

基于神经网络和可拓学的高中生解决矛盾问题研究^{*}

余嘉元

(南京师范大学 教科院心理学系 南京 210097)

摘 要 运用自组织神经网络 SOM 将学生划分为 3 个不同学习成绩的组别。考察他们在解决矛盾问题时所采用的算子,并运用方差分析和多重比较方法进行差异显著性检验。结果表明,高中生能够采用多种可拓算子来解决矛盾问题,学习成绩和可拓算子的使用间存在复杂的关系,某些可拓算子的使用在三组学生间并无显著性差异,某些可拓算子的使用在两组学生之间没有显著性差异。

关键词 矛盾问题 可拓算子 SOM 网络 学生成绩

中图分类号:B842.5

文献标识码:A

文章编号:1003-5184(2006)04-0059-04

1 引言

在对人类解决矛盾问题深入研究的基础上,中国学者蔡文研究员创立了可拓学这门崭新的学科^[1],许多学者的关注点都集中在怎样建立可拓方法的形式化模型方面,作为心理学工作者则更关心怎样让青少年学生很好地学习和掌握各种可拓方法,为此就要了解他们在解决生活和学习中的矛盾问题时,通常采用了哪些可拓方法?他们对于可拓方法的掌握和学习成绩是否有关?考虑到青少年学生的年龄跨度比较大,研究首先取高中生作为研究对象,今后将再对小学生、初中生和大学生进行类似研究。

可拓学把矛盾问题分为三类:第一类为不相容问题,即主观和客观矛盾的问题;第二类为对立问题,即主观和主观矛盾的问题;第三类是自然界存在的客观矛盾问题。可拓学主要研究第一和第二类矛盾问题^[2],因此在研究中所考虑的就是这两类矛盾问题。

2 研究方法

2.1 研究假设和设计

假设 虽然学习成绩是反映学生知识水平的主要显性指标,但由于知识和解决矛盾问题的创造性能力之间存在迄今未知的复杂非线性关系,学习成绩的高低和解决矛盾问题的能力之间并不存在完全的对应关系。

整个研究涉及两组变量,第 1 组变量是学生主要学科的学习成绩,即语文、数学、英语、物理、化学的成绩,以他们最近一次统一考试的分数作为指标;

第 2 组变量是学生在解决矛盾问题时所采用的算子,通过对学生提出的解决矛盾问题方案进行分析,采用认知心理学中的编码方法,将其进行量化而得到。

依据研究假设,首先根据学生的各科成绩将他们分类,在统计学中最常用的方法是聚类分析,但由于“统计方法聚类要求所有数据必须预先给定,不能动态增加新的数据,另外其要假设各属性的概率分布是相互独立^[3],同时统计方法“对于线性可分问题能够给予精准的表达,但对于线性不可分问题却缺少有效的解决办法^[4]。针对统计学聚类方法的缺点,采用人工神经网络中的自组织网络 SOM 把对象进行聚类,将学生划分成不同的类别。同时运用问卷作答的方法,搜集学生对于矛盾问题的解决方法,并且从中整理出他们解决矛盾问题的各种算子以及使用这些算子的频数。最后,运用方差分析和多重比较方法检验不同类别的学生采用的算子频数是否存在显著差异。

2.2 研究对象

江苏省常州市某中学高中一年级学生 119 人,其中男生 80 人,女生 39 人。

2.2 问卷材料

结合学生的学校生活实际编制了问卷,包含有两个矛盾问题,内容如下:

1)王玲想给得了白血病的同学捐款,可是自己的零用钱都已经花光了,你可以帮她想办法来解决这个问题吗?

2)学校开设了初等数学和英语阅读两个课外兴趣

^{*} 基金项目:全国教育科学“十五”规划项目教育部重点课题(DBB010511)。

班 陈明对它们都非常感兴趣,希望能够同时参加两个班的学习。但是这两个兴趣班的上课安排在同一时间,你可以帮助陈明找到解决这个问题的办法吗?

