

关于青年学生对汉字特征的识别*

——同构异字识别规则初探¹⁾

马 谋 超

中国科学院心理研究所

汪 培 庄

北京师范大学数学系

摘 要

本研究对两对同构异字：“日”与“曰”和“由”与“甲”的变体，作了确认率、自信度和满意度三种测量，一致表明识别和变体之间存在某种心理物理关系。它适合建立模糊集合论的数学模型。其次，表明人们对于同构异字的特征觉察具有动态的性质。此外，在两择一强制选择条件下，数据良好地表现出模糊集合论的余集和模糊熵的特性。

导 言

当代技术的发展，使自动机对规格化了的铅印字母的识别达到了非常准确的地步，具体地说，只要把字母的物理特性，例如线段、内切、角、封闭，诸如此类，用二值逻辑表征出来，便可实现机器对特征的觉察。然而，对于孤立的拉丁字母自由手写体的识别，以二值逻辑为基础的机器来说，则会遇到极大的困难。因为手写体和机器最初“学习”阶段的原型相差甚大。但是，对此，人并不感到特别为难。有证据表明人类对字母手写体的识别，准确度高达97%⁽⁶⁾。

为了创造一种能够识别手写体的机器，或许需要使用一种新的算法，使之直接符合于人类所使用的识别规则。可见，研究人类识别特征具有重要意义。

“特征”的意义是什么？在有关的文献中，并没有一个统一的定义。有时，用来指抽象，有时却把它等同于物理的测量。B. A. Blesser 等人还提出用物理特征、知觉特征和机能特征等三个概念取而代之⁽⁹⁾。

本文试图从认知和字的几何变体之间的函数关系，探讨人类对某些汉字进行识别的规则，同时，初步建立其数学模型。

* 本研究曾得到中国科学院心理研究所李家治、赫葆源、彭瑞祥等先生的支持、帮助，并得到向群中学尹永清等老师的大力协助，在此一并表示感谢。

1) 本文1980年4月1日收到。

理 论 假 设

一位有经验的汉语语文教师,在教孩子们认字时,总是愿意把一些相似的字摆在一起,分出它们的差别,让学生们有一个清晰的认知。同时通过反复记、正确地练习,达到完全分化。这就是教师们所说的“抓住难点,重点突破”的经验,然而,认知这些相似的字差别有何特点和规律呢?

通常,人们总是从静态的观点进行考察的,例如,“上”与“下”的特征,通过方位的倒向,很容易区别开来。在这种情形下,以二值逻辑为基础的机器,也不难识别。可是,自由手写体没有统一的规范,变异是多方面的,比如,笔划长短(线断比例)任意改变,字体不正等等。于是,可以设想,人的识别很可能是这些变量的函数。构成这一函数的特征,或许是一种连续值的多值逻辑。如果是这样,这种识别特征便可由模糊集(Fuzzy Sets)表征出来。而且,可能由于受字体方位影响,表现出某种动力学的特征。

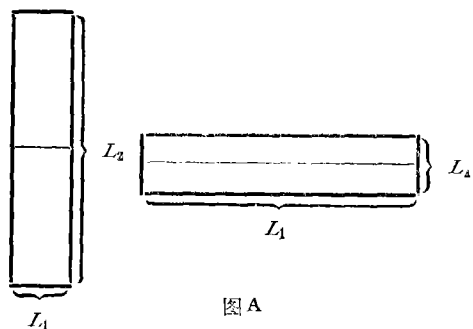
我们的中心工作,就在于用什么方法来表征这种假设。

实 验

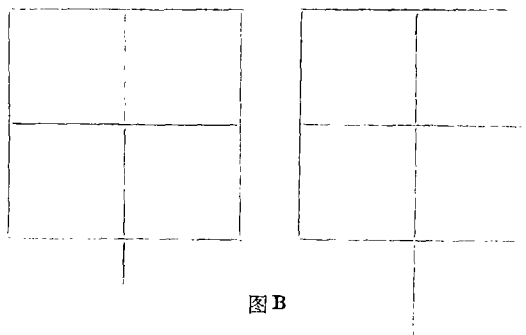
本实验使用两对同构异字。一对是“日”与“曰”。一对是“由”与“甲”。前者以变化内部结构——改变横竖线段比例,作为物理的变量,如图A所示。

