

E - Z 阅读者模型的新进展^{*}

胡笑羽 刘海健 刘丽萍 臧传丽 白学军

(天津师范大学 心理与行为研究院 天津 300074)

摘 要 :该文介绍了以序列加工假设为基础的眼动控制模型——E - Z 阅读者模型的基本内容和最新进展(模型 6 - 9)。新的 E - Z 阅读者模型可以有效解释阅读过程中认知加工的眼动控制机制。随着研究的深入 ,E - Z 阅读者模型的结构不断发展完善 ,而且还促进了许多新的眼动研究。

关键词 :E - Z 阅读者模型 6 - 9 眼动控制 注意 眼跳

中图分类号 :B842.1 **文献标识码** :A **文章编号** :1003 - 5184(2007)01 - 0024 - 07

在 Morrison 模型^[8]和眼跳计划的两阶段理论^[9]的基础上 ,Reichle 等人提出了 E - Z 阅读者模型^[1-6](E - Z Reader model ,这一名称源于模型第一作者 Reichle 在幼年时期印象深刻的一个电视角色的名字——“ Easy Reader ^[11]”)。模型采用“最简化”原则 ,为理解阅读中词汇识别、视觉加工、注意和眼动控制这几个方面对眼动的时间和空间特性的交互影响提供了一个理论框架。它是一个较成熟的计算型模型。随着阅读中眼动研究的发展 ,该模型不断的细化并修改自身的假设和计算公式 ,至今已发展到第九个版本。国内沈模卫等^[7,10]已对 E - Z 阅读者模型的早期版本(1 - 5)作了详细介绍 ,下文则重点介绍该模型的第 6 至第 9 版本的模型。

1 E - Z 阅读者模型 1 - 5 简述

E - Z 阅读者模型 1(在原文中 ,模型 1 - 7 都用希腊字母标示成模型 I - VII ,而从模型 8 开始用阿拉伯数字表示 ,此文则统一用阿拉伯数字表示)只考虑一个认知加工因素(单个单词的词汇通达)对阅读眼动行为的影响。在模型 1 中 ,眼动过程包含两大功能模块 :1)单词识别模块 ,它分为单词的熟悉度验证(f)和单词的词汇通达(lc)两个阶段。 f 的完成能同时触发眼跳计划和 lc 的开始 ,而 lc 的完成则是内部注意转换开始的信号。这样 ,模型将内部注意转换和眼跳计划分离开来。2)运动控制模块 ,它由眼跳计划的不稳定期(m)、眼跳计划的稳定期(M)和眼跳的执行过程(s)三个成分构成。当一个眼跳计划开始于前一个眼跳计划的 m 阶段时 ,前一个眼跳计划会被取消 ,而如果一个眼跳计划开始于前一个眼跳计划的 M 阶段时 ,这两个眼跳都会被执行。 f_n 和 lc_n 的时长主要受词频影响 ,词频对 f 和 lc 的影响更大一些。这样便解释了单词预视效应。

模型 2 中加入了单词可预测性这一概念驱动的认知加工因素。模型 3 加入了再注视的机制 ,以此解释词内眼跳现象。模型认为再注视是一种自动的机制 ,其主要目的是在首次注视落在难于提取信息的地方时 ,产生再次注视以提取更有效的信息。模型 4 引入参数 ϵ ,对单词离心性(eccentricity)在 f 和 lc 上的效应进行模拟。模型 5 细化了单词离心性对 f 和 lc 两阶段的影响。

2 E - Z 阅读者模型 6

E - Z 模型的前面几个版本主要针对眼动的时间特性 ,模型 6^[2]则在字符的水平上阐明了眼动变量对阅读中眼动控制的影响 ,同时还细化了再注视机制。

2.1 字符水平的注视位置

模型 6 在字符水平基础上 ,假设由于系统射程误差(systematic range error ,SRE)和与眼球运动系统有关的随机误差(E)的存在 ,使得实际眼跳有所偏离。在这里 ,SRE 被公式表示为 :

$$SER = \Psi_b - PSL * \Psi_m \tag{1}$$

其中 PSL 是眼跳计划长度(planned saccade length ,PSL) , Ψ_b ($= 7$)表示指向眼跳目标的标准眼跳长度。 Ψ_m ($= 0.4$)是自由参数。

