

英文手写体字符、字词识别中静态特征的作用的研究现状^①

宋合义

荆其诚

(西安交通大学管理学院)

(中国科学院心理研究所)

0 引言

了解人类识别手写体字符的认知规律是信息处理科学文字处理自动化领域给认知心理学研究提出的重要课题。这方面的研究不仅在实践上对手写体文字信息处理自动化的实现有所帮助,而且在理论上对了解人类的认知规律也是有意义的。为了适应计算机对手写体字符脱机识别的需要,也为了了解人类的认知规律,西方心理学家用英文字符手写体为材料对人类识别手写体字符进行了一些研究。这些研究目前来看主要有两条途径。一条是对手写体字符、字词的静态特征对识别的影响的分析;另一条是对手写体字符、字词动态特征对识别的影响的研究。除此之外,为了为手写体字符、字词的计算机识别及人类识别的进一步研究提供一些指标,还进行了大量有关人类对英文手写体字符、字词识别率的研究以及易混淆的手写体字符的研究。本文主要介绍西方心理学家对英文手写体字符、字词的静态特征对识别的影响的研究现状;同时介绍西方心理学家对英文手写体字符、字词识别率及易混淆手写体字符的研究状况。

1 对英文手写体字符、字词识别率及易混淆的手写体字符的研究

Neisser 和 Weene 为了为机器对手写体字符的识别率确立一个标准^[1],研究了人类对手写体字符的识别率。因为机器对手写体字符的适当的识别率标准应该是人类观察者在同样任务中的识别正确率。为了获得人类对手写印刷体(Handprinting)字符的正确识别率,他们从人名与地址的手写印刷体中收集了 5000 多个不同文体的英文与阿拉伯数字字符。从中为从 A 到 Z 的每个大写字母和从 0 到 9 的每个数字各选择了 20 个样本。实验时向被试提供一份印有 720 行,每行都按字母顺序排列的这 36 个印刷体字符的答卷纸。然后每次随机地呈现一个手写体复印样本,让被试在答卷纸上勾画与呈现的字符相应的印刷体字符。实验结果表明,被试完全不能把手写印刷体的 0 与 0 区分开来;对于手写印刷体字符 A、H、K、M、R、Z、3 和 8 的识别没有错误,而对手写印刷体字符 T、U、V、Y 和 2 的识别错误最多。据此他们得出了一个手写印刷体字符的混淆矩阵。另外他们还计算了各个被试对这 36 个手写印刷体字符的正确识别率,发现各个被试对这 36 个手写印刷体字符的正确识别率从 94.9%和 96.5%。他们认为这个识别率可以作为机器识别手写印刷体字符识别率的一个标准。

Mantas 研究发现人类在手写体英文字符识别中有 4%的错误率^[2]。

Suen 对大写手写印刷体(handprinting)、手写体(manuscript)和草体(cursive)这三种字体的英文字母的识别进行的研究表明^[3],对手写印刷体字母的识别率最高,对手写体字母与草体字母的

①. 与此文有关的交流请与宋合义(710049 西安交通大学管理学院)联系。

识别错误是手写印刷体的二至三倍;但对手写体字母的识别错误要少于草体字母。其结果表明,人类对大写手写印刷体英文字符的识别的错误率为 1.25%;对小写英文字符的手写体(manuscript writing)识别的错误率为 2.4%;对草体(cursive)英文字符识别的错误率为 4.4%。为了找出识别错误的原因,他提供了这三种字体英文字母的混淆矩阵。该混淆矩阵提供的证据表明,容易混淆的字母的形状是多种多样的。如,最常见的手写印刷体的混淆字符是 I-L 和 U-V;最常见的手写体的混淆字符是 c-e、g-q、l-i、v-u;最常见的草体的混淆字符是 c-e、c-i、e-i、g-p、g-y、h-b、n-w、o-a、q-g、r-i、v-u、w-u。可以想象,由这些单个的字母产生的字母组合的数量是多么的大。他的研究还发现,左利手的书写者比右利手的书写者写出的字更难识别;而右利手的识读者比左利手的识读者的识别成绩要好。

Tappert, Suen 和 Wakahara 研究发现^[4],对手写体而言,U-V、C-L、a-b、n-h、O-0、I-i、I-l、Z-2、S-5、G-6、K-k、C-c、P-p、Y-y 是容易混淆的字符对。对于这些容易混淆的字符对,有些只能通过背景得以区分;有些只能通过相对于线的位置或相对于其它字母的大小得以区分;而有些只能通过这些字符相对于基线的位置得以区分。

2 英文手写体字符、字词静态特征对识别的影响的研究

对手写体字符静态特征对识别的影响研究的一个方面是分析手写体字符静态特征的变异因素。

Ward 和 Kuklinski 发现^[5],对于英文手写体而言,这些变异因素包括笔画连接、弯曲、圈和岐点(cusping)、起始线与折返线的消失、勾与连续、介于折返线与勾之间的形状、断笔。

