌, 顾丹彤, 彭洪, 等. 医学生膳食质量评价及其影响因素分析[J]. 复旦学报(医学版), 2024, 51(4): 594-601.
- [6] 丁蕾, 王波, 黄飞飞, 等. 苏州市某高校大学生膳食模式及影响因素分析[J]. 职业与健康, 2024, 40(5): 625-629+635.
- [7] 魏威. 大学生合理膳食的营养需求分析[J]. 中国食品, 2025(6): 93-95.
- [8] 郝长红. 基于膳食调查的当代大学生营养摄入状况与膳食结构优化[J]. 食品安全导刊, 2024(34): 1-3.