

# 基于遗传算法的模糊综合评价在心理测量中的应用\*

余嘉元

(南京师范大学心理系, 南京 210097)

**摘要** 提出了运用模糊数学对李克特量表数据进行分析的方法, 探讨了人们在进行模糊综合评价时, 所采用的算子和对各个自变量的权重分配, 并且运用遗传算法(GA)来确定相关的权重。以大学生对康师傅红烧牛肉面的评价数据为例, 运用基于遗传算法的模糊综合评价方法, 发现男生采用了“最大最小”合成算子, 女生采用了“有界和、取小”合成算子。研究表明, 基于遗传算法的模糊综合评价方法可以对李克特量表的心理测量数据进行有效的分析。

**关键词** 心理测量; 模糊综合评价; 遗传算法; 李克特量表

**分类号** B841.7

## 1 前言

李克特量表是心理学中最常用的测量工具之一(Crocker & Algina, 1986/2004), 人们在对量表所得数据进行分析时, 通常采用数理统计的方法, 也就是说, 认为这些数据的不确定性是来源于随机性。然而心理测量和物理测量是有很多差异的, 由于心理测量的数据来自于被试的主观反应, 尤其是根据李克特量表所得的数据, 它的不确定性更多地是由于模糊性而产生的(Yu & Yu, 2007; Hwang, Takane, & DeSarbo, 2007)。模糊性和随机性在本质上是不同的, 随机性造成的不确定性是由于对事物的因果关系掌握不够, 即对事物发生的条件无法严格控制, 以至于一些偶然因素使实验结果产生了不确定性, 但是事物本身却是有明显含义的(秦寿康, 2003)。例如被试对于智力测验题目的作答往往会受到随机性因素的影响而体现出一定的不确定性, 对于这些数据运用数理统计的方法来处理是非常合适的。模糊性是指某些事物或概念的边界不清楚, 它反映了不同概念之间的过渡状态(秦寿康, 2003), 例如李克特量表中的“比较同意”、“非常同意”等概念就是模糊的, 可惜的是这种模糊性在目前的心理测量中没有得到很好的研究, 人们通常将

李克特量表的这些模糊概念直接记为 1 分至 5 分, 然后用数理统计的方法来进行处理, 显然这是不合适的, 因为李克特量表所得到数据的不确定性主要体现为模糊性, 那么模糊数学的方法是否可以对这类心理测量的数据进行分析呢, 这是需要探讨的问题。

在心理测量的某些领域常会运用李克特量表对多个变量进行评分, 例如在人员测评中, 对人员的德、能、勤、绩等变量进行评分; 在消费心理中, 对商品的外形、功能、价格、售后服务等变量进行评分。对于从多个变量所得到的李克特量表分数, 在心理统计中常用多元回归方程来描述它们之间的关系, 那么当考虑到这些数据的模糊性以后, 是否可以用模糊关系方程来表示它们之间的关系呢?

在模糊数学中, 模糊关系方程反映的是人们进行模糊综合评价的结果(梁保松, 曹殿立, 2007)。在模糊综合评价中, 人们将多个自变量的分数通过某种算子的变换得到因变量的分数, 这和多元回归方程非常相似, 但在模糊数学的框架下, 通常将自变量分数称作单因素评价, 将因变量分数称作评语集分数。在模糊综合评价中, 关键的问题是所采用的算子, 常用的有 4 种不同的算子(秦寿康, 2003)。模糊数学家通常假设人们在进行综合评价时采用了

收稿日期: 2009-02-08

\* 国家社科基金“十一五”规划课题(BBA080050)和江苏省教育科学“十一五”规划课题(D/2008/01/105)。

通讯作者: 余嘉元, E-mail: yujiayuanwx@163.com

“最大最小”算子,或称为“主因素决定型”算子(李鸿吉, 2005; Liang, Yang, & Sun, 2006; Sheng, Rong, Guo, & Zhou, 2008; Wen, 2008),但是这种假设至今并没有进行心理学的研究加以证实,那么人们在进行模糊综合评价时,究竟是采用了何种算子,这也是需要研究的。

模糊综合评价是将多个自变量分数整合成一个因变量分数的过程,那么在此过程中各个自变量的权重是多少呢?确定权重的传统方法是由专家来打分,显然这种方法具有较大的主观性,是否可以采用其它客观的方法来获取权重的分布呢?在运用多元回归方程时,通常采用最小二乘法来确定各个自变量的系数,这些系数体现了被试对于各个自变量的权重,这是心理统计中的方法,当各个自变量和因变量呈线性关系时,这种方法是合理的,但是它无法移植到模糊综合评价中。实际上,寻找最符合被试综合评价权重的工作是一个寻优问题,遗传算法(Genetic Algorithms, 简称 GA)模拟了生物的进化过程,是一种新型的全局寻优方法,那么是否可以运用到模糊综合评价的权重确定中呢?