可拓学和认知心理学关于“问题”的定义非常相近,并且它还采用形式化的方法对问题进行描述。对于给定目标 G 和条件 L ,其构成问题 P 记作 $P = G * L$ 。对于不相容问题,给定的条件 L 不能使目标 G 实现,就把问题 P 记作 $P = G \uparrow L$,上述的问题 1 就是这种不相容问题。对于对立问题,其中最简单的是有两个目标 G_1 和 G_2 ,条件 L 无法使这两个目标同时实现,就把问题 P 记作 $P = (G_1 \wedge G_2) \uparrow L$,上述的问题 2 就是这种对立问题。

3 研究过程

3.1 运用 SOM 网络对学生分类

为了根据学生的学科成绩对其进行分类,首先搜集了这 119 个学生最近一次统考的语文、数学、英语、物理、化学成绩,从而构成一个 5 维空间。由于无法保证各科分数之间的独立性以及各个类别之间的线性可分性,就不宜运用统计学中的聚类分析方法将学生进行分类。心理测量专家 Albert Sese 等人的研究表明,对于教育和心理测量的数据可以运用人工神经网络进行有效的处理^[5]。芬兰学者 Kohonen 教授于 1981 年提出了一种自组织特征映射网络(简称 SOM 网络),可以在无导师的情况下进行自组织学习^[6]。

SOM 网络由输入层和竞争层组成,输入层由一维神经元组成,有 n 个节点,竞争层的神经元排列成二维形式的节点矩阵。该网络可以将任意维度的输入模式以拓扑有序的方式变换到一维或者二维的离散空间上,这种变换就称作特征映射,SOM 网络的学习算法包括竞争、合作和更新三个阶段。

在竞争阶段中,网络确定了输出最大的神经元为获胜神经元,假设输入向量为 X ,联结第 c 个神经元的权值向量为 W_c ,那么获胜神经元满足以下条件:

$$\|X - W_c\| = \min_i \|X - W_i\| \quad i = 1, 2, \dots, M.$$

式中 $\|\cdot\|$ 表示求输入向量 X 和权值向量 W_i

的欧氏距离, M 为竞争层神经元的数目。

在合作阶段中,网络确定了获胜神经元的邻域半径,在该邻域内的神经元都不同程度地得到加强。邻域半径 $N_c(t)$ 随着网络迭代的次数 t 而变化,其规律为:

$$N_c(t) = INT(N_c(0)(1 - t/T)), \quad t = 0, 1, 2, \dots, T$$

式中 $N_c(0)$ 表示初始邻域半径, T 为总的迭代次数, $INT(\cdot)$ 表示取整函数。

在更新阶段中,采用如下的 Hebb 学习规则对获胜神经元邻域内的神经元进行权值向量的更新:

$$W_j(t+1) = W_j(t) + \eta(t)(X - W_j(t)), \quad t = 0, 1, 2, \dots, T$$

式中 $\eta(t)$ 为学习速率 ($0 < \eta(t) < 1$),它随着迭代次数的增加而减小,其变化规律为:

$$\eta(t) = \eta(0)\left(1 - \frac{t}{T}\right), \quad t = 0, 1, 2, \dots, T$$

SOM 网络通过上述的学习算法,对于每一个输入调整一部分权重,使权向量更加接近或更加偏离输入向量,在这个竞争学习过程中,所有的权向量在输入向量空间不断分离与组合,最后形成了各自代表输入空间的一类模式。

研究运用 MATLAB 工具箱提供的 SOM 神经网络函数,以学生在 5 门课程的学习成绩作为输入。首先进行初始化,对于各个连接权赋予 $(0, 1)$ 区间的随机数并且进行归一化处理,设置学习速率的初始值 $\eta(0)$ 为 0.9,最大学习次数 T 为 2500,设置邻域半径的初始值 $N_c(t)$ 为 6。将第一个训练向量归一化处理并输入至网络,计算输入向量和权重向量的欧氏距离,从中选出距离最小的作为获胜神经元,调节获胜神经元及其邻域神经元的权重,然后逐个向网络输入各个训练向量,并反复进行上述的欧氏距离计算和权重调整,直至所有训练集中的向量都被输入。令 $t = t + 1$,重复上面的过程,直至 $t = T$ 。

神经网络运行的结果将 119 个学生划分成了三个组别,第 1 组 27 人,第 2 组 77 人,第 3 组 15 人。为了分析这三个组在学习成绩上的特点,对于他们的各科学习成绩进行了方差分析,得到结果如表 1 所示。

表 1 各组学习成绩的平均数及其差异显著性检验

| 组别 | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 |
|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 116.20 | 112.08 | 111.74 | 125.64 | 130.51 |
| 2 | 105.59 | 84.33 | 89.89 | 97.59 | 101.11 |
| 3 | 97.60 | 72.00 | 77.60 | 62.80 | 65.40 |
| F 值 | 29.446 ** | 43.563 ** | 56.752 ** | 90.416 ** | 81.073 ** |

