

刺激-反应相容性的度量与运用¹⁾*

刘艳芳 张 侃

(中国科学院心理研究所, 北京, 100012)

摘 要 为了度量刺激-反应相容性的程度、预测汉字标准键盘编码输入法的易学性, 根据 S-R 相容性中群体模板的定义, 提出了相容性系数的概念及其计算方法, 总结出运用相容性系数的值预测汉字标准键盘编码输入法易学性的方法。并通过实验室实验和实际测量对上述结果进行了验证。

关键词 S-R 相容性, 易学性, 群体模板, 相容性系数。

1 问题背景与研究构想

1.1 刺激-反应相容性的度量

S-R 相容性 (Stimulus-Response Compatibility, 刺激-反应相容性) 由于 Fitts 的研究^[1] 成为工程心理学的核心问题。他认为, 当一定的刺激和反应匹配会产生较好较快的结果时, 这样的刺激-反应匹配 (S-R) 就具有了相容性。随后, 心理学家就相容性的产生机制、概念分类等问题进行了大量研究, 总结了相容性的本质特征, 即 S-R 组合在某些维度具有一致性、相似性, 简化了个体对 S-R 的信息加工过程。因而 S-R 相容性越高, 信息加工的效率越好^[2]。目前测量相容性程度的方法主要有两种: 一种是主观评价法, 让人们从几种 S-R 组合中, 选择他们认为是最合适、最可行的, 也就是最相容的组合; 另一种方法是设计实验, 记录下不同 S-R 组合的反应时和错误率, 把其中反应最快、错误最少的组合计为相容性最好的组合。例如 Morrin^[3] 就用实验提出了一种直接测量空间 S-R 相容性的方法。

群体模板相容性是 S-R 相容性中的一类, 即刺激-反应的匹配关系与某一群体由于风俗习惯、文化传统而形成的对这一关系的期望相一致时产生的相容性。从这一定义可以看出, 符合群体中多数人期望的 S-R 组合的相容性就高, 度量相容性也就是将 S-R 组合与群体的期望相比较的问题。如果设计一个标准的无偏向、误导的测试环境, 将某一群体习惯中所有能与 R (反应) 匹配的 S (刺激) 组成集合, 让这一群体中的个体在这个集合中自由选择其所期望的 S-R 组合, 就可以寻找出与群体习惯相接近的 S-R 组合, 以达到评价相容性的目的。这一方法不仅可用于对 S-R 空间相容性的测量, 而且可用于测量 S-R 的概念相容性 (即 S-R 组合在概念、维度上的相容)。由此, 本研究提出相容性系数 (Compatibility Coefficient) 的概念。假设对一个刺激而言,

1) 本文初稿于 1996 年 7 月 19 日收到, 修改稿于 1996 年 9 月 20 日收到。

* 本研究获得国家自然科学基金和攀登计划的资助。

某个反应集合中所有的反应都可作为与它相对应的反应。某一群体在没有偏向误导的条件下,从该反应集合中选择一个反应与它匹配,选择某个反应的人数在群体中的比例就是这个刺激-反应组的相容性系数值 VC (Value of Compatibility Coefficient)。对于多组刺激-反应而言,它们的 VC 是各组刺激-反应的 VC 的平均数。VC 的范围是 0.0—1.0。刺激-反应组的 VC 越大,表示它们的相容性越高,这一组合将产生较快的反应时和较小的错误率。

1.2 标准键盘编码输入法易学性的评价预测

随着计算机的广泛应用,汉字输入技术成了中文信息处理的重要分支,汉字标准键盘编码输入法是当前将汉字输入计算机的主流方法^[4]。汉字输入是一个人机交互作用的过程,研究汉字输入必须考虑汉字、人、机在此过程中的特点^[5]。评价汉字输入编码方案的易学性已成为优选、优化汉字输入技术的一个关键问题。目前采用的有长时记忆内容法、训练量法及统选操作员训练曲线评测法三种方法^[4]。前两种停留在理论阶段,后一种方法存在着个体差异对评价结果的影响,而且必须在实际的学习操作之后,才能对编码方法的易学性作出评价。可见这三种方法都不能对汉字键盘编码输入法的易学性进行有效的评价预测。

学习汉字编码输入法的主要内容,就是掌握汉字特征元与标准键盘键元的映射关系。如果汉字特征元代表了刺激,那么相应的键元就代表了所要求的反应,汉字特征元与键元之间的关系应符合相容性原理,也应表现出相容性程度对信息加工的影响,即相容性越高、信息加工越快越好,那么掌握它们的对应规则也就越快越容易。由此可见,运用相容性的原理,可以评估出汉字特征元-键元对应规则的易学程度。如果上述相容性系数的值确实可反映出相容性的程度,那么运用相容性系数也就可以评价出汉字键盘编码输入法的易学性。