一项有意义的研究,不仅要有学术上的价值,而且要有实际应用的需要。在当前金融危机对实体经济的影响日益加深的情况下,政府提出了多项扩大内需的政策,作为企业来说,如果不了解消费者的需要,就相当于闭着眼睛推销产品。因此了解消费者的购买心理、了解商品的各种属性对于消费者影响的权重大小就十分重要。

根据市场细分的原则,企业应该了解不同的目标消费群体对于商品属性的不同偏好(Groote & Kimenju, 2008; Fischer, 2007),了解他们在进行模糊综合评价时是否采用了相同的算子,因此需要分析不同被试对于商品进行模糊综合评价时所采用的算子和权重分布。

综合上述心理测量中的理论问题和实际需求,本研究以大学生对康师傅红烧牛肉面的评价数据为例,尝试把遗传算法和模糊综合评价方法结合起来对李克特量表数据进行分析,得到消费者对于商品各种属性的偏好,以及他们在模糊综合评价时所采用的算子。

## 2 模糊综合评价和遗传算法

### 2.1 模糊综合评价

#### 2.1.1 模糊集合

客观世界存在大量模糊概念,例如李克特量表

中的“比较同意”、“非常同意”等。为了对模糊概念进行数学表达,美国控制论专家 Zadeh 教授于 1965 年提出了模糊集合的概念,开创了模糊数学这一新学科。在模糊数学中,元素  $x$  与模糊集合  $A$  的关系打破了普通集合论中隶属度只能取 0 和 1 的限制,推广到可以取  $[0,1]$  区间中的任意值,并用  $\mu_A(x)$  来表示元素  $x$  对于模糊集合  $A$  的隶属度,  $\mu_A(x)$  被称作  $A$  的隶属函数。

如何确定某个具体问题的隶属函数,是运用模糊数学解决实际问题的重要步骤之一。国内外的专家提出了多种方法,最常用的有五点法、三分法、模糊分布法和模糊统计法。本研究将采用模糊统计法来得到隶属函数。

#### 2.1.2 模糊综合评价的要素

模糊综合评价是在考虑多种因素的情况下,将模糊数学作为工具对某事物做出综合评价。该评价模型包括三个要素(秦寿康, 2003):

(1) 因素集  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$

(2) 评语集  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$

(3) 单因素判断  $f(u_i) = \{r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in}\}$ ,  $r_{ij}$  构成模糊矩阵  $R$ 。

在本研究中,由被试对康师傅红烧牛肉面进行综合评价,其因素集包括味道、口感、外观包装、面饼大小、价格、调料包、广告宣传等 7 个因素,评语集包括非常不满意、比较不满意、一般、比较满意、非常满意等 5 项评语,单因素判断是被试对上述 7 个因素分别进行的评价。

#### 2.1.3 模糊综合评价的基本步骤

(1) 确定评价对象、因素集和评语集

本研究中的评价对象是康师傅红烧牛肉面,因素集和评语集如上所述。

(2) 建立评价因素的权重分配矢量  $A$

通常采用专家咨询法、层次分析法来确定权重分配矢量,这是一个非常困难的问题,专家往往很难把自己头脑中的权重用数字表示出来,因此在本研究中尝试用遗传算法把该权重矢量估计出来。

(3) 通过对各个单因素的评价得到模糊综合评价矩阵  $R$

(4) 进行合成运算得到综合评价结果  $B$

$B = A \circ R$ , 该方程称为模糊关系方程,这里的  $A = (a_1, a_2, \dots, a_m)$ ,  $B = (b_1, b_2, \dots, b_n)$ 。该方程中的合成运算是遵循何种算子进行的呢?数学家提出了 4 种不同的算子,从而形成了下面将要介绍的 4 种模型。本研究通过李克特量表直接得到了被试对康师

傅红烧牛肉面的综合评价结果, 因此要做的工作是从模糊关系方程中解出  $\underline{A}$ , 也就是对模糊综合评价进行逆运算, 从而得到权重矢量。

#### 2.1.4 模糊综合评价的模型

根据不同的合成运算算子, 得到了以下 4 种模型(秦寿康, 2003; 叶义成, 柯丽华, 黄德育, 2006):

(1) 主因素决定型, 其算子是  $M(\wedge, \vee)$ ,  $b_k = \bigvee_{1 \leq k \leq m} (a_k \wedge r_{kj}) = \max_{1 \leq k \leq m} \{\min(a_k, r_{kj})\}$ , 该算子只考虑最主要的因素, 其他因素并不真正起作用。