随机误差 E 符合高斯分布 , σ 见公式(2) ,其中 β_b ($= 0.85$)和 β_m ($= 0.11$)是自由参数。公式(3)表示眼跳长度(saccade length)。

$$\sigma = \beta_b + (\beta_m * PSL) \tag{2}$$

$$\text{眼跳长度} = PSL + SER + E \tag{3}$$

模型 6 还在字符水平上将离心性(x)重新定义。离心性的概念是从模型 4 中提出的 ,表示加工单词

^{*} 基金项目 :教育部人文社会科学重点研究基地重大项目(01JAZJDXLX003) ,全国教育科学“十五”规划国家青年基金项目(CBA01022) ,教育部新世纪优秀人才支持计划项目(NCET - 04 - 0246)。

和注视单词间的距离 x 即离心性的距离指标(离心距)。在模型 6 中, x 以字符为单位。公式(4)表示了词义加工率与字符离心性的关系。时长 t_0 表示加工注视词(离心距为 0)的加工时间。时长(x)表示离心距为 x 的单词的加工时间。其中 ϵ 有两个(f 和 lc 各一个,分别为 1.10 和 1.13)是校正参数。

时长(x)= 时长 $_{0*} \epsilon^x$ (4)

在模拟数据过程中, Ψ_m 不再是固定的,而被表示成眼跳发射位置的注视时间的函数。公式(5)表

明当眼跳发射位置的注视时间增长时,眼动引导系统更容易使眼跳落在标准目标位置,系统射程误差更小。其中 $\Omega_b(=7.3)$ 和 $\Omega_m(=4.5)$ 是校正参数。

$$\Psi_m = [\Omega_b - \ln(FD)] / \Omega_m \quad (5)$$

2.2 词内再注视

模型假设词内再注视是一个自动化的程序,但只有在词内眼跳的 m 阶段先于 f 完成的情况下才产生,即 f 完成得越快越不容易产生再注视。因此,再注视率呈 v 形(如图 1)。

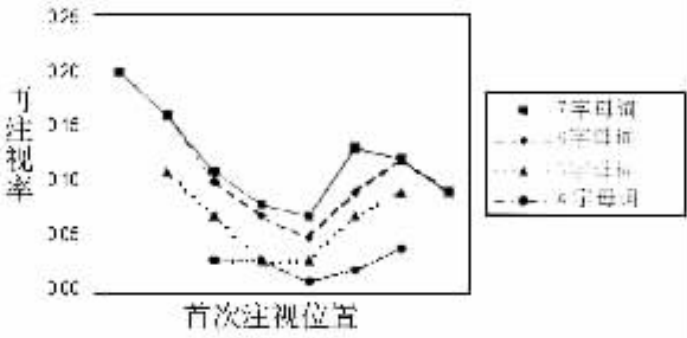


图 1 模型 6 关于不同词长单词的首次注视位置和再注视率的预测

另一个影响再注视的因素是未达到目标的眼跳(undershoot)。在这种情况下,若实际落点在词 n 的词尾,则下一次眼跳很容易指向目标词 $n+1$ 。对词 n 的再注视不易发生;反之若在词头,则容易产生再注视。另外,再注视率还与词频及词长有关。高词频的短词的再注视率低于低词频的长词。

3 E-Z 阅读者模型 7

模型 7^[3]增加了一个早期视觉加工过程,同时对模型的整体内容作了详细的解释和补充,并在新的实验和模拟数据的基础上改进了公式及相关参数。另外在模型 7 中,对各个阶段的简称作了改动,将 f 改称为 L_1 , lc 改称为 L_2 , m 改称 M_1 并将其分为两个子阶段, M 改称为 M_2 。图 2 是模型 7 的示意图。

注视点位于单词“into”(中央窝处),其视敏度最佳;灰色覆盖的词语为可视的非注视点位置(副中央窝处);内部注意集中在白色聚光灯覆盖的单词“the”处。视网膜获取视觉特征开始早期视觉加工阶段,之后由视敏度控制速度。词语加工的 L_1 阶段通知眼动系统开始计划对下一词的眼跳。词语识别的第二阶段(L_2)的完成则使得注意转向下一词。眼跳计划从注意转移中分离出来,分为 M_1 和 M_2 两个步骤,在 M_2 完成后眼跳便被执行。其中黑线代表视觉信息的流程,虚线代表眼动系统用以选择下一个眼跳目标的低空间频率信息,灰线代表在模型中