1.3 研究构想

本研究分两阶段进行。第一阶段,首先以常用汉字部件和英文字母为材料,通过考察 VC 对信息加工的影响是否与相容性对信息加工的影响相一致,来检验 VC 能否度量出 S-R 相容性的程度,然后建立回归方程,得出用 VC 预测学习材料易学程度的方法步骤;第二阶段,用上述方法预测三种常见汉字键盘编码方案的易学性,并用实验检验该预测的准确性。

2 实验一:相容性系数对信息加工的影响

2.1 常用汉字部件和英文字母相容性系数的计算

我们用 140 个常用汉字部件(选自《汉字信息字典》中动态组字频率最大的 140 个部件, P1043-1058)和 26 个英文字母为材料,编制“常用汉字部件和英文字母匹配性调查问卷”。问卷的指导语为:“这是一次关于汉字部件和英文字母匹配性的调查。下面有 140 个汉字部件,请您从 26 个英文字母中选择一个您认为最适合代表这个部件的英文字母,将这个字母填写在相应空格上。”问卷要求被调查者选择一个字母代表一个部件,可重复使用英文字母。问卷调查对象包括普通高中生 310 人、大学生 400 人。其中调查高中生时为集体施测,统一收发问卷;调查大学生时为个别施测。问卷收回后,

以填充 120 个以上字母、并无明显误填 (如按字母表顺序、重复填写四个相同字母等) 为标准, 统计有效问卷 499 份。然后, 运用公式一计算出各个部件与字母组 (S-R) 的 VC, 从中选取高、中、低 VC 值不同的 3 组共 60 对部件-字母, 并用公式二计算各组的 VC。

$$\text{公式一} \quad \begin{aligned} VC_i &= N_i / N \\ 0.0 &\leq VC_i \leq 1.0 \end{aligned}$$

VC_i——第 i 组刺激-反应的相容性系数值

N_i——某一大增本群体中从反应集合中选择 R_i 为 S 的反应的人数

N——某一大样本群体的总人数

$$\text{公式二} \quad \begin{aligned} VC &= \sum_{j=1}^n CI_j / n \\ 0.0 &\leq VC \leq 1.0 \end{aligned}$$

VC_j——第 j 组刺激-反应的相容性系数值

n——刺激-反应组的组数

2.2 实验

被试: 年龄 18-20 岁大学生 60 人, 视力或矫正视力正常, 无汉字输入经验。

仪器: AST 486/33 微机, 640×480 分辨率彩显, 声控开关等。被试距离显示器约 60cm, 部件和字母在显示器上大小为 4.4cm×5.2cm。实验由用 VB 编写的程度控制。要求被试作出口头报告反应, 反应时经声控开关由计算机自动记录, 反应正确与否由主试记录。

材料: 以上 VC 不同的三组汉字部件-英文字母对。

过程: 实验为单因素组间设计。被试随机分为三组, 分别用三组材料进行实验。实验分两个部分。学习阶段, 在显示屏上出现一个汉字部件, 3 秒后出现与它相匹配的英文字母, 共同呈现 3 秒后消失, 间隔 2 秒后, 下一对部件-字母也按此顺序出现。要求被试在部件出现后立刻报告出与它对应的字母, 3 秒内 (在对应字母未出现前的 3 秒内) 未报告或报告错误, 均计为不正确反应。20 对部件-字母随机呈现一遍, 即为学习一遍; 每遍学习后休息 1 分钟, 继续学习, 直至一遍学习中的正确反应达 95%, 记录下此时已学习的遍数, 对各个被试固定学习遍数为 8 遍。随后进行三个阶段的测试, 各阶段包括三次重复测试, 每次测试中, 20 个部件随机呈现, 每个部件呈现 3 秒, 要求被试在部件出现后立刻报告出与它相配的字母, 间隔 2 秒另一个部件出现。各阶段之间间隔与本实验不同性质的操作任务 20 分钟。测试阶段记录正确报告的反应时和每次测试的错误率。

实验结果: 对各实验组达到学习标准的学习遍数进行 χ^2 检验, 发现三组间存在着显著差异, 表现为相容性系数值高的实验组达到学习标准所需学习遍数较少。

测试阶段的实验设计为两因素 3×3 混合实验, 相容性系数 (高、中、低) × 测试阶段 (1、2、3)。结果用多因素方差 (ANOVA) 分析表明: 在反应时上, 相容性系数存在显著的主效应 ($F=11.12, P<0.01$), 反应时随着相容性系数的增加而减少; 测试阶段的主效应不显著 ($F=1.988, P>0.1$); 两因素之间没有显著的交互作用 ($F=0.186$,