表中的 X1、X2、X3、X4、X5 分别代表语文、数学、英语、物理、化学的成绩 ,表中列出了各组学生这些科目上得分的平均数 ,这些测验的满分值都是 150 分。方差分析的结果表明 ,这三组学生在各门课程上的学习成绩都存在显著差异 ,第 1 组的学生各科的学习成绩都较好 ,第 3 组的学生各科的学习成绩都较差 ,第 2 组学生的各科学业成绩介于上述两组之间。方差分析的结果也验证了运用 SOM 网络对于学生的分类结果是和实际情况相符合的 ,三组学生之间是存在明显差异的。

3.2 提取学生解决矛盾问题的可拓算子

在物元概念的基础上 ,我国学者杨春燕研究员又提出了事元的概念^[7] ,并且指出对于矛盾问题可以采用事元来形式化地表示 ,其中最基本的是由动词、动词的特征及其相应的量值构成的有序三元组 ,它被称为一维事元 ,动词的基本特征有支配对象、施动对象、接受对象、时间、地点、程度、方式、工具等八个。认知心理学认为 ,人们对于问题的解决就是采用各种算子对状态空间进行变换 ,使得对象从初始状态转变至目标状态。研究考察人们是怎样运用可拓方法来解决矛盾问题的 ,于是把解决问题过程中引起状态变化的算子称为可拓算子。根据学生对于两个矛盾问题作答中所提出的各种解决方案 ,可以

整理出如下的可拓算子。

| 表 2 解决不相容问题的可拓算子 | | |
|------------------|--------|----------------|
| 算子代号 | 算子内容 | 算子实例 |
| a11 | 替换施动对象 | 让其他人捐 |
| a12 | 利用可组合性 | 先挣钱 ,再捐钱 |
| a13 | 改变目标 | 睡一觉 ,忘掉此事(不捐了) |

| 表 3 解决对立问题的可拓算子 | | |
|-----------------|--------|----------|
| 算子代号 | 算子内容 | 算子实例 |
| a21 | 利用可组合性 | 先录音 ,后播放 |
| a22 | 替换时间 | 请老师调课 |
| a23 | 改变规则 | 轮流上两门课 |
| a24 | 改变目标 | 放弃一门课 |

由上述两表内容可见 ,人们在解决不相容问题和对立问题时 ,采用的有些算子是相同的 ,例如“ 利用可组合性 ”、“ 改变目标 ” ,而有些算子则是不同的 ,例如“ 替换施动对象 ”、“ 替换时间 ”、“ 改变规则 ”。

3.3 各组学生运用算子的比较

根据学生的学习成绩 ,运用 SOM 网络方法已经把学生分成了三个组 ,那么这三组不同成绩的学生在解决矛盾问题所采用的算子有没有显著差异呢 ? 为此运用方差分析进行了检验 ,得到结果如下表所示。

表 4 各组学生运用算子的平均数及其差异显著性检验

| 组别 | a11 | a12 | a13 | a21 | a22 | A23 | a24 |
|-----|-------|---------|---------|-------|-----------|---------|---------|
| 1 | 1.64 | 4.48 | 0.79 | 1.93 | 0.95 | 0.99 | 0.98 |
| 2 | 1.37 | 3.44 | 0.22 | 1.70 | 0.41 | 0.48 | 0.59 |
| 3 | 1.10 | 2.00 | 1.20 | 1.28 | 0.00 | 0.60 | 2.00 |
| F 值 | 1.088 | 4.081 * | 4.373 * | 1.866 | 7.762 * * | 3.119 * | 4.058 * |

检验结果表明 ,各组学生对于算子 a11、a21 的使用没有显著性差异 ,对于 a12、a13、a23、a24 的使用在 0.05 的水平上有显著性差异 ,对于 a22 的使用在

0.01 的水平上有显著性差异。对于这些存在显著差异的算子作进一步的多重比较 ,得到结果如下表所示。

表 5 各组学生运用算子的多重比较

| 组别 | | a12 | a13 | a22 | a23 | a24 |
|----|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 2 | 1.038 * | 0.571 * | 0.547 * | 0.507 * | 0.384 |
| | 3 | 2.483 * | - 0.407 | 0.954 * | 0.389 | - 1.023 * |
| 2 | 1 | - 1.038 * | - 0.571 * | - 0.547 * | - 0.507 * | - 0.384 |
| | 3 | 1.444 | - 0.978 * | 0.407 | - 0.119 | - 1.407 * |
| 3 | 1 | - 2.483 * | 0.407 | - 0.954 * | - 0.389 | 1.023 * |
| | 2 | - 1.444 | 0.978 * | - 0.407 | 0.119 | 1.407 * |