各部分流通的信号指令。

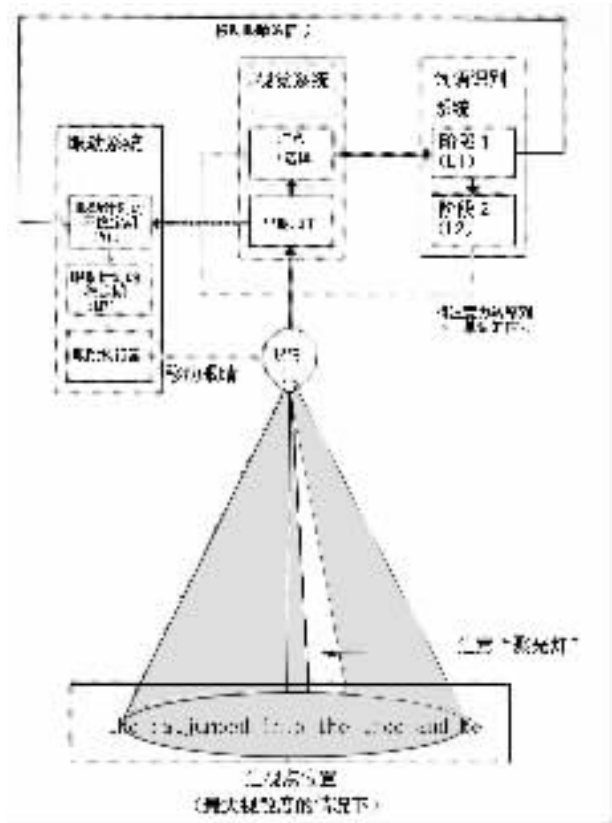


图 2 E-Z 阅读者模型 7 示意图

3.1 四个主要的感知驱动系统及相关假设

在 E-Z 阅读者模型 7 中包括了四个主要的感知驱动系统,具体为:

1)视觉加工:早期视觉加工阶段是单词完整信息被整合前的“前注意”阶段,平均耗时 t_v 符合神经传递到大脑皮层的基本时间的一个自由参数(90ms)。这一阶段的加工率受视敏度的影响,其时长与单词的离心性 $\epsilon = 1.08$ 和词长 N 呈正比。公式(6)表示了各个字母的视觉加工时间,其中 t 代表注视时间。由公式可看出,离注视点越远的字母其视觉加工时间越长。

$$\text{视觉加工} = t(\epsilon^{\sum 1 - \text{字母} i - \text{注视点}} / N) \quad (6)$$

2)词语识别:词语识别分 L_1 和 L_2 两步。其中 $t(L_1)$ 受词频影响(公式(7))。 β_1 (228ms)和 β_2 (10ms)是控制词频对 $t(L_1)$ 的影响的独立参数,另外通过 θ ($= 0.5$)来减弱后文预测性对 $t(L_1)$ 的影响。

$$t(L_1) = [\beta_1 - \beta_2 \ln(\text{词频})][1 - \theta_{\text{预测率}}] \quad (7)$$

L_2 开始进一步的词语加工。 Δ ($= 0.5$)削弱了词频的影响。与 L_1 不同的是,单词预测率对 L_2 的影响是完整的。也就是说,若单词可通过上下文被预测出来,则 $t(L_2)$ 为 0。

$$t(L_2) = \Delta[\beta_1 - \beta_2 \ln(\text{词频})][1 - \text{预测率}] \quad (8)$$

3)注意:模型强调注意的有序转移。另外,模型将眼动与注意分离,这样可以解释当中央窝处理过程变难时,副中央窝效应减弱的现象。

4)眼动控制:模型 7 将 M_1 分为序列的两个子阶段:一般性系统准备子阶段(早期子阶段)和距离定位转化子阶段(晚期子阶段)。在 M_1 早期子阶段中,眼动系统开始启动。而在 M_1 晚期子阶段中,系统要计算当前注视点和眼跳目标位置间的距离——预计眼跳长度(intended saccade length),并且要将距离这种空间单位转化成眼部肌肉所需的执行此次眼跳的力量单位。在模型 7 中,两个子阶段各占 M_1 时长的一半。在连续产生两个眼跳计划的情况下,第一个眼跳计划的早期子阶段及之前的准备阶段可以被第二个眼跳计划共享。

在 M_2 中,眼动必须产生,其完成时间符合 γ 分布。 M_2 完成后,眼跳立即被执行。在模型 7 中,完成 M_1 和 M_2 的平均时间是分别为 187ms 和 57ms,眼跳执行的时长则设为 $t_s = 25\text{ms}$ (估算值)。

3.2 五种加工过程

图 3 说明了模型 7 的眼动控制假设。横轴为时间轴,水平的黑线代表在各个时间段被注视的词($n, n+1, n+2$),箭头线表示指向不同词($n, n+1, n+2$)

的眼跳计划过程的不同阶段。浅灰色箭头指 M_1 早期子阶段;中灰色指 M_1 晚期子阶段;深灰色箭头指 M_2 阶段;白色箭头指眼跳的执行阶段。虚线白色箭头指被取消的眼跳。