(2) 主因素突出 I 型, 其算子是  $M(\bullet, \vee)$ ,  $b_k = \bigvee_{1 \leq k \leq m} (a_k \bullet r_{kj}) = \max_{1 \leq k \leq m} \{a_k \bullet r_{kj}\}$ , 该模型比主因素决定型稍微精确一些, 因为它采用了普通的乘法, 兼顾了所有因素。

(3) 主因素突出 II 型, 其算子是  $M(\wedge, \oplus)$ , 这里的  $\oplus$  为有界和, 即  $S_1 \oplus S_2 \oplus \dots \oplus S_t = \min\left(1, \sum_{k=1}^t S_k\right)$ ,

由于权重之和等于 1, 因此  $b_j = \bigoplus_{k=1}^m (a_k \wedge r_{kj}) = \sum_{k=1}^m (a_k \wedge r_{kj})$ , 该模型运用了求和的方法, 其结果比主因素决定型要精确一些。

(4) 加权平均型, 其算子是  $M(\bullet, +)$ ,  $b_j = \sum_{k=1}^m (a_k \bullet r_{kj})$ 。从理论上讲, 该模型比上述 3 个模型都要精确。

虽然数学家们提出了这 4 种合成运算的算子, 但是人们在进行综合评价时究竟采用了何种算子、符合何种模型呢? 至今还没有心理学的实证研究予以判定, 因此是一个需要探讨的问题。

## 2.2 遗传算法

### 2.2.1 遗传算法概要

遗传算法是模拟生物在自然环境中的遗传和进化过程而形成的一种自适应全局优化概率搜索法(周明, 孙树栋, 1999)。它最早由美国密执安大学 Holland 教授于 20 世纪 60 年代提出, 至 80 年代形成基本框架。生物的进化过程主要是通过染色体之间的交叉和染色体的变异来完成的, 遗传算法在搜索最优解的过程中, 也是模仿了生物的这种进化过程, 将选择、交叉和变异等遗传算子作用于某个群体, 从而得到新一代群体。

### 2.2.2 遗传算法的构成要素

模仿生物进化的多样性, 人们提出了遗传算法

的多种编码方法和遗传算子, Goldberg 将它们归纳总结为一种统一的遗传算法, 称为基本遗传算法(Simple Genetic Algorithms, 简称 SGA)(Goldberg, 1989), 它的构成要素有:

- (1) 染色体编码方法
- (2) 个体适应度评价
- (3) 遗传算子, 包括选择、交叉、变异
- (4) 运行参数, 包括种群规模  $M$ , 终止进化代数  $T$ , 交叉概率  $P_c$ , 变异概率  $P_m$ 。

基本遗传算法可以定义为一个 8 元组:

$$SGA = (C, E, P_0, M, \Phi, \Gamma, \Psi, T)$$

式中,  $C$ : 个体的编码方式,  $E$ : 个体适应度评价函数,  $P_0$ : 初始群体,  $M$ : 种群规模,  $\Phi$ : 选择算子,  $\Gamma$ : 交叉算子,  $\Psi$ : 变异算子,  $T$ : 终止条件。

### 2.2.3 遗传算法的实现

#### (1) 编码方法

把一个问题的可行解从其解空间转变到遗传算法所能处理的搜索空间的转换方法称为编码, 它是运用遗传算法解决实际问题时的首要问题。常用的编码方法有二进制编码方法、格雷码编码方法、浮点数编码方法和符号编码方法等。二进制编码方法是用 0 和 1 所组成的符号串来表示个体; 格雷码是连续的两个整数所对应的编码值之间仅有一个码位是不同的、其余码位都完全相同的编码方法; 浮点数编码方法是将个体的每个基因值都用某一范围内的一个浮点数来表示, 也就是用变量的真实值来进行编码; 符号编码是指基因值取自于一个无数值含义、而只有代码含义的符号集。

人们通常根据所要解决问题的性质而采用不同的编码方式。由于浮点数编码能够表示范围较大的数, 得到精度较高的解, 而且具有较高的运算效率和便于在较大的空间进行遗传搜索, 因此本研究采用浮点数编码的方法。设所要优化的是最小化问题

$$\left. \begin{array}{l} \min f(x) \\ L(j) \leq x(j) \leq U(j) \end{array} \right\}$$

式中,  $x=\{x(j)\}$  为优化变量集,  $[L(j), U(j)]$  为  $x(j)$  的变化区间,  $f$  为目标函数。

在进行浮点数编码时, 利用如下线性变换

$$x(j) = L(j) + y(j)[U(j) - L(j)]$$

把初始变化区间为  $[L(j), U(j)]$  的第  $j$  个变量  $x(j)$  转化为  $[0, 1]$  区间上的浮点数  $y(j)$ , 这样使得所有的变量的取值范围都统一到  $[0, 1]$  区间上。