表 1 相容性系数对达到学习标准的学习遍数的影响

| 实验组 | VC | 学习遍数 | | χ^2 | df | p |
|--------|--------|------|------|----------|----|--------|
| | | 平均数 | 标准差 | | | |
| 高 VC 组 | 0.4453 | 1.00 | 0.00 | | | |
| 中 VC 组 | 0.2066 | 5.67 | 1.91 | 32.13 | 2 | < 0.01 |
| 低 VC 组 | 0.0712 | 7.53 | 1.40 | | | |

$P > 0.1$)。在错误率上,相容性系数存在显著的主效应($F = 14.977, P < 0.01$),错误率随着相容性系数的增加而降低;测试阶段不存在显著的主效应($F = 2.375, P > 0.05$);两因素之间没有显著的交互作用($F = 0.727, P > 0.1$)。

表 2 实验一中各实验组的反应时和错误率

| 实验组 | 第一阶段测试 | | | | 第二阶段测试 | | | | 第三阶段测试 | | | |
|--------|---------|------|------|------|---------|------|------|------|---------|------|------|------|
| | 反应时 (s) | | 错误率 | | 反应时 (s) | | 错误率 | | 反应时 (s) | | 错误率 | |
| | 均值 | 标准差 | 均值 | 标准差 | 均值 | 标准差 | 均值 | 标准差 | 均值 | 标准差 | 均值 | 标准差 |
| 高 VC 组 | 0.93 | 0.48 | 0.02 | 0.00 | 0.90 | 0.14 | 0.00 | 0.00 | 0.88 | 0.07 | 0.01 | 0.02 |
| 中 VC 组 | 1.04 | 0.15 | 0.10 | 0.10 | 1.00 | 0.13 | 0.10 | 0.10 | 1.00 | 0.12 | 0.04 | 0.06 |
| 低 VC 组 | 1.10 | 0.17 | 0.11 | 0.10 | 1.05 | 0.12 | 0.08 | 0.08 | 0.09 | 0.16 | 0.08 | 0.07 |

从相容性系数的定义和计算,可以看出:某些材料的相容性系数越大,表明它们与大多数人的选择越一致,它们越符合人们的习惯期望,要学会这些材料越容易。对汉字部件-英文字母而言,它们的相容性系数越大,表明选择它们相匹配的人的比例越大,它们的对应关系越符合人们的习惯。从实验一的结果来看,相容性系数对学习遍数、反应时和错误率的影响与相容性对信息加工的影响相一致,证明了相容性系数值(VC)确实反映了相容性的程度。

测试中测试阶段这个因素对错误率和反应时都不存在效应,说明在本实验条件下,掌握学习材料以后短期的延迟并不影响对材料的保持和加工。

2.3 构建使用相容性系数预测学习材料易学程度的回归方程

用上述实验结果中各组 VC、学习遍数及反应时,构建回归方程。其中 Times 为达到学习标准所需学习遍数,RT 为测试中的反应时。对两方程的回归效应的检验均达到显著水平。

回归方程一 相容性系数与学习遍数的回归方程为: $Times = 6.60 - 11.95 \times VC$

回归方程二 相容性系数与反应时的回归方程为: $RT(s) = 1.133 - 0.429 \times VC$

由此,总结结果运用 VC 评价汉字编码输入法易学程度的方法。那就是将汉字编码输入法中的汉字特征元、键盘键元设计成问卷形式,对一定使用人群进行调查,运用公式计算出汉字键盘编码输入法的 VC,并代入回归方程,就可以预测出该汉字键盘编码输入法对使用人群的易学程度(以达到一定标准所需学习遍数和测试中的反应时为易学

性的指标)。

3 实验二: 验证对三种常见汉字键盘编码方案易学性的预测

3.1 预测三种常见汉字键盘编码方案的易学性

运用实验一总结的方法, 预测了社会上常见的三种编码方案(编码 A、编码 B、编码 C)的易学程度。首先, 以它们所有的中文特征元和键盘键元为材料, 编制调查问卷。然后, 对 750 名大学生进行施测。(对实验一问卷的结果分析表明: 普通高中生的选择结果与大学生的选择结果没有显著差异, 因此本次调查对象仅为大学生)。再运用公式得出这三种编码方案的 VC, 最后将它们的 VC 代入回归方程, 计算出它们的易学性。计算结果见表 3 中预测值。

3.2 实验

实验方法: 被试、实验仪器和实验界面上同。实验材料是从编码 A、编码 B、编码 C 中各抽取 20 组中文特征元和键盘键元。实验过程为: 在学习阶段学习 8 遍; 在测试阶段, 只进行一个阶段 3 次重复测试。

实验结果: 实验结果与预测值非常符合(对三种编码方案易学性的预测值均在实验所得值的平均数加、减一个标准差的范围内, $P > 0.3$), 从而证明了使用上述方法可以有效地预测出汉字编码输入法的易学性。易学程度的预测值和实验所得的实际值见表 3。