横竖比例 L_1/L_2 以0.1比值为阶梯,在0.2至1.8之间变化。变化的规则是 L_1/L_2 小于1时,只改变 L_1 ,而大于1时,则只改变 L_2 。所有变体字的内角均为 90° 。线条宽为1毫米。

“由”和“甲”的变量有两个维度:一是字的方位,包括 0° 、 45° 、 90° 、 180° 、 270° 和 315° ;一是字中央的竖线里外两段的不同比值。它们包括0.2,0.3……,0.8。显示的方位以字中央的竖线和水平面的角度计算。图B是实验2用的极端变体。



图A 缩小一倍后的两个极端变体字



图B 缩小一倍后的两个极端变体

被试一共83人,年龄在16—17岁,绝大多数是高中一年级学生,只有少数几个在20岁以上。

两个配对汉字,分别组成两个实验,实验1为“日”与“曰”的辨认。要求被试对每一变体作三种回答:是什么字(“日”或“曰”);有几分把握程度(从0到10之间,表示完全没把握到完全把握间的各种程度);满意程度(1.表示最满意,2.表示满意,3.可以,4.不满

意, 5. 最不满意)。答案写在记录纸上。

实验 2 是“由”和“甲”的强制选择实验。被试必须在两个字之中作出一选择。

实验结果及分析

图 1 为“日”和“日”的确认曲线。这些曲线使我们有可能建立它的数学模型来刻画被

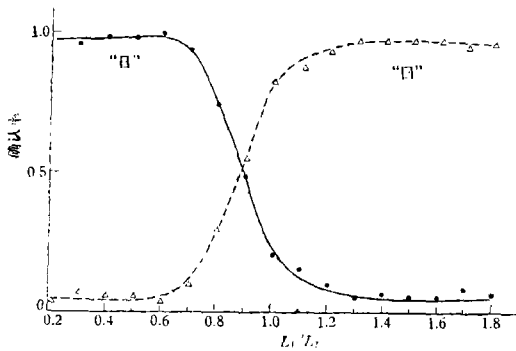


图 1 “日”与“日”的确认曲线

试对这对同构异字的识别规则或特征觉察。

$$A(u) \begin{cases} 1(u \in A), u \leq 0.6 \\ 0(u \notin A), u \geq 1.3 \end{cases}$$

$$B(u) \begin{cases} 1(u \in B), u \geq 1.3 \\ 0(u \notin B), u \leq 0.6 \end{cases}$$

$$u \in U = \{0.2, \dots, 1.8\}$$

“ \in ”为“属于”之意

$A(u)$ 和 $B(u)$ 分别代表“日”和“日”的普通(子)集合。

$$A(u) = 1/0.6 + 0.94/0.7 + 0.74/0.8 + 0.48/0.9 + 0.20/1.0 + 0.15/1.1 + 0.09/1.2 + 0.05/1.3 (0.6 < u < 1.3) \in U$$

$$B(u) = 0.03/0.6 + 0.09/0.7 + 0.29/0.8 + 0.55/0.9 + 0.83/1.0 + 0.88/1.1 + 0.94/1.2 + 0.98/1.3 (0.6 \leq u \leq 1.3) \in U$$