#### (2) 适应度函数

在遗传算法中用适应度来度量各个个体在优

化计算中有助于找到最优解的程度,度量个体适应度的函数称为适应度函数。群体的进化过程就是以群体中的各个个体的适应度为依据,通过反复迭代,不断寻求适应度最好的个体,直至得到问题的最优解或近似最优解。为了防止出现早熟现象,保持群体的多样性,就需要在遗传算法运行的不同阶段对个体的适应度进行适当的扩大或缩小,这被称作适应度尺度变换。常用的变换方式有线性尺度变换、乘幂尺度变换、指数尺度变换和排序尺度变换等。本研究中采用的是排序尺度变换,它是根据每个个体的适应度顺序而不是得分值来进行变换,最适合的个体的序号为 1,次之为 2,依次类推。这种变换的优点是使得个体的尺度值与种群大小  $n$  成正比,整个种群的尺度值之和等于要求生成的下一代父体的数目,避免了初始值界限的影响(雷英杰,张善文,李续武,周创明,2005)。

### (3) 选择算子

在生物遗传的过程中,对环境适应程度较高的物种将有更多的机会遗传到下一代,模仿这个过程,遗传算法使用了选择算子对个体进行优胜劣汰的操作。常用的选择算子有轮盘赌、最优保存策略、确定式采样选择、无回放随机选择、无回放余数随机选择、排序选择、随机联赛选择等(王小平,曹立明,2002)。本研究采用的是轮盘赌,其基本思想是各个体被选中的概率与其适应度大小成正比,适应度越高的个体被选中的概率越大。

### (4) 交叉算子

交叉算子是指两个相互配对的染色体按某种方式相互交换其部分基因,从而形成两个新的个体。常用的交叉算子有单点交叉、两点交叉、多点交叉、均匀交叉、算术交叉等。本研究采用的是两点交叉,它是在相互配对的两个个体编码串中随机设置两个交叉点,然后交换这两个交叉点之间的染色体。

### (5) 变异算子

变异算子是将染色体编码串中的某些基因座上的基因值用其他等位基因来替换,从而形成一个新的个体。常用的变异算子有基本位变异、均匀变异、边界变异、非均匀变异和高斯变异等。本研究采用的是高斯变异,它是用符合标准正态分布的一个随机数来替换原有的基因值,它比较适合于采用浮点数编码的情况。

## 2.3 基于遗传算法的模糊综合评价

和计算机相比,人往往能够更好地处理模糊的信息,建立模糊数学的初衷之一就是希望用数学的

方法来描述人的这种模糊信息处理过程,模糊综合评价所要描述的就是人是如何通过对单因素的评价来得到对事物整体评价的,其中的关键之一就是对于各个因素的权重究竟是多少,由于人很难用精确的数字将自己头脑中的权重分布表述出来,所以如何获得人在模糊综合评价时对各因素的权重值就是非常困难的事情。当研究者无法让被试把头脑中的权重分布用心理学中常用的口语报告法表述出来的时候,那么是否可以从其他途径来获得其权重呢?遗传算法出色的寻优功能提供了很好的启发,寻找权重的过程实际上就是搜索一组数值,使得它们代入模糊关系方程后所得到的结果和被试的实际反应最为一致(刘志明,吴明芬,许勇,2006),这就是一个寻找最优解的过程,因此本研究采用遗传算法来搜寻一组能够表示被试头脑中权重分布的数值,并且用被试的实际反应值来进行检验,所得结果显然要比口语报告法更加可靠。

## 3 实证研究

### 3.1 研究目的

本研究的目的是希望用实证数据来检验,模糊综合评价是否可以用来处理来自于李克特量表的心理测量数据?人们在对多因素进行综合评价时,究竟是采用了何种算子?不同的被试对于相同对象进行综合评价时,所采用的算子是否相同?他们对各种属性的权重分布是如何的?遗传算法是否可以用来搜索到消费者对于商品各属性进行评价的偏好?

### 3.2 数据来源

在座谈、问卷调查的基础上,编制了“方便面调查问卷”,对南京市的南京师范大学等三所大学的大学生进行了问卷调查。要求被试就影响其购买意愿的味道、口感、价格、调料包、面饼大小、外观包装、广告宣传等七个方面,对康师傅、统一、今麦郎、福满多、日清等五种品牌的方便面,运用李克特 5 点量表方法进行评价,并且就其本人的购买意愿进行 1 分~5 分的打分,1 分表示“非常不愿意购买”,5 分表示“非常愿意购买”。每个品牌包括若干种有代表性的产品,例如康师傅品牌包括红烧牛肉面、蟹黄狮子头、葱油拌面等,统一品牌包括好劲道红烧牛肉味、好劲道雪菜肉丝味、巧面馆酸豆角牛肉味等,共计 22 个品种的方便面。经过对数据的初步整理,删除了部分数据不完整和作答不认真的问卷,得到有效问卷 643 份,其中男生 287 人,女