对于手写字体静态特征对识别的影响研究的另一个方面是人们在手写体字符识别时根据什么特征来区分容易混淆的字符。这方面研究的基本研究思路是:首先找出识别英文手写体字符时容易产生混淆的字符对,并建立混淆矩阵。在此基础上分析混淆字符对的混淆特征是什么,如 Y-V 的混淆特征是书写时右边斜线是否延伸及延伸的程度;U-V 的混淆特征是底部宽度的差异等。然后以这些混淆特征作为自变量研究人类对它们的区分阈限,再以这个区分阈限作为机器识别混淆字符的区分界限。这方面的研究资料为提高计算机识别手写体字符的识别率做出了一定贡献。

Shillman, Kuklinski 和 Blesser 研究了人们如何在识别手写体字符时区分容易混淆的字符对 Y 与 V、F 与 C、H 与 U^[6]。并建立了研究手写体字符区分性特征的三种心理技术。他们认为,手写体字母与标准的印刷体字母的形状有明显的不同。标准印刷体字母间有明显的边界,而手写体字母间的边界从物理特性上看则不明显。他们研究的目的是想了解人类在手写体字母识别时如何确定在物理表现上容易混淆的字母的边界,从而把容易混淆的字母区分开的。

他们的研究基于他们提出的物理——功能规则(Physical to Functional Rule)理论。这种理论认为,任何一个字符都具有物理特征、知觉特征和功能特征。字符的物理特征指该字符通常用几何或拓扑术语描述的那些部分,它们组成物理图象,如线、角、交叉。字符的知觉特征是指字符呈现时被知觉到的属性;例如,尽管一条线在物理上比另一条线长,但这两条线有可能被知觉为相等。功能特征是提供了字母的一个基本描述的抽象。对手写体 V 与 Y 而言,其物理特征的状态是通过右边那条线的延伸出来的状态的物理测量决定的;知觉特征的状态是由被试在实验中对“你是否得到右边那条线延伸出来了”的问题的回答而决定的;功能特征状态只能由对“它是 Y,还是 V?”的问题的回答而决定。

实质上,所谓的物理——功能规则就是确定易混淆的字母的边界,具体地说,是确定对具有一定物理形状的易混淆的手写字符对来说,把它们识别为什么字母。

他们用下列三种实验技术研究了易混淆字母的物理——功能规则。

标定实验(Labeling experiments)。在这个实验中他们从手写印刷体的 V—Y 系列中选出了七个字符,这七个字符的 I_1 与 L 的比率从 0 到 0.5(见图 1),制成七张刺激卡片。然后让被试识别这七张卡片,哪个是 V,哪个是 Y。然后分别计算被试对每张卡片回答为 V 和 Y 的百分比 $P_v(i)$ 与 $P_y(i)$ 。对 $P_v(i)$ 和 $P_y(i)$ 作图。 $P_v(i)$ 与 $P_y(i)$ 两条曲线的交叉点即为 V 与 Y 两个字符的边界。他们的研究表明 V 和 Y 的边界为 $I_1/L=0.17$,则 V—Y 手写印刷体的物理功能规则系数为 0.17。即当 $I_1/L>0.17$ 时,被试将其识别为 Y; $I_1/L<0.17$ 时,被试将其识别为 V。

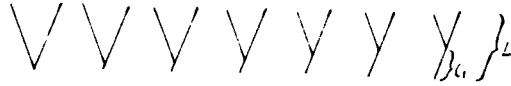


图 1. V—Y 字符的 I_1 与 L 的比率

这三个研究者在标定实验中发现,被试在识别某些刺激时间时所用的时间多于平均识别时间。通过数据分析发现,对于交叉区域的刺激,被试需要花更多的时间去标定。于是这三个研究者尝试用反应时实验的方法来区分字母边界。

反应时实验(Reaction time experiments)。在这个实验中,研究者用单通道速示仪呈现前一个实验的七张卡片,然后让被试读出这每张卡片的字母名称,记录从刺激呈现到被试读出字母名称的时间。结果发现,在 $I_1/L=0.17$ 处的刺激,被试的平均反应时显著增加,这一结果与前一个实验的结果一致。因而研究者认为,反应时是确定字母间边界的另一可行的技术。

良好实验(Goodness experiments)。在这个实验中,研究者让被试用 0~5 级六点量表对七张卡片上的字符像 V 和像 Y 的程度分别进行主观评价。然后计算所有被试的平均良好评价等级 G_v 和 G_y ,并对 G_v 和 G_y 作图,其交叉点即为 V 与 Y 两个字母的边界,其求得的 I_1/L 值基本上与前两个实验相同。