检验结果表明 ,即使是在使用上有显著差异的算子 ,也并非在各组的两两之间都存在着显著性差

异。例如 ,对于算子 a12、a22 ,学习成绩较差的第 3 组和学习成绩中等的第 2 组之间并没有显著性差

异 ;对于算子 a_{13} ,学习成绩较差的第 3 组的平均数明显高于学习成绩中等的第 2 组 ,它和学习成绩较好的第 1 组并没有显著性差异 ;对于算子 a_{23} ,学习成绩较差的第 3 组和学习成绩较好的第 1 组、学习成绩中等的第 2 组都没有显著性差异 ;对于算子 a_{24} ,成绩中等的第 2 组和学习成绩较好的第 1 组没有显著性差异 ,而学习成绩较差的第 3 组的平均数却明显高于第 1 组和第 2 组。

4 结论

4.1 人们在解决两类不同的矛盾问题时 ,会采用各种可拓算子 ,其中的有些算子是相同的 ,有些算子则是不同的。

4.2 人们解决矛盾问题时所采用的可拓算子的数量和他们学习成绩的关系是相当复杂的 ,虽然可以根据学习成绩把学生分成不同的组别 ,但并不能简单地认为学习成绩较好的人就一定会使用较多的可拓算子 ,学习成绩的高低和解决矛盾问题的能力之间并不存在完全的对对应关系。

有些可拓算子的使用和学习成绩并没有关系 ,例如解决不相容问题的算子“ 替换施动对象 ”、解决对立问题的算子“ 利用可组合性 ”。有些算子使用只是在某些组别、解决某种矛盾问题时存在差异 ,而在其他组别、解决其他矛盾问题时并没有差异 ,例如 ,对于解决不相容问题的算子“ 利用可组合性 ”、解决对立问题的算子“ 替换时间 ”,成绩较差的学生和成绩中等的学生都没有显著性差异 ;对于解决对立问题算子“ 改变规则 ”,成绩较差的学生和成绩中等、成

绩较好的学生之间都没有显著性差异 ;对于解决对立问题的算子“ 改变目标 ”,成绩较差的学生反而比成绩较好、成绩中等的学生能够更多地运用 ,这说明学习成绩较差学生对于学习更多的知识缺乏足够的热情 ,往往采取退却的方法。因此在校的各项工作中 ,不能简单地按照学生的成绩对学生分类 ,而是要仔细地分析各个学生的不同特点 ,才能充分挖掘出每个学生的创造潜力。

研究对于高中生解决矛盾问题的可拓算子进行了一定的分析 ,但是由于实验材料中缺少解决学科问题的内容 ,因此更多的与学科知识有关的可拓算子还需要在今后的研究中进一步探索。

参考文献

1 蔡文. 可拓集合和不相容问题. 科学探索学报 ,1983 , (1) 83 - 97.

2 蔡文 ,杨春燕 ,何斌. 可拓逻辑初步. 科学出版社 ,2003.

3 吴晓伟 ,徐福缘 ,吴伟昶. 基于神经网络的企业竞争对手分析. 情报学报 ,2004 ,23 (4) 502 - 506.

4 李双成 ,郑度. 人工神经网络模型在地学研究中的应用进展. 地球科学进展 ,2003 ,18 (1) 68 - 76.

5 Sese A , Palmer A L , Montano J J. Psychometric measurement models and artificial neural networks. International Journal of Testing ,2004 ,3 (3) 253 - 266.

6 董长虹. Matlab 神经网络与应用. 国防工业出版社 ,2005.183 - 197.

7 杨春燕. 事元及其应用. 系统工程理论与实践 ,1998 (2) : 80 - 98.

Neural Networks and Extenics Based Contradiction Problem Solving Study
Of High School Students

Yu Jiayuan

(Department of Psychology , School of Education Science , Nanjing Normal University , Nanjing 210097)

Abstract : Students were clustered into 3 groups according their achievements with SOM networks. The operators of contradiction problem solving were reviewed. Significant tests were conducted with ANOVA and multiple comparing. It was showed that high school students could solve contradiction problems with multi - method. There were complex relationship between achievement and using extension operators. There was no significant difference for some extension operators among three groups , or between two groups.

Key words : contradiction problem ; extension operator ; SOM networks ; student achievement