$A(u)$ 和 $B(u)$ 分别表示“日”和“日”的模糊(子)集合。“+”是它的记号, 没有求和之意。

式中分子为隶属度, 分母是论域中的元素。

在图 1 中, 以纵轴上的 0.5 为中心, 明显可见两条曲线有着良好的对称性。它有力地表征了余集的特性, 即 $\widetilde{A} = 1 - A$

为了在没有明确界线的模糊子集“日”或“日”的范围内考察其图象, 取置信水平 $\lambda = 0.5$, 这恰好是两条曲线的交点, 于是, 当 $\widetilde{A}(u) \geq \lambda$ 时, 算作 $u \in A$, 否则, 便看作 $u \notin A$ 。结果模糊集成了普通集合。

$$A = \{u: u \in U, \widetilde{A}(u) \geq \lambda = 0.5\}$$

(“:”或“|”均表示“下面这样的”; “,”则表示“而且”)

在图 1 的纵轴上, 从 0.5 作延线与曲线相交, 再从交点直插横轴, 便可找出阈值。这正是传统心理物理求阈限的做法。在这里内插得到的阈值是 $L_1/L_2 = 0.9$ 。

在自信度的测量中, 为了获得“日”(或“日”)模糊子集的特征函数, 需要根据式(3)作适当的修正, 具体说, 需要把所有“日”(或“日”)的自信度函数按余集规则转化成“日”字(或“日”字)自信度曲线, 如图 2 所示。

同样, 满意度的测量, 也需要作上述处理, 才能获得完整的“日”或“日”的满意度曲线。处理后的满意度曲线如图 3 所示。

图 2 和图 3 都表征出 $A(u) | 0.6 < u < 1.3, u \in U$ 与图 1 所揭示的模糊集特征曲线一致。不过, 满意度的测量却无法表征 $A(u) | 0.6 > u > 1.3, u \in U$ 。

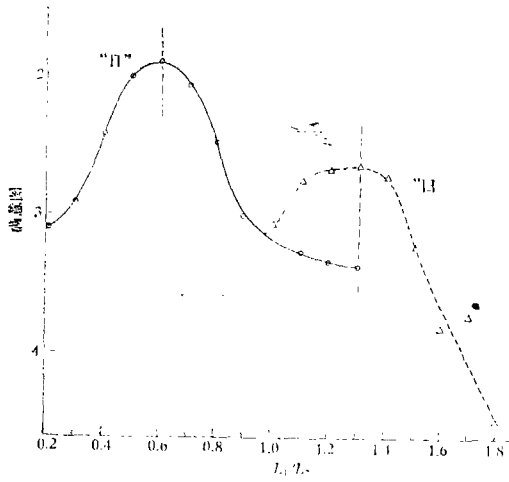


图 2 “日”与“日”的自信度曲线

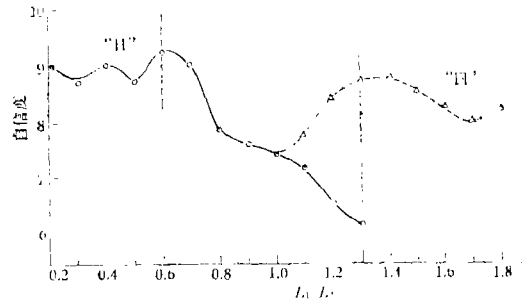


图 3 “日”与“日”的满意度曲线

实验 2 的另一对同构异字, 结果为图 4、图 5 和图 6 示出。

图 4 表明呈现方位对确认的影响。这种影响表现为向上的方位有利于确认为“由”；向下的方位最不利于；而水平方位居中。同时, 曲线还表明方位的影响, 对于不同的 L_1/L_2 是不同的。具体说, 比值大的和比值小的变体, 其确认较少受方位的影响, 可是, 在居中的某个比值上, 例如 $L_1/L_2=0.5$, 方位的影响最为明显。这一点, 明显地和该变体的模糊性密切相关。