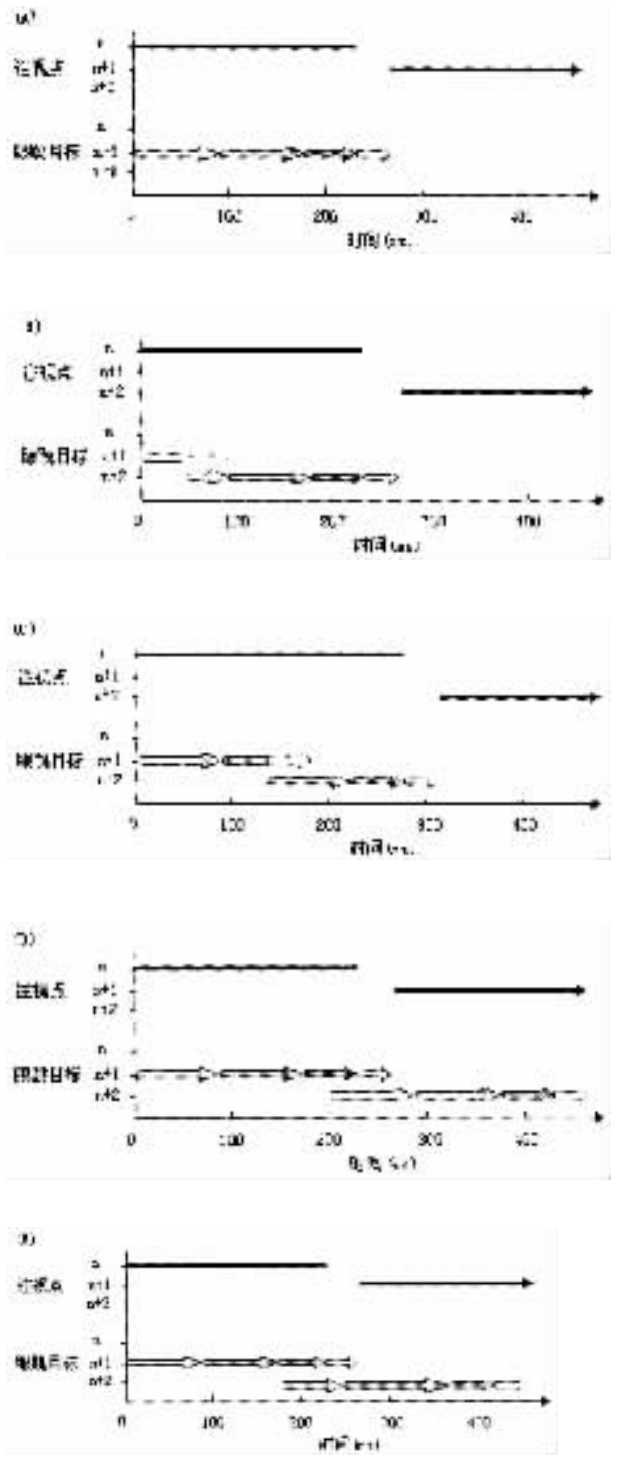


图 3 E-Z 阅读者 7 的五种加工过程

图 3(A):词 n 被注视时,计划并执行一次向词 $n+1$ 的眼跳。

图 3(B):词 n 被注视时,对词 $n+1$ 的眼跳计划

开始,在这一计划还处于 M_1 的早期子阶段时,指向词 $n+2$ 的眼跳计划就开始了。这时,第二个计划在第一个计划的基础上开始(耗时最短),对词 $n+1$ 的眼跳被取消,眼跳从词 n 到词 $n+2$ (词 $n+1$ 被跳读)。

图 3(C):与 B 类似,但对词 $n+2$ 的眼跳计划开始于词 $n+1$ 的 M_1 的晚期子阶段时。这样对词 $n+1$ 的注视就被取消,从词 n 跳读到词 $n+2$ 。而词 $n+2$ 和词 $n+1$ 的距离定位值不一样,所以新的眼跳计划会重新从 M_1 的晚期子阶段开始计划。

图 3(D):词 $n+1$ 的眼跳计划发展到 M_2 时第二次眼跳计划开始。对词 $n+1$ 的注视过程是完整的,从词 n 到词 $n+1$ 的眼跳会被执行。而由于前一次的眼跳在第二次计划还处于 M_1 的早期子阶段时就被执行了,所以第二次计划的 M_1 的晚期子阶段就没必要重来一次(符合原定的计划)。