生 356 人。本文作为基于遗传算法的模糊综合评价在心理测量中的初步研究, 仅就这些大学生对康师傅红烧牛肉面的评价数据进行了分析。

### 3.3 研究步骤

#### 3.3.1 因素集 $U$ 和评语集 $V$

$$U = \{u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7\}$$

= {味道, 口感, 外观包装, 面饼大小, 价格, 调料包, 广告宣传}

$$V = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5\}$$

= {非常不满意, 比较不满意, 一般, 比较满意, 非常满意}

#### 3.3.2 男生的评价矩阵

$$R1 = \begin{bmatrix} .36 & .50 & .12 & .02 & .00 \\ .28 & .60 & .12 & .00 & .00 \\ .20 & .48 & .20 & .12 & .00 \\ .20 & .38 & .22 & .20 & .00 \\ .12 & .40 & .30 & .16 & .02 \\ .28 & .40 & .18 & .10 & .04 \\ .32 & .40 & .16 & .08 & .04 \end{bmatrix}$$

#### 3.3.3 女生的评价矩阵

$$R2 = \begin{bmatrix} .46 & .39 & .12 & .01 & .03 \\ .41 & .40 & .14 & .04 & .01 \\ .21 & .39 & .37 & .04 & .00 \\ .13 & .33 & .39 & .10 & .04 \\ .13 & .25 & .39 & .17 & .05 \\ .27 & .38 & .29 & .04 & .01 \\ .27 & .37 & .35 & .00 & .00 \end{bmatrix}$$

#### 3.3.4 男生的综合评价结果

$$B1 = [.23 \ .34 \ .20 \ .18 \ .05]$$

#### 3.3.5 女生的综合评价结果

$$B2 = [.25 \ .42 \ .23 \ .05 \ .05]$$

#### 3.3.6 编写适应度函数程序

依据模糊综合评价中 4 种不同模型中采用的合成算子, 运用 MATLAB 语言编写适应度函数程序。将根据遗传算法所得综合评价结果与被试实际综

合评价结果间的欧氏距离作为适应度  $S$ 。

$$S = \sqrt{\sum_{j=1}^m (d(j) - q(j))^2}$$

式中,  $d(j)$  为经过归一化的遗传算法所得综合评价在第  $j$  个等级上的分数,  $q(j)$  为经过归一化的被试实际综合评价在第  $j$  个等级上的分数,  $m$  为评价等级的数目。

#### 3.3.7 参数设置

在 MATLAB7.6 遗传算法工具箱 GADS 的 GUI 中进行如下参数设置(雷英杰, 张善文, 李续武, 周创明, 2005):

种群类型: 双精度矢量; 种群规模: 100; 创建函数: 均匀分布; 适应度尺度变换: 排序; 选择算子: 轮盘赌; 精英个数: 4; 交叉率: 0.80; 变异算子: 高斯变异; 交叉方式: 两点交叉; 迁移: 双向迁移; 混合函数: fmincon。约束条件: 下界: 0; 上界: 1。终止运算条件: 代数: 1000; 适应度限: 0; 停滞代数: 100; 其余参数均取默认值。

#### 3.3.8 记录遗传算法运行结果

遗传算法工具箱 GADS 是寻找适应度函数最小值的, 由于随机性的影响, 在相同参数设置条件下, 多次运行的结果会略有差异, 于是就取其中使得适应度函数值最小的权重分布作为该参数条件下的计算结果。

### 3.4 研究结果

#### 3.4.1 关于合成运算的算子

遗传算法所得到的男生和女生在不同算子的模型下对康师傅红烧牛肉面各因素评价的权重和适应度如表 1 所示。

由上表可见, 对于男生而言, 模型 1 的适应度值最小, 因此可以认为男生在进行模糊综合评价时采用了模型 1 的合成运算算子  $M(\wedge, \vee)$ 。对于女生而言, 模型 3 的适应度值最小, 因此可以认为女生采用了模型 3 的合成运算算子  $M(\wedge, \oplus)$ 。

表 1 不同算子模型下的权重和适应度

性别	模型	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	适应度
男	1	.0525	.2442	.3707	.2695	.0991	.2517	.1446	.0045
	2	.0879	.5328	.5299	.8577	.6416	.7983	.1911	.0173
	3	.0057	.0000	.0181	.5018	.1600	.0410	.8855	.0224
	4	.0000	.0000	.0000	1.0000	.0000	.0364	.2995	.0616
女	1	.1379	.2337	.0260	.0397	.0484	.5134	.2761	.0742
	2	.3197	.1034	.3056	.6168	.0691	.9992	.5201	.0787
	3	.3864	.7506	.6823	.3300	.0329	.0026	.0000	.0616
	4	.0000	.9957	.2063	.7032	.0000	.0003	.0000	.0721