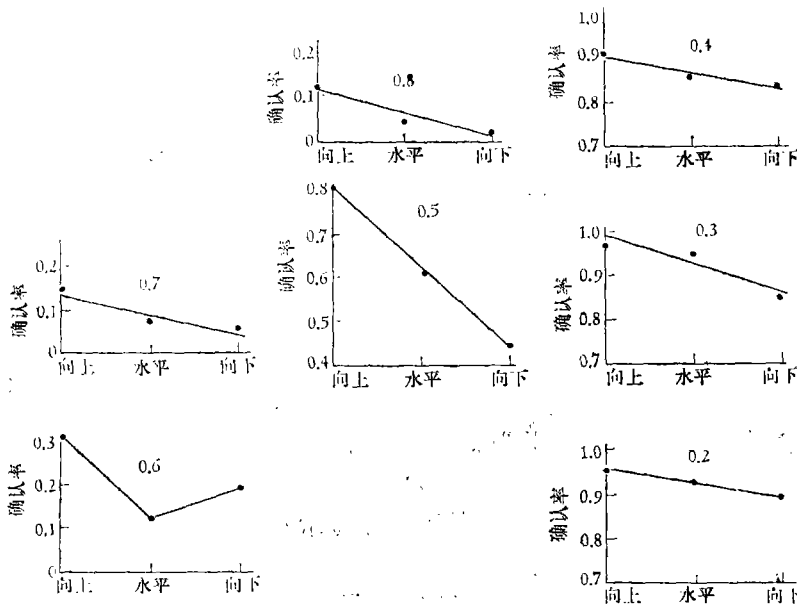


图 4 几种方位对确认不同 L_1/L_2 比值的变体字的影响

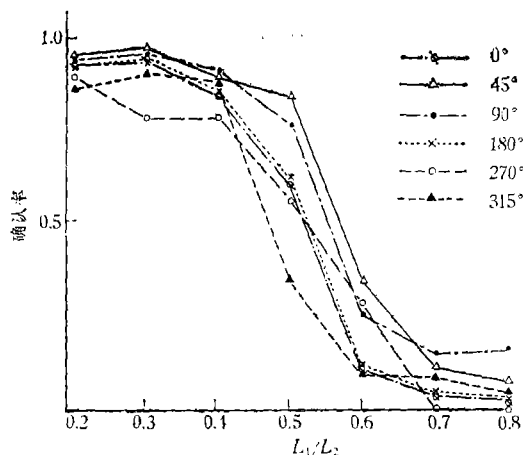
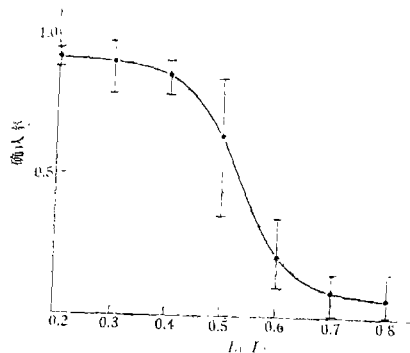
图 5 确认率作为 L_1/L_2 的函数图 6 不同 L_1/L_2 上,“由”的确认率分布范围

图 5 清楚表明在给定的所有方位上,确认率都是 L_1/L_2 的函数。它反映了识别中的心理物理关系。

如果把 L_1/L_2 上的确认率(综合各个方位的)分布范围,看成模糊熵的尺度,那么,图 6 便是各 L_1/L_2 模糊熵的直观图示。从该图上,明显可见,当 $L_1/L_2=0.5$ 时,模糊熵最大。而这一点正好在纵轴 0.5 附近。同时,接近于 1 和 0 处,模糊熵更小。这些结果和我们先前所表征的是一致的^[2]。

此外,将图 4、图 5 和图 6 作进一步比较,不难发现虽然识别依赖于呈现的方位和 L_1/L_2 ,然而,两者相较,显然后者更加重要。因为在识别不同比值的变体时,受方位强烈影响的只是个别的,比如 $L_1/L_2=0.5$,然而,各比值对识别的影响,对于所有方位来说则是普遍的,它们表现为递增的或递减的函数(指“日”或“日”的确认曲线)。实验结果照样可由模糊集表征。比如“由”的模糊(子)集合,用 \tilde{D} 表示。

$$\tilde{D}(u) = 0.92/0.2 + 0.91/0.3 + 0.87/0.4 + 0.63/0.5 + 0.20/0.6 \\ + 0.08/0.7 + 0.06/0.8 \quad u \in U = \{0.2, \dots, 0.8\}$$

