

2014 年全国研究生数学建模竞赛 D 题赛题点评

汪晓银

(华中农业大学 理学院, 湖北 武汉 430070)

摘 要: 首先阐明了 2014 年全国研究生数学建模竞赛 D 题“人体营养健康角度的中国果蔬发展战略研究”的研究背景. 接着, 针对每一个问题, 从研究思路、研究方法、研究结论等方面均作了叙述. 最后, 对学生论文出现的问题、难点以及创新性等方面均做了点评.

关键词: 数学建模; 赛题; 点评

“人体营养健康角度的中国果蔬发展战略研究”这个题目来源于国家工程院重大项目“园艺作物产业可持续发展战略研究”, 目的是回答如何建立促进水果和蔬菜产业 (以下简称果蔬产业) 可持续发展的长效机制、如何转变果蔬产业发展方式、如何实现果蔬产业的可持续发展, 以及相应的调控措施和政策有哪些等问题, 为国家相关部门制定果蔬产业发展政策提供科学决策参考.

事实上, 研究果蔬产业的发展有多个角度, 但归根结底还是为人体提供营养. 据相关资料显示, 人体需要的主要营养素中, 维生素、矿物质和膳食纤维等微量元素主要有水果和蔬菜提供. 其中维生素对于维持人体新陈代谢的生理功能是不可或缺的, 多达 30 余种, 如维生素 A、D、E、K、B1、B2、B6、B12、C 等. 矿物质无机盐等亦是构成人体的重要成分, 主要有钙、钾、硫等以及微量元素铁、锌等. 另外适量地补充膳食纤维对促进良好的消化和排泄固体废物有着举足轻重的作用.

近年来, 中国水果和蔬菜种植面积和产量迅速增长, 水果和蔬菜品种也日益丰富, 中国居民生活水平不断提高, 人们对人体营养均衡的意识也有所增强. 然而多数中国居民喜食、饱食、偏食、忽视人体健康所需的营养均衡的传统饮食习惯尚未根本扭转, 这就使得我国的果蔬消费 (品种和数量) 在满足居民身体健康所需均衡营养的意义下, 近乎盲目无序, 进而影响到果蔬生产.

因此, 预测我国果蔬的消费与生产趋势, 科学地规划与调整我国果蔬的中长期的种植模式, 就是本课题研究的最终目的.

1 中国果蔬消费品种筛选

本题目的第一问就是希望研究者能从营养健康角度出发, 对我国的果蔬产品, 通过对应的果蔬营养成分表, 构建果蔬的主要维生素和矿物质营养成分并使用数学方法 (如聚类分析等), 将果蔬品种从营养成分上分类, 并结合果蔬实际消费量、区域性特点, 筛选出我国营养

收稿日期: 2015-03-20

层面的主要果蔬. 结合果蔬的消费替代性、营养替代性研究我国各地区果蔬生产与消费情况, 并提出营养导向的分地区分季节果蔬消费品种建议.

1.1 数据的收集与预处理

科学决策的基础是比较准确地掌握情况. 但我国蔬菜和水果品种繁多, 无论是中国官方公布的数据还是世界粮农组织 (FAO) 等发布的数据均不完整, 缺失较为普遍, 而且品种、口径不一. 数据收集难度大.

数据收集建议选取联合国粮农数据库和中国种植司水果数据库和蔬菜数据库中存在的蔬菜和水果种类作为研究对象, 并对数据进行插值和异常值等处理, 选用某一年的数据将其补全 (如 2012 年), 按照产量大小顺序得到主要的水果和蔬菜品种, 列成表格进行阐述.

基本要求有三点: 1) 研究中要求标明数据来源; 2) 要求说明数据的处理方法及其根据; 3) 要求写出具体的水果和蔬菜品种.

能收集到的水果有苹果、梨、山楂、桃、李子、梅、杏、枣、樱桃、白金瓜、白兰瓜、哈密瓜、甜瓜、西瓜、芭蕉、菠萝、桂圆、荔枝、芒果、木瓜、人参果、香蕉、杨梅、杨桃、椰子、枇杷、橙、柑橘、柚、柠檬、葡萄、石榴、柿、无花果、猕猴桃、草莓) 等.

能收集到的蔬菜有白萝卜、胡萝卜、大头菜、扁豆、蚕豆、刀豆、豆角、荷兰豆、毛豆、四季豆、豌豆、豇豆、茄子、番茄、辣椒、白瓜、冬瓜、葫芦、黄瓜、苦瓜、南瓜、丝瓜、西葫芦、大蒜、大葱、小葱、洋葱、韭菜、大白菜、小白菜、油菜、卷心菜、花菜、西兰花、雪菜、菠菜、芹菜、生菜、香菜、茼蒿、空心菜、竹笋、百合、黄花菜、芦笋、菇、菱角、藕、地瓜、山药、芋头、姜等.