### 3.4.2 关于模糊综合评价的权重

将表 1 中男生在模型 1 中的权重和女生在模型 3 中的权重分别进行归一化, 得到数据如表 2

表 2 归一化后的权重

性别	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7
男	.0367	.1705	.2588	.1882	.0692	.1757	.1010
女	.1769	.3436	.3123	.1510	.0151	.0012	.0000

表 3 权重的排序

性别	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7
男	7	4	1	2	6	3	5
女	3	1	2	4	5	6	7

## 4 讨论

### 4.1 关于运用模糊综合评价方法对李克特量表数据的处理

由于从李克特量表得到的被试作答具有一定的模糊性, 本研究运用模糊综合评价的方法对这些数据进行处理, 就大学生对康师傅红烧牛肉面的评价实例表明, 对于男生而言, 模糊综合评价模型所得理论数据和实际数据之间的欧氏距离为 0.0045, 对于女生而言, 这两组数据之间的欧氏距离为 0.0616, 也就是说, 理论数据和实际数据之间的差异是很小的, 这说明模糊综合评价方法是可以运用于对李克特量表数据处理的。

### 4.2 关于模糊综合评价方法中的合成运算算子

模糊综合评价方法可以运用于李克特量表数据处理的结论, 是建立在寻找到合适的合成运算算子基础上的。从上述计算结果也可以看出, 女生数据的欧氏距离要比男生数据的欧氏距离大, 这说明对于女生也许还可以找到更好的算子。合成运算的算子在本质上反映了人的认知活动在信息加工过程中的不同特点, 因此寻找更好算子的工作需要心理测量工作者和认知心理学专家共同的努力。

本研究发现男生和女生运用了不同的算子, 就对康师傅红烧牛肉面的评价而言, 男生采用了模型 1 中的“最大最小”算子, 该算子最终只是取了  $m$  个  $a_k \wedge r_{kj}$  中的最大值, 从而淘汰了其他因素, 这反映了男生在做出是否购买的决定时, 思考得比较简单, 往往只是考虑了自己认为的最主要因素, 如果对该因素的评价较高, 就会产生购买意愿。女生采用的是模型 3 中的算子, 用“有界和”(即“加法”)代替了模型 1 中的“最大”运算, 也就是说, 各个因素都有

所示。

将表 2 中的数据按照权重的大小排列, 得到被试对于各个因素的权重顺序如表 3 所示。

机会参与整体的评价, 主因素的作用就不如模型 1 那么突出了, 这也反映了女生在做出是否购买的决定时, 比男生要思考的更加全面一些, 这一分析结果和实际情况是比较一致的。

### 4.3 关于遗传算法的运用

本研究运用遗传算法来反演模糊综合评价中的权重, 遗传算法是一种全局优化的智能技术, 在计算机科学、工程技术领域中已经得到了成功的应用, 但是在心理测量中的应用还很少。在综合评价中, 权重反映了人们对各个因素的不同重视程度, 从本质上讲这是一个心理学问题, 但是被试往往很难将自己头脑中的这种权重分布表述出来, 本研究运用遗传算法在整个解空间搜索出了被试对于康师傅红烧牛肉面评价的权重分布, 这为今后进行心理学的类似研究提供了一种新的方法。但是由于遗传算法的运算相当复杂, 需要设置的参数很多, 本研究也是在多次调试后才找到比较合适的参数, 而且遗传算法本身还在不断发展中, 这就需要心理学工作者在将该方法运用到心理测量中时进行更深入的学习和研究。

### 4.4 关于权重分布

本研究运用遗传算法分别得到了男生和女生对康师傅红烧牛肉面进行模糊综合评价的权重分布。从计算结果(表 3)可以看出, 男生最重视的前两个因素是“外观包装”和“面饼大小”, 最不重视的因素是“味道”, 其次是“价格”, 这也从另一个侧面反映出男生在购买方便面时的思考确实是比较简单, 只要从表面上看看“外观包装”是否好看、“面饼大小”是否满意就会做出是否购买的决定了, 而对于“味道”和“价格”等实质性的因素却非常不重视。从表 3 还可以看出, 女生最重视的前两个因素是“口感”和“外观包装”, 最不重视的因素是“广告宣传”, 其次是“调料包”, 这也反映出女生在购买方便面时比男生要更加细心和全面, 虽然她们也重视“外观包装”, 但是更加注重“口感”, 而对于“广告宣传”则

是完全不重视的,她们相信自己的“口感”,而不相信外部的广告宣传。另外,从表 2 可以看出,女生在“口感”和“味道”这两个因素上的权重都比男生要高得多,可见女生在对方便面这类食品的选购上,更加重视对它们的主观品尝的感觉,这也为心理学工作者研究不同性别被试的消费心理提供了很好的资料。