图 3(E):第一次眼跳的执行发生于第二次眼跳计划的 M_1 的晚期子阶段。这样由于此时眼睛注视点移向了词 $n+1$,所以要重新开始一个 M_1 的晚期子阶段,即延长了第二次计划的 M_1 时间。

3.3 误差与再注视

模型 7 中眼跳的实际长度由三部分组成(公式 9):

$$\text{眼跳长度} = \text{ISL} + \text{SER} + \text{RE} \quad (9)$$

上式中,ISL 为预计眼跳长度(intended saccade length)是指当前注视点(眼跳发射点)和眼跳目标位置(目标词的中点)之间的距离。SRE 公式如下:

$$\text{SRE} = (\Psi - \text{预计眼跳长度}) \left[\Omega_1 - \ln(\text{注视时间}) / \Omega_2 \right] \quad (10)$$

上式中, Ψ ($= 7$)即模型 6 中的 Ψ_b 。这个公式显示出了当 ISL 比 7 个字符每少(多)一个字符长度时,实际眼跳长度平均会超过(未及)目标位置半个字符长度。这种系统误差还与眼跳发射点位置的注视时间成反比。

公式(9)中的 RE 是指随机误差,属于常态分布 σ 如下式。公式(11)表示了随机误差会随着预计眼跳长度的增加而有比例的递增,这种比例由自由参数 η_1 ($= 1.2$)和 η_2 ($= 1.5$)决定。

$$\sigma = \eta_1 + \eta_2 \text{ISL} \quad (11)$$

模型 7 认为注视时,眼动系统引发一个再注视的 M_1 的概率是受被注视词的词长所决定的(见公式(12))。公式中 λ ($= 0.07$)是自由参数,即长词更容易产生再注视。模型 7 认为由于 L_1 越长,再注视 M_1 被取消的机会就减少,所以再注视在其 M_1 先于 f

(L_1)完成的情况下才产生。由此预测出了低频词的再注视率更高(低频词的 L_1 比起高频词的更慢)。

4 E-Z 阅读者模型 9

4.1 E-Z 阅读者模型 8 和模型 9 的关系

E-Z 阅读者模型 8^[4]和模型 9^[5,6]是在随着随现操作(gaze-contingent manipulations)范式的实验基础上提出的。模型 8 更像是模型 9 的过渡模型,二者只有关于再注视的假设不同。模型 9 采用了更加符合实际的参数,且运用在更多的实验之中(消失文本等)。所以在这里对最新的 E-Z 阅读者模型 9 进行详述。

4.2 E-Z 阅读者模型 9 简介

模型 9^[6]基本遵循模型 7 的假设,但在参数设置上作了很多调整。它在边界范式和呈现随眼动变化范式的实验基础上,进一步探索模型有关的序列注意假设。模型 9 还对各阶段的假设进行了更深入详尽的解释。由模型 9 的示意图(图 4)可看出,模型 9 用更直观详尽的方式描述了模型 7 确定的模型架构。

模型 9 以字符为基础说明了阅读中词语识别的过程。词语识别通过三个阶段完成:注意开始前的早期视觉加工阶段(V),需要注意参与的词汇加工 L_1 阶段和 L_2 阶段。 L_1 和 L_2 的完成分别是眼跳计划和注意转换的开始信号,这两个信号是即时传入大脑的,并将此部分时间分别算到两个机制的运作时间内。

视觉加工:视觉信息可被平行加工,其获取的信息对之后的加工都是有效的。但其加工质量受离心性影响。在大量实验和模拟基础上,设置 $t(v)$ 为 50ms。

熟悉度检验: $\lambda(L_1)$ (公式(13))受词频和该词在句子背景下的预测率所影响,词频和预测性越高, $t(L_1)$ 越短。模型 9 加强了预测性对 $t(L_1)$ 的影响。

$$t(L_1) = \alpha_1 - \alpha_2 \ln(\text{词频}) - (\alpha_3 \text{预测率}) \quad (13)$$

另外模型 9 认为熟悉度检验的完成速率与视敏度有关。在公式 14 中 ϵ 是自由参数, N 是词语的字母数,即离注视点越近、单词越长和离注视点近且长的词,其加工时间越多。

$$\text{完成速率} = \epsilon^{(\sum \text{字符} - \text{注视点}) / N} \quad (14)$$

词汇通达: $\lambda(L_2)$ 与 $\lambda(L_1)$ 是比例关系(公式 15),这样可以解释溢出现象和副中央窝预视程度随中央窝词汇难度增加而减少的现象。但它与视敏度无关,这是由于模型假设大部分的视觉加工在熟悉度检验结束时已经完成,词汇通达阶段更多采用的是