1.2 主要果蔬产品的筛选

由于果蔬产品品种繁多, 全部估计数据收集难度太大. 对这样的宏观问题, 恰当的方法是选取主要的水果和蔬菜品种进行研究. 因此, 要求主要的水果、蔬菜品种不仅总计产量要比较大, 而且这部分品种所蕴含营养素无论在成分上还是在含量上都能满足研究的需要.

由于人体的维生素和矿物质营养素主要来源于果蔬, 根据《中国食物成分表 2012 版 (修正版)》中单位蔬菜和水果的各营养成分含量和种类, 选取维生素主要包括维生素 A、维生素 B1、维生素 B2、维生素 B3、维生素 C、维生素 E, 矿物质主要包括钙、磷、钾、钠、镁、铁、锌、硒、铜、锰.

结合果蔬产品的微量元素成分, 运用数据分析方法 (如热图、聚类分析、线性规划、彩虹原则等), 分地区分季节筛选出主要的果蔬产品. 筛选时如果考虑运输、偏好等因素, 研究的结论将会更加实际.

基本要求有: 1) 要求说明选出来的产品不是全部的产品, 所占产量的比例要求说明, 建议设置“其他水果”单独作为一种水果和蔬菜进行研究; 2) 筛选主要果蔬产品方法要阐述清晰, 理由要充分.

1.3 主要果蔬消费量估计

果蔬产品的消费量不是产量, 因此首先要定义消费量和产量的转换公式, 即用损耗率结合供应量 (产量 + 进口 - 出口) 就能计算出主要水果和蔬菜的消费量. 只将产量乘以损耗率作估计是不对的. 鼓励采用损耗率之外的合理方法进行估计, 但没有发现这样的论文.

主要果蔬消费量趋势的预测模型及趋势分析方法较多, 也不需要追求方法的新颖. 鼓励

学生用组合预测或关联预测. 预测的结果要求给出模型检验、精度检验. 要求给出能够清晰展示趋势的图或表, 并作分析比较.

2 果蔬消费角度的中国居民营养健康状况预警研究

本问题要求摸清我国居民矿物质、维生素、膳食纤维等营养素摄入现状, 结合为保障人体健康所需要的各种营养成分的范围和预测的人均消费结果, 评价中国居民目前矿物质、维生素、膳食纤维等营养的年摄入水平是否合理. 按照水果和蔬菜近期的消费趋势, 至 2020 年, 中国居民的人体营养健康状况是趋于好转还是恶化?

2.1 人均营养摄入成分的计算

在得出果蔬实际消费量数据后, 参考《蔬菜类营养成分报表》和《水果类营养成分报表》的营养成分数据, 得到各果蔬含有的维生素 A、维生素 B1、钙、磷、钾等上述提到的 16 种营养素的微量元素含量表.

记微量元素 k 在果蔬 i 中的含量为 $Mu_{k,i}$ ($k = 1, 2, \dots, 16, i = 1, 2, \dots, 34$). 即可计算得到微量元素 k 在第 j 年的人均日摄入量 $UI_{k,j}$. 计算公式如下:

$$UI_{k,j} = \left(\sum_{i=1}^m Mu_{k,i} * C_{i,j}^* \right) / (Pop_j * Day_j)$$

其中 Pop_j 表示第 j 年的人口数量, Day_j 表示第 j 年的天数, m 表示果蔬品种数. 由上式所得到的即为微量元素 k 在第 j 年的人均日实际摄入量数值.

2.2 营养年摄入水平的评价

计算出我国成年居民主要微量营养素日常摄入量后, 参考《中国居民膳食营养素参考摄入量表 (2013 版)》指定的营养素推荐摄入量和适宜摄入量设置营养素摄入参考标准. 通过对维生素类和矿物质类营养素的日摄入量分析, 对我国维生素和矿物质摄入健康状况进行分析. 分析结论中要阐述哪些微量元素摄入水平不足, 哪些摄入过量, 哪些摄入在合理范围内. 鼓励列表画图加以说明.

另外, 还需要定义人体营养健康程度的综合指标, 以健康程度; 从营养整体分布阐述近年 (或近些年) 人体营养健康整体状况.