#### 4.5 关于应用

对于心理学工作者,本文仅就大学生对康师傅红烧牛肉面的评价数据进行了分析,所得到的算子和权重分布是否也适合于他们对其他方便面的评价,还需要进一步研究。本文反映的是当前南京地区大学生对方便面评价的权重,在其他地区的大学生是否也是这样呢?不同家庭背景、经济条件的大学生是否有差异呢?其他消费群体所采用的算子和权重分布是什么呢?随着社会经济的发展和人民生活水平的提高,消费者所采用的算子和权重是否会发生变化呢?这都需要进一步研究。

对于生产厂商来说,消费者就是上帝,运用李克特量表得到消费者对产品各属性的评价数据,并从这些数据中得到有价值的信息,就是读懂“上帝语言”的过程,这是企业发展的永恒主题之一。该研究主要是提供了一种帮助企业读懂“上帝语言”的新方法,但是本研究只是对大学生评价康师傅红烧牛肉面的有关数据进行了分析,今后还可以对更多的商品进行分析。

在目前金融危机的情况下,中央提出了扩大内需的方针,采取了家电下乡等优惠措施,显然,农村消费者对于家电评价的权重分布就可能和城市消费者不同。农村幅员广大、自然条件相差很大,有些地区可能电视信号较差,农民就要求电视机灵敏度要高(权重较大),对于诸如环绕立体声、画中画、超重低音等奢侈功能就没有要求(权重极小);农民的文化程度可能较低,对于家电的操作就要求简便易学,这方面的权重可能也要高于城市居民。总之,企业只有及时掌握这些信息,才能够把扩大内需的政策落到实处。本研究为企业提供了更好掌握消费者需求的方法,具有一定的应用价值。

## 5 结论

(1) 运用基于遗传算法的模糊综合评价方法可以对李克特量表的心理测量数据进行分析,得到被试所采用的合成运算算子,以及被试对各个因素的权重分布。

(2) 不同性别的大学生对于方便面的模糊综合评价采用了不同的合成运算算子,他们在评价时的权重分布也是不同的。

(3) 基于遗传算法的模糊综合评价方法对于心理测量和消费心理学的研究是有价值的,对于企业也是有意义的。

致谢:感谢南京师范大学心理系学生在数据搜集过程中所提供的帮助!感谢五邑大学刘志明在编写遗传算法程序时所给予的指导和帮助!

## 参 考 文 献

- Crocker, L., & Algina, J. (2004). *Introduction to classical and modern test theory* (Y. Jin et al. Trans). Shanghai, China: East China Normal University Press. (Original work published 1986)
- [克罗克, 阿尔吉纳著. (2004). *经典和现代测验理论导论*. (金瑜等译). 上海: 华东师范大学出版社.]
- Fischer, A., & Hanley, N. (2007). Analysing decision behavior in stated preference surveys: A consumer psychological approach. *Ecological Economics*, 61, 303–314.
- Goldberg, D. E. (1989). *Genetic Algorithms in Search: Optimization and Machine Learning*. NJ: Addison-Wesley Publishing.
- Groote, H. D., & Kimenju, S. C. (2008). Comparing consumer preferences for color and nutritional quality in maize. *Food Policy*, 33, 362–370.
- Hwang, H., Takane, Y., & DeSarbo, W. S. (2007). Fuzzy clusterwise growth curve models via generalized estimating equations: An application to antisocial behavior of children. *Multivariate Behavioral Research*, 42(2), 233–259.
- Lei, Y. J., Zhang, S. W., Li, X. W., & Zhou, C. M. (2005). *MATLAB Genetic Algorithms Toolbox and Its Applications*. Xian, China: Xidian University Press.
- [雷英杰, 张善文, 李续武, 周创明. (2005). *MATLAB 遗传算法工具箱及应用*. 西安: 西安电子科技大学出版社.]
- Li, H. J. (2005). *Fuzzy Mathematics: Introduction and Its Applied Algorithms*. Beijing, China: Science Press.
- [李鸿吉. (2005). *模糊数学基础及实用算法*. 北京: 科学出版社.]
- Liang, B. S., & Cao, D. L. (2007). *Fuzzy Mathematics and Its Applications*. Beijing, China: Science Press.
- [梁保松, 曹殿立. (2007). *模糊数学及其应用*. 北京: 科学出版社.]
- Liang, Z., Yang, K., & Sun, Y. (2006). Decision support for choice optimal power generation projects: Fuzzy comprehensive evaluation model based on the electricity market. *Energy Policy*, 34, 3359–3364.
- Liu, Z. M., Wu, M. F., & Xu, Y. (2006). A method of weight conformation based on genetic algorithm. *Journal of Wuyi University (Natural Science Edition)*, 20(3), 45–48.
- [刘志明, 吴明芬, 许勇. (2006). 一种基于遗传算法的权重的确定方法. *五邑大学学报(自然科学版)*, 20(3), 45–48.]
- Qin, S. K. (2003). *Comprehensive Evaluation Theory and Applications*. Beijing, China: Publishing House of Elec-