抽象表征。

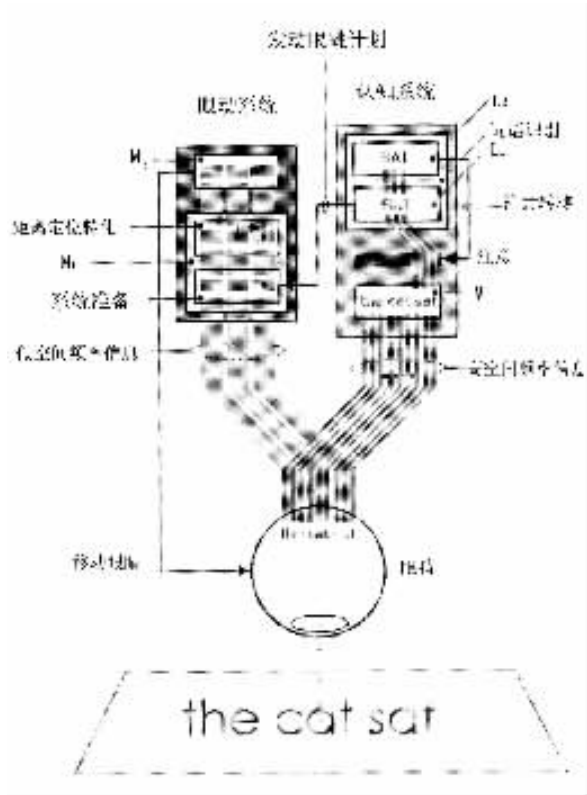


图4 E-Z 阅读者模型 9 示意图

表1 E-Z 阅读者模型 9 的参数值及其解释

模型成分	参数	参数值	解释
视觉加工	V	50	眼-脑延迟(ms)
	ϵ	1.15	影响 L_1 的视敏度参数
词汇加工	α_1	122	截距 : L_1 加工时间的最大值的平均数(ms)
	α_2	4	斜率 :影响 L_1 加工时间的词频效应(ms)
	α_3	10	斜率 :影响 L_1 加工时间的预测性效应(ms)
	Δ	0.5	L_1 和 L_2 的比例
	σ_γ	0.22	γ 分布的标准差($\sigma = .22\mu$)
眼跳计划	M_1	100	眼跳计划不稳定阶段的平均时间(ms)
	ξ	0.5	M_1 的两个子阶段时间的比例
	M_2	25	眼跳计划的稳定阶段的平均时间(ms)
	R	117	决定再注视的平均时间(ms)
	S	25	眼跳时间(ms)
	Ψ	7	眼跳最佳长度(字符空间)
	Ω_1	7.3	截距 :眼跳发射点的注视时间对系统误差的影响
	Ω_2	3	斜率 :眼跳发射点的注视时间对系统误差的影响
	η_1	0.5	截距 :眼跳随机误差成分(字符空间)
	η_2	0.15	斜率 :眼跳随机误差成分(字符空间)
	λ	0.09	调整词长对再注视率的影响

4.3 模型 9 对假设的进一步说明

第一 模型 9^[6]深入检验了视觉前加工假设 ,认为前一个注视点的视觉加工信息的有效性一直持续到下一个注视点视觉加工的开始 ,它利用在副中央窝上设置无效的视觉信息的方法^[13] ,选取了 50ms 的值。另外 ,边界范式的结果还推动了眼跳计划发生的时间参量的修改。

$$(L_2)=\triangle(L_1) \tag{15}$$

眼跳计划 : M_1 和 M_2 分别符合平均数为 100ms 和 25ms 的 γ 函数。 M_1 下有两个子系统 ξ 为分配比例。眼跳的执行时间假设为 25 毫秒。

空间特性 利用副中央窝处获得的低空间频率信息获取眼跳位置 ,通常为词中央。实际眼跳长度是眼跳计划长度、系统误差和随机误差之和 (同公式 (3))。

再注视率 模型 9 假设在注视一个单词时 ,会自动计划一个矫正型再注视的眼跳。在模型 9 中 ,再注视率是眼跳发射点到最佳注视点之间的距离的函数 ,受 λ 调节。进一步看来 ,这也说明了长词更易产生再注视现象。