2.3 2020 年中国居民营养健康预测评估

结合逐年的营养健康数据进行预测, 要求建立预测模型, 并对模型进行检验. 分析 2020 年 (或若干年) 的综合指标变化情况, 定量分析健康状况的好转或恶化. 既可以从微量元素种类摄入的合理性进行研究, 也可以从营养健康综合指标的角度进行研究.

3 经济实惠下的果蔬消费品种选择

不同的蔬菜、水果尽管各种营养素含量各不相同, 但营养素的种类大致相近, 存在着食用功能的相似性. 所以, 水果与水果之间、蔬菜与蔬菜之间、水果与蔬菜之间从营养学角度在一定程度上可以相互替代、相互补充. 由于每种蔬菜、水果所含有的维生素、矿物质、膳食纤维成分含量不尽相同, 价格也有差异, 因而在保证营养均衡满足健康需要条件下, 如何选择消费产品是个普遍的问题.

3.1 果蔬替代分析

消费者消费营养成分相似的不同产品, 在消费偏好既定的前提下, 总是会选用价格相对低廉的产品. 基于这一理念, 结合前面各地区各季节筛选出来的消费品种, 首先要进行产品替代的营养分析, 即在营养成分相似的产品相互之间如何进行替代. 另外需要收集及处理各主要水果和蔬菜的价格数据.

3.2 建立消费成本优化建模

目标: 果蔬消费购买成本最低;

决策变量: 各主要水果蔬菜年人均消费量;

约束条件 1: 各营养成分需要达到合理范围;

约束条件 2: 可以根据偏好或当地实际情况, 确定每个品种的消费范围, 这个范围的确定需要阐述理由.

要求先建立理论模型, 然后再分区域、分季节进行实证. 重点研究一个地区就可以了, 其他地区需要给出结果, 为下一个问题做准备.

3.3 计算和分析结论

因为这个模型是一个线性规划, 因此计算并不复杂. 但要结合实际对计算结果进行讨论分析. 理论研究与现实生活还是有一定差别的, 不一定全局最优解就是最好的, 为了与现实相符, 有时需要放弃最优的决策, 进而选择次优的决策. 但阐述需要有充足的社会经济方面的理由.

4 果蔬产品生产的战略调整

为实现人体营养均衡满足健康需要, 国家可能需要对水果和蔬菜各品种的生产规模作出战略性调整. 一方面国家要考虑到居民人体的营养均衡, 并使营养摄入量尽量在合理范围内; 另一方面也要顾及居民的购买成本, 使其购买成本尽量低; 同时还要使种植者能够尽量获得较大收益; 而且, 作为国家宏观战略, 还要考虑进出口贸易、土地面积等其他因素.

基于上述考虑, 建立数学模型重新计算中国居民主要的水果和蔬菜产品的年度合理人均消费量, 并给出到 2020 年我国水果和蔬菜产品生产的调整战略, 这是本问题的研究目的.

4.1 建立购买成本 - 种植利益优化建模

本模型建议用目标规划.

第一步: 整理各个地区各果蔬品种生产利润数据;

第二步, 确定各种目标规划约束.

1) 各地区消费者购买果蔬产品的购买成本尽量不高于某一个值, 这个值可以结合可支配收入来确定. 这是一个柔性约束;

2) 全国每一种果蔬产品的销售收入不得低于某一个值, 这个值可以通过历史收入值来确定, 这也是一个柔性约束. 另外, 每个品种的国内生产量要设置成决策变量, 作为战略调整的核心变量, 这些变量也可根据实际确定范围;

3) 每一个微量元素摄入量必须在合理范围内, 这是一个刚性约束;

4) 设置每个品种的进出口量为决策变量, 与每个品种的国内生产量一起作为战略调整核心变量. 每个品种的进出口量也建议确定范围, 当然这个范围最好设置成柔性约束;

5) 确定每个地区的土地约束, 这是刚性约束.

另外, 还要设定目标规划中的优先级.

与前面类似, 要求先建立理论模型, 然后再进行实证.

4.2 计算和分析结论

如果选用的是目标规划, 那就要阐述计算思想. 如果是一般的线性规划, 那要求与前一问类似. 结果里面一定要给出针对现今各品种的生产实际情况, 阐述哪些果蔬品种中指需要作出调整, 哪些品种的进出口贸易也要对应作出调整.

4.3 2020 年果蔬战略调整方案

运用上述模型计算 2020 年的各种水果和蔬菜的调整方案. 包括:

- 1) 需要扩大生产的品种及扩大的产量;
- 2) 需要压缩生产的品种及压缩的产量;
- 3) 需要进口的品种及进口量;
- 4) 需要出口的品种及出口量等.