- tronics Industry.
- [秦寿康. (2003). *综合评价原理与应用*. 北京: 电子工业出版社.]
- Sheng, G., Rong, D., Guo, H., & Zhou, Y. (2008). Fuzzy comprehensive evaluation on the quality of different mixed feeds for fattening lambs by using in vitro method. *Live-stock Science*, 115, 137–143.
- Wang, X. P., & Cao, L. M. (2002). *Genetic Algorithms: Theory, Applications and Software*. Xian, China: Xi'an Jiaotong University Press.
- [王小平, 曹立明. (2002). *遗传算法——理论、应用与软件实现*. 西安: 西安交通大学出版社.]
- Wen, K. (2008). A Matlab toolbox for grey clustering and fuzzy comprehensive evaluation. *Advances in Engineering Software*, 39, 137–145.
- Ye, Y. C., Ke, L. H., & Huang, D. Y. (2006). *Systematic Comprehensive Evaluation Technique and Its Applications*. Beijing, China: Metallurgical Industry Press.
- [叶义成, 柯丽华, 黄德育. (2006). *系统综合评价技术及其应用*. 北京: 冶金工业出版社.]
- Yu, S., & Yu, M. (2007). Fuzzy partial credit scaling: A valid approach for scoring the Beck Depression Inventory. *Social Behavior and Personality*, 35(9), 1163–1172.
- Zhou, M., & Sun, S. D. (1999). *Genetic Algorithms: Theory and applications*. Beijing, China: National Defense Industry Press.
- [周明, 孙树栋. (1999). *遗传算法原理及应用*. 北京: 国防工业出版社.]

## Application of Genetic Algorithms-based Fuzzy Comprehensive Evaluation in Psychological Measurement

YU Jia-Yuan

(Department of Psychology, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China)

### Abstract

The Likert scale has often been used in psychological measurement, with quantitative statistical methods being frequently employed to analyze the data so obtained. In fact, the concepts on the Likert scale are fuzzy and thus, fuzzy mathematics would be useful for the analyses of these data.

Due to the vague nature of the data, fuzzy comprehensive evaluation can be used to describe the relations among the variables on the Likert scale. Mathematicians often assume that people use the “maximum minimum operator” when they are forming comprehensive evaluation. However, there is no psychological or empirical evidence for this assumption. To address this question, this study explored which operators were employed and whether everybody used the same operators in fuzzy comprehensive evaluation.

The present study investigated the evaluation made by undergraduates on Master Kong beef instant noodle. The genetic algorithms and fuzzy comprehensive evaluation were used together to analyze the Likert scale data. The consumers' preference for different attributes of the products and the operators being used were obtained.

According to different compound operators, there are four fuzzy comprehensive evaluation models: i) main factor determined type; ii) main factor prominent I type; iii) main factor prominent II type; and iv) weighted average type.

A total of 643 undergraduate response data on the 5-point Likert scale were obtained, while 287 of them were males and 356 females. The participants rated on their taste, flavor, price, soup base, quantity of noodle, appearance, advertisement and intention to purchase for Master Kong beef instant noodle. The evaluation matrix for males and females were prepared respectively from the empirical data.

For each of the 4 models of fuzzy comprehensive evaluation, the fitness function programs were respectively constructed with the MATLAB language. The Euclid distance between the model computed scores and the actual comprehensive evaluation scores were used as a measure of fitness index S.

The results demonstrated that males' fuzzy comprehensive evaluation complied with model 1, that is, when the “max min” compound operator was used. For the females' fuzzy comprehensive evaluation complied with



model 3, that is, it followed the “limitary sum min” compound operator.

Males’ decision in purchasing is simple, with greatest attention to the appearance, and quantity of noodles. On the other hand, females’ decision in purchasing was relatively more conscious, with most attention to the flavor and appearance of the instant noodle.

The research supported the following findings: (i) Genetic algorithms-based fuzzy comprehensive evaluation method could be used to analyze psychological measurement data from the Likert scale. It could be used to obtain the compound operators that subjects used as well as the weight vectors for factors being adopted. (ii) Undergraduate of different genders employed different compound operators and weight distribution when they were asked to assessed the instant noodle comprehensively. (iii) It is useful to apply the genetic algorithms-based fuzzy comprehensive evaluation on the research of psychological measurement and consume psychology. The method also had other less obvious business applications.

**Key words** psychological measurement; fuzzy comprehensive evaluation; genetic algorithms; the Likert scale