模型 9 还假设做出是否要执行一个矫正型再注视眼跳的时间 (R) ,要长于获取足够信息以选择首次眼跳位置的时间 ,即 $(R)>(V)$ 。所以 ,注视一个单词时 ,再注视眼跳(符合公式 4.5)发生的条件如下 :1)另一个不稳定的眼跳计划还未产生 2)到下一词的眼跳还没准备完毕。

$$p=\lambda| \text{最佳视点}-\text{首次登陆位置}| \tag{16}$$

第二 关于注视间隙时的认知加工的开始时间 ,在模型 9 中 ,采用与标准模型^[11]相似的连续加工模型 ,假设在大脑接收到视觉领域的信息已改变的信号前 ,词汇加工一直持续进行。这点有别于模型 7^[3]。

第三 关于视觉注意在保留视觉信息上的作用 ,模型根据移动窗口范式相关实验的数据^[12,18]假设在视觉信息被转化时(进入短时记忆缓冲器) ,注意

起关键作用。即不是所有的视觉信息都能转化为更抽象的表征供之后的词汇加工所用,而是被注意的那部分。另外在简单原则下,模型 9 假设转化加工的过程属于熟悉度检验的一部分,从视觉编码转化到深层(如正字法、语音)的信息,为之后的深层加工做准备。同时假设转化加工从阅读者将注意转向词语后便开始。

5 对 E-Z 阅读者模型的评价

首先,眼动控制模型是在大量实验数据和已观测到的眼动现象基础上提出来的,其目的是要解释和预测这些眼动现象。在这一原则下,E-Z 阅读者模型不断提出和验证模型的相关假设及精确性,并促进了许多方面的研究^[5]。具体内容如下:1)复杂词语内的词素到底是平行加工还是序列加工?根据对芬兰语的研究^[13,14],发现整词和词素的特性都对词语的加工有影响。由此,E-Z 阅读者模型 9 将单词注意扩展到词素基础上。2)Pollatsek 等^[6]近来检验了视觉加工和注意及词汇加工之间的衔接过程。据此模型 9 用公式阐明了以下假设:词汇加工在眼跳时继续,之前的注视点的视觉信息继续有效,直到新的注视点的视觉信息变得有效为止。同时认为此假设适用于阅读之外的任务。3)Reingold 和 Rayner^[15]通过比较正常印刷的关键词和模糊印刷的关键词的识别,发现溢出效应并无显著差异。这一结果支持了 E-Z 阅读者模型将词汇加工分为两阶段的假设。4)已有眼动控制模型主要致力于描述阅读时的过程,很少涉及读者如何习得及发展相关阅读策略。为此,Reichle 等^[16]通过检验一个适应性阅读模拟器的眼动(该模拟器符合人类眼动模式),来解释阅读策略的习得。5)新近的 ERP 实验结果^[17]也支持在词汇识别的早期阶段就有眼动发生的假设。

其次,E-Z 阅读者模型对其序列加工的假设进行了详细的说明,对各种加工情况作了精确的分析和预测。相较之下,平行加工模型对其平行加工过程的假设过于含糊了^[16]。另外,平行加工模型假设从注视词_n开始就提取词_{n+1}的信息,这不符合边界范式实验的结果(对词_{n+1}是正常的和被任意字母取代这两种情况下的差异预测的过大了)。采用序列加工假设不仅使得模型匹配了许多阅读中的数据,而且也对诸如消失文本的现象提供了最简便的解释。它还能很好的解释在有效的文本受限的情形下阅读的损耗。

再次,模型在模拟实验的基础上设置了严格的参数,它们都匹配了相关的数据,而且是符合已知的

视觉运动加工的研究成果的(如眼-脑延迟和眼跳计划时间)。这使得模型可以较为精确的对眼动行为作出预测。特别是新近模型在对随看随现操作的相关实验结果的成功模拟,更进一步的证明模型关键参数的估计值是很精确的。

但是,Reichle 等^[3,6]也承认 E-Z 阅读者模型还存在一些缺点:1)该模型忽视了更高级水平的语言加工在眼动中的作用;2)模型还不能深入解释所有在阅读中引导眼动的加工,而只是描述了这些加工与眼动之间的关系;3)模型有关再注视的假设还有待完善。

(文章在写作的过程中,得到了美国马萨诸塞大学 Keith Rayner 和 Alexander Pollatsek 教授以及匹兹堡大学 Erik D. Reichle 教授的帮助,特此感谢。)