鼓励进行 2013-2020 年逐年的模型计算.

以如下的方法为优: 先预测某年 (如 2020 年) 的模型参数 (不是决策变量), 如价格、土地、贸易等参数, 再代入到模型进行计算;

而以如下方法为次: 即按照逐年调整值序列, 预测 2020 年的结果.

5 其他说明

1) 最后一问就结合前面的研究结论, 给相关部门提供政策建议. 要求有的放矢, 结合前面的研究结论进行相应的政策建议. 大而空、放四海皆可用的政策建议一律不认可.

2) 从学生做的论文看, 第一问存在的主要问题是品种选择没有进行营养分类, 数据的来源不加说明, 消费量混同于产量. 第二问存在的主要问题是没度量营养健康指标, 没有阐述营养健康的发展趋势. 第三问的主要问题是没分地区分季节进行模型的实证. 第四问存在的主要问题是因素考虑不全面, 一般学生没有考虑土地、贸易等因素.

3) 第三问和第四问, 学生论文中还是出现了一些有创造性的研究思路. 如第三问就有学生用目标规划, 第四问有学生用结构方程.

4) 本赛题最大的问题是数据收集, 这也是对应的国家项目最大的难题. 由于涉入保密, 项目组的调研数据没有提供. 但是我们出这道题主要还是要看学生的思路, 至于数据的完整性就不必苛求. 曾经查过外国数据库、做过数据的插值和异常值处理的学生对于这道题的适应性要强一些.

参考文献

- [1] 封志明, 史登峰. 近 20 年来中国食物消费变化与膳食营养状况评价 [J]. 资源科学, 2006(1): 2-8.
- [2] 李晓瑜. 微量营养素风险评估在食品强化标准制修订中的应用研究 [D]. 中国疾病预防控制中心, 2010.
- [3] 吕阳, 吕和荣. 从东北与苏北饮食差异分析心脑血管疾病的成因和预防 [J]. 中国社区医师 (医学专业), 2012, 33: 305-306.
- [4] 卢凌霄, 周应恒. 美国果蔬产地集中化趋势及对中国的启示 [J]. 农业展望, 2007, 11: 23-26.

- [5] 许世卫, 李哲敏. 以营养健康为重点目标的农业生产结构调整战略 [J]. 农业经济问题, 2006, 12: 30-33, 79.
- [6] 李哲敏. 中国城乡居民食物消费及营养发展研究 [D]. 中国农业科学院, 2007.
- [7] 张宏, 宋铭莉. 中国蔬果消费趋势研究与对策分析 [J]. 经营管理者, 2014, 11: 1-2.
- [8] 杨斌, 潘先海, 李永忠, 陈燕秋, 翟凤英. 海南省居民膳食结构与膳食营养素摄入状况研究 [J]. 中国热带医学, 2009, 09: 1673-1676, 1692.
- [9] 范铁欧, 刘爱玲, 何宇纳, 杨晓光, 徐贵发, 马冠生. 中国成年居民营养素摄入状况的评价 [J]. 营养学报, 2012, 01: 15-19.
- [10] 许世卫. 中国食物发展与区域比较 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.
- [11] 舒妍妍. 中国居民食物消费与营养素转换数据库应用系统的设计开发 [D]. 中国农业科学院, 2007.
- [12] 《中国居民膳食指南》(2007)(节录)[J]. 营养学报, 2008, 01: 2-18.
- [13] JEFFREY P. KOPLAN, M D, MPH, et al. Nutrient Intake and Supplementation in the United States (NHANES 11)[M]. The American Journal of Public Health, 1986: 287-289.
- [14] Jean Norris, DrPH, RD, et al. US trends in nutrient intake: the 1987 and 1992 National Health Interview Surveys[M]. APHA, 1997: 743-746.
- [15] Lydia A. Bazzano, Jiang He1, Lorraine G.Ogden, et al. Agreement on Nutrient Intake between the Databases of the First National Health and Nutrition Examination Survey and the ESHA Food Processor. American Journal of Epidemiology, 2002, 02: 78-84.
- [16] <http://faostat3.fao.org/home>

The Review of 2014 China Graduate Mathematical Contest in Modeling Num. D Question

WANG Xiao-yin

(College of Science, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract: At first, this article illustrates the research background of 2014 China Graduate Mathematical Contest in Modeling Num. D Question which is China fruit and vegetable development strategy research based on human nutrition health view. And then, based on every single question the author explains the research approach, research method and research conclusion. Finally, make some reviews to point out what're the questions, difficulty and innovation of this article.

Keywords: mathematic modeling; contest; review