表 3 实验二的实验结果和预测值

| | 达到学习标准所需学习遍数 | | | 测试中的反应时(s) | | |
|-----|--------------|--------|--------|------------|--------|--------|
| | 编码 A | 编码 B | 编码 C | 编码 A | 编码 B | 编码 C |
| VC | 0.0529 | 0.2034 | 0.3010 | 0.0529 | 0.2034 | 0.3010 |
| 预测值 | 5.97 | 4.17 | 3.00 | 1.11 | 1.05 | 1.00 |
| 平均数 | 6.80 | 5.53 | 2.57 | 1.09 | 1.07 | 0.97 |
| 标准差 | 1.52 | 1.24 | 0.65 | 0.17 | 0.16 | 0.17 |

4 总体讨论

通过实验一的研究, 我们探讨了相容性系数对达到一定学习标准所需学习遍数、测试中的反应时和错误率的影响。结果表明: VC 值越大, 达到一定学习标准所需学习遍数越少、测试中的反应时越快而错误率越小。结果反映出 VC 的大小对信息加工的影响与相容性对信息加工的影响相一致, 从而证明了利用群体模板、计算 VC, 可以实现对相容性的量化。群体模板所反映的相容性来源于某一特定群体的特性, 是广义人的特性, 不同于实验测试中具体的人, 但根据群体的特征可以预测个体的行为表现, 而对个体行为的研究则是揭示广义的人的认知过程的有效方法。本研究正是遵循了从群体到个体, 又从个体到群体的研究步骤, 逐步地讨论了相容性的量化问题。

本研究总结出运用 VC 预测汉字编码输入法的易学程度的方法, 那就是首先运用问卷法测量并用公式计算编码方案的 VC, 然后代入回归方程, 计算出要学这种编码方

案(本研究的学习标准为 95% 正确反应)所需学习遍数和学会后的反应时,以此为指标,预测出编码方案的易学性。

综上所述,本研究验证了关于计算相容性系数以度量 S-R 相容性的假设,总结出用于预测汉字键盘编码方案易学性的方法和步骤。本研究虽总结了计算相容性系数的公式,为 S-R 相容性的量化提出了一种新的方法,但未从研究结果中进一步总结出汉字特征元与键元之间产生相容性的原理和规律。本研究总结的评测方法是无操作员的测量,这类测量虽有效地控制了个体差异在测量中的干扰,做到了客观性、绝对性和经济性,但这样的测量由于未能解决汉字输入过程中人的因素而使评价的结果具有局限性。汉字键盘编码输入是在人-机界面完成的一种操作,现代人-机系统的理论认为人是系统的核心,只有系统的操作过程符合人的信息加工特点,才可能获得高效、安全、舒适的人-机系统,因而有必要根据工效学原理来建立对汉字键盘编码输入技术的评测系统^[6]。

参 考 文 献

- 1 Fitts P M, Seeger C M. S-R Compatibility: spatial characteristics of stimulus and responses codes. *Journal of Experimental Psychology*, 1953, 46: 193-210.
- 2 Kornblum S, Hasbroucq L, Osman A. Dimensional overlap: Cognitive basis for stimulus-response compatibility - A model and taxonomy. *Psychological Review*, 1990, 97: 253-270.
- 3 Morrin R E, Grant D A. Learning and performance of a key-pressing task as a function of the degree of spatial stimulus - response correspondence. *Journal of Experimental Psychology*, 1955, 49: 39-47.
- 4 陈一凡, 胡宣华. 汉字键盘输入技术与理论基础. 北京: 清华大学出版社, 1993: 51-56.
- 5 张侃. 工效学. 见: 姜文炳. 《工业工程基础》. 北京: 中国科学技术出版社, 1993: 165-179.
- 6 张侃等. 汉字键盘输入技术和评测方法的现状与展望. *心理学动态*, 1992, (1): 1-8.

A STUDY ON MEASURING S- R COMPATIBILITY AND USING S- R COMPATIBILITY TO EVALUATE LEARNING EASINESS OF TYPING CHINESE CHARACTERS INTO COMPUTERS

Liu Yanfang Zhang Kan

(*Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100012*)

Abstract

Stimulus- Response Compatibility, an important concept in psychology, has been demonstrated that it is an influential factor in human information processing. Complexity of the input of Chinese characters into computers raised the problem of evaluating learning easiness. This study applied the concept of S- R Compatibility to put forward a new method of evaluating easiness of learning to master a Chinese character inputting program. The value of the Stimulus- Response compatibility was used to predict the easiness of learning Chinese character inputting program.

Three most popular Chinese character inputting programs were used in this study. The real learning easiness drawn from an experiment confirmed the predictability of the method suggested.

Key words stimulus- response compatibility, population stereotype, compatibility coefficient, learning easiness.