Shillman 认为平均良好评定对研究字符空间是一种有效和可靠的技术^[7]。它们容易获得;并且与标定技术和反应时技术相比,它对达到字母空间的边界更敏感。另外,良好性测量为不易混淆的刺激(质量不高的字符和字符文体上的变化)提供了等级信息。

Shillman 等人的研究还表明^[6],V—Y 手写体的物理——功能规则对于一个较大范围的角度(42 度~90 度)是恒定的。而且对 C—F、U—H 这两对易混淆的手写体字符进行的良好性实验也得到了各自的物理——功能规则。这些研究证明,在中国性图形背景中,手写体字符的物理——功能规则是独立于交叉角、字母大小和字母标名(Label)的一个常数。

Shillman, Kuklinsk 和 Blesser 还研究了字体(stylistic)背景对手写体字符的物理——功能规则的影响。结果表明,手写体字符的物理——功能规则受字体(stylistic)的明显影响。手写体字符物理——功能规则的阈值依赖于具体的手写体样本中的字体的一致性。

Kuklinski 也研究了图形背景对手写体字符物理——功能规则的影响^[8]。结果表明,对于一个特定的字符,在一种背景下可能被知觉为 V,在另一种背景下就可能被知觉为 Y。

Suen 用标定法(Labeling)研究了人对 U、V 这两个最易混淆的字母的不受限制的手写体的识别^[9],找出了人在识别这两个字母手写体时所依据的主要特征,并把这些特征编进计算机识别的算法中,使计算机对这两个字母手写体的识别率大大提高,达到 94%。这一结果证明,基于心理学的特征与决策标准对于字母计算机识别的作用是很大的。

上述通过对人类识别手写体字母的研究建立的物理——功能规则理论也为机器识别手写体字

符在方法上提供了帮助。它提出的对易混淆的字符的识别方法导致了机器识别的健壮性识别方法^[4]。所谓健壮性是指一个系统,一旦发生故障,就能立即恢复,并且它的反应速度足以使其很快摆脱随机错误。也就是说,软件或硬件中错误的严重性如何,主要取决于这个系统的自动排除错误和不给用户什么麻烦就能恢复工作的能力的一种设计^[10]。

3 参考文献

- 1 Neisser, U., Weene, P. A note on human recognition of hand-printed characters. *Information and Control*, 1960, (3):191-196.
- 2 Mantas, J. An overview of character recognition methodologies. *The Journal of the Pattern Recognition Society*, 1986, 19:425-430.
- 3 Suen, C. Y. Handwriting generation, Perception, and recognition. *Acta Psychology*, 1983, 54:295-312.
- 4 Tappert, C. C., Suen, C. Y., Wakahara, T. The state of the art in on-line handwriting recognition. *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1990, 12:787-808.
- 5 Ward, J., Kuklinski, T. T. A model for variability effects in handprinting with implications for the desing of handwriting character recognition systems. *IEEE Transaction on System, Man, and Cybernetics*, 1988, 18:438-451.
- 6 Shillman, R. J., Kuklinski, T. T., Blessner, B. A. Psychophysical techniques for investigating the distinctive features of letters. *International Journal of Man-Machine Studies*, 1976, 8:195-205.
- 7 Shillman, R. J. Character recognition based on phenomenological attributes: theory and methods. Ph. D. Thesis, MIT, Dept. of Electrical Engineering, 1974.
- 8 Kuklinski, T. T. Plasticity effects in the perception of handprinted characters. S. M. Thesis, MIT, Dept. of Electrical Engineering and Computer Science, 1975.
- 9 Suen, C. Y. & Shillman, R. J. Low error rate optical character of unconstrained handprinted letters based on a model of human perception. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 1977, SMC-7:491-495.
- 10 夏培肃主编. 英汉计算机辞典. 北京:人民邮电出版社, 1984.

(上接第 375 页)

而富于逻辑的板书,准确具体的例证等使学生在知识的过程中得到美的享受和陶冶。

第三,课外活动与校园环境审美化,根据美的原则设计丰富多彩的课外活动,为学生提供了欣赏美、表现美和创造美的机会。校园物质环境和精神环境的审美化,如整洁优美的校园,文明好学的校风等使学生从中受到了美的陶冶。

5 结论

5.1 一至二年的审美教育,对低、中、高年级小学生审

美欣赏能力的提高具有积极的促进作用,其促进作用还表现在审美感知、审美理解、审美情感和审美评价等具体因素上。

5.2 一至二年的审美教育,对低、中年级学生审美欣赏能力的影响无显著的性别差异,对高年级学生存在显著的性别差异。在审美欣赏能力各具体因素中,中、高年级学生在审美感知因素上存在显著的性别差异。