参考文献

1 Reichle E D ,et al. Toward a model of eye movement control in reading. *Psychological Review* ,1998 ,105(1) :125 - 157 .
2 Reichle E D ,Rayner K ,Pollatsek A. Eye movement control in reading : accounting for initial fixation locations and refixations within the E - Z reader model. *Vision Research* ,1999 ,39 :4403 - 4411 .
3 Reichle E D ,Rayner K ,Pollatsek A. The E - Z reader model of eye - movement control in reading : comparisons to other models. *Behavioral and Brain Sciences* 2003 ,26 :445 - 526 .
4 Rayner K ,Reichle E ,Pollatsek A. Eye movement control in reading and the E - Z Reader model. In : Underwood G ,ed. *Eye Guidance and Cognitive Processes*. Oxford :Oxford University Press ,2005 .131 - 162 .
5 Reichle E D ,Pollatsek A ,Rayner K. E - Z Reader : A cognitive - control , serial - attention model of eye - movement behavior during reading. *Cognitive Systems Research* 2006 ,7 :4 - 22 .
6 Pollatsek A ,Reichle E D ,Rayner K. Tests of the E - Z Reader model : Exploring the inter face between cognition and eye - movement control. *Cognitive Psychology* ,2006 ,52 :1 - 56 .
7 沈模卫 ,张光强 ,符德 ,等. 阅读过程眼动控制理论模型 : E - Z Reader. *心理科学* ,2002 ,25(2) :129 - 133 .
8 Morrison R E. Manipulation of stimulus onset delay in reading : evidence for parallel programming of saccades. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance* , 1984 ,10(5) :667 - 682 .
9 Becker W ,Jürgens R. An analysis of the saccade system by means of double - step stimuli. *Vision Research* ,1979 ,19(9) : 967 - 983 .
10 闫国利 ,白学军 ,陈向阳. 阅读过程中的眼动理论综述. *心理与行为研究* ,2003 ,1(2) :156 - 160 .
11 Irwin D E. Lexical processing during saccadic eye movements. *Cognitive Psychology* ,1998 ,36 :1 - 27 . (下转第 40 页)

的影响. 心理学报 2002 34(5) :470 – 479.

11 Verde M F ,Murphy G L ,Ross B H. Influence of multiple categories in inductive inference. Memory & Cognition 2005 , 33(3) 479 – 487.

12 莫雷 ,陈琳. 特征推理中的类别变量与特征联结变量研究. 2006.(待发表)

13 莫雷 陈战胜. 规则策略和样例策略在归类过程中的运用. 心理学报 2003 35(1) 29 – 36.

The Research of People ' Induction when Categorization was Uncertain

Chen Lin Mo Lei

(Department of Psychology , South China Normal University , Guangzhou 510631)

Abstract :The research was interested in how people induce , when categorization was uncertain. Experiment 1 controlled the feature association to investigate whether prediction was based on category. Experiment 2 was interested in whether prediction was based on feature association while controlled the probability of feature in category. The results showed , when subjects predict property directly , the induction was based on feature association. But when they should make an initial categorization judgment , the induction was based on category.

Key words :single – category ; rational model ; feature induction based on category ; feature association

(上接第 29 页)

12 Rayner K et al. . On the processing of meaning from parafoveal vision during eye fixations in reading. In :Hyona J ,Radach R , Deubel H eds. The Mind 's Eye :Cognitive and Applied Aspects of Eye Movement Research. Amsterdam. North Holland 2003. 213 – 234.

13 Hyönä J ,Pollatsek A. Reading Finnish compound words : Eye fixations are affected by component morphemes. Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance , 1998 24 :1612 – 1627.

14 Pollatsek A ,Hyönä J ,Bertram R. The role of morphological constituents in reading Finnish compound words. Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance 2000 26 820 – 833.

15 Reingold E M ,Rayner K. Examining the word identification stages hypothesized by E – Z Reader model. Psychological Science 2006 17(9) :742 – 746.

16 Reichle E D ,Laurent P. Using reinforcement learning to understand the emergence of “ intelligent ” eye – movement behavior during reading. Psychological Review , 2006 ,113 (2) 390 – 208.

17 Reichle E D ,Tokowicz N ,Liu Y et al. . Using ERP to examine the “ eye – mind ” link during reading. Manuscript Submitted for Review 2006.

18 Rayner K ,Liversedge S P , White S J. Eye movements when reading disappearing text : The importance of the word to the right of fixation. Vision Research 2005 46 :310 – 323.

The Review of Advanced of E – Z Reader Model

Hu Xiaoyu Liu Haijian Liu Liping Zang Chuanli Bai Xuejun
(Academy of Psychology and Behavior ,Tianjin Normal University ,Tianjin 300074)

Abstract :This paper introduces new versions of E – Z Reader model of eye movement control in reading. E – Z Reader model provides a theoretical framework for explaining how cognitive processes could control eye movement during reading. Its modeling indicates that words in text are processed serially by skilled readers. This paper also summarizes how the model has been and is currently being used to guide empirical research.

Key words :E – Z Reader model ;eye movement control ;attention ;saccades