取 $\lambda=0.5$ (确认率),那么,正好阈值等于 0.55 的比值, $u \leq 0.55$ 的所有比值(元素),均被确认为“由”; $u \geq 0.55$ 的那些元素,则确认为甲($u \in U$)。

至此,我们的理论假设已经得到表征。在强制选择条件下,人类(青年学生)对于汉字(同构异字)的识别乃是变体(特别是 L_1/L_2)的函数,描绘它的最好数学模型便是模糊集合论。

本理论和 B. A. Blesser 的字母理论^{[3][4]}有着明显的类似性。字母理论认为特征觉察的基础,应当是机能特性。当物理特性发生变化时,机能特性的反应,便出现了过渡的状态,于是字母成了两可的了。它指出识别的规则是字母变体的心理物理关系。一旦确立了这种关系之后,便可成为自动的字母识别系统的算法基础。我们的理论也认为特征觉察是认知与变体之间的心理物理关系,同时,又认为其数学模型是模糊集合论^[5]。另一主要差别是,这里所指明的动态特征觉察是呈现方位的影响,而字母理论,则指事先适应对具有相同机能的过渡状态带来的可塑性。

最后,我们简单讨论一下单个同构异字独立进行识别是否和在同构异字配对组里作强制选择相同问题。我们觉得两者似乎有所不同。理由是自由识别,后者为两择一强制选择。因而,这也许可以部分地解释在本文中“由”和“甲”的差别,主要不表现在中央竖线的方向向上或向下,而是它们内外两部分线段长短比值这一现象。

结 语

一、在同构异字的配对里,进行了三种心理物理的测量:确认率、自信度和满意度。这些测量一致表明确认对变体字存在着某种心理物理关系。这一模糊关系,适合建立模糊集的数学模型。

二、在某些同构异字的识别中,特征觉察包含着静态和动态的特性。

三、实验表征了模糊集合论中的余集和模糊熵等特征。

参 考 文 献

- (1) 汪培庄,许华棋,弗晰(模糊)子集的基本概念,数学通报,3,21—25,1980
- (2) 马谋超:心理模糊性的测量,心理学报,1期,1981
- (3) Blesser, B. A., Kuklinski, T. T. & Shillman: Empirical Tests for Feature Selection Based on a Psychological Theory of Character Recognition *Pattern Recognition* 8 277—285, 1976
- (4) Blesser, B. A., Rhillmann, R. J. et al.: A Theoretical Approach for Character recognition Based on Phenomenological attributes
- (5) Neisser, U. & Weene P.: A Note on Human Recognition of Hand-printed Characters, *Information and Control* 3 191—196, 1960

EMPIRICAL TESTS FOR FEATURE SELECTION BASED ON A PSYCHOLOGICAL RULE OF RECOGNIZING AMBIGUOUSLY SHAPED CHINESE CHARACTERS

Ma Mou-chao

(*Institute of Psychology Academia Sinica*)

Wang Pei-zhuang

(*Beijing Normal University*)

Abstract

In attempt to describe human perceptual behavior, we suggest a rule of recognition which contains relations between physical variables (e. g.: line extension) and perceived attributes. We used three different psychological measurements, namely identification, confidence and goodness scales. The results obtained have clearly demonstrated that each of the different psychophysical paradigms gives the same rule; this psychological rule can be expressed with fuzzy sets and is a dynamic property when ambiguously shaped Chinese characters are presented in different directions.

According to our findings, such a dynamic fuzzy relation is the reason for essential difference between a machine and a human observer for recognizing hand-written Chinese characters.