

注意分配对大学生数字线估计中左位数效应的影响

赵丹娜¹, 邢艺佳²

¹苏州大学教育学院, 江苏 苏州

²东北师范大学心理学院, 吉林 长春

收稿日期: 2026年5月8日; 录用日期: 2026年6月17日; 发布日期: 2026年6月29日

摘要

左位数效应(left digit effect)是指多位数中最左侧数位的数值对整体数量估计产生不成比例影响的现象。已有研究在数字线估计任务中反复验证了该效应的稳健性, 但对其认知机制的探讨仍相对有限, 且鲜有研究从注意分配的角度探索该效应的可干预性。本研究基于符号模型关于序列加工优先性的理论视角, 通过操纵数字各位数的呈现时序, 考察增加右侧数字注意对减小大学生左位数效应的影响。实验招募90名在校大学生, 随机分配至三种实验条件: (1) 无延迟条件(三位数字同时呈现); (2) #延迟条件(百位数字以“#”占位延迟1s呈现); (3) 0延迟条件(百位数字以“0”占位延迟1s呈现)。延迟条件下, 被试需在完整数字呈现前出声报告先呈现的右侧数字, 以确保注意被有效引导至右侧位数。因变量为一百边界差异分数(左位数效应大小), 五十边界差异分数作为对照指标。单样本t检验结果表明, 各实验条件下的一百边界差异分数均显著大于0 ($p < 0.001$), 五十边界差异分数均与0无显著差异 ($p > 0.15$), 证实左位数效应在各条件下均稳定存在。单因素方差分析显示, 实验条件主效应显著, $F(2, 87) = 22.782, p < 0.001, \eta p^2 = 0.409$ 。事后比较表明, 无延迟条件下的左位数效应($M = 28.622$)显著高于左侧延迟条件($M = 9.249, p < 0.001$)和0左侧延迟条件($M = 15.285, p < 0.001$), 且左侧延迟条件下的左位数效应显著低于0左侧延迟条件($p = 0.043$)。配对样本t检验发现, 在延迟组中, 左侧延迟条件下的左位数效应显著小于右侧延迟条件($t(29) = -4.882, p < 0.001$); 在0延迟组中, 左侧延迟条件下的左位数效应亦显著小于右侧延迟条件($t(29) = -2.180, p = 0.037$)。上述结果表明, 通过操纵呈现时序引导注意至右侧数字可有效削弱左位数效应, 且占位符类型和注意方向均对于干预效果具有显著调节作用。研究结果为符号模型提供了关键行为证据, 提示左位数效应的产生更多与序列加工中的注意分配惯性有关, 而非整体认知努力不足。

关键词

左位数效应, 数字线估计, 注意分配, 符号模型, 占位符

The Impact of Assignment on the Left-Digit Effect in College Students' Estimates of Digital Lines

Danna Zhao¹, Yijia Xing²

¹School of Education, Soochow University, Suzhou Jiangsu

²School of Psychology, Northeast Normal University, Changchun Jilin

Received: May 8, 2026; accepted: June 17, 2026; published: June 29, 2026

Abstract

The left digit effect refers to the phenomenon whereby the leftmost digit of a multi-digit number disproportionately influences overall magnitude estimation. Although this effect has been robustly demonstrated in number line estimation tasks, its cognitive mechanisms remain debated, and few studies have explored its modifiability from an attentional perspective. Drawing on the symbol model's assumption of sequential processing priority, this study manipulated the temporal order of digit presentation to examine whether directing attention to right-side digits attenuates the left digit effect in college students. Ninety undergraduate students were randomly assigned to one of the three conditions: (1) no-delay condition, in which three-digit numbers were presented simultaneously; (2) # delay condition, in which the hundreds digit was initially replaced by “#” and delayed for 1 s; and (3) 0-delay condition, in which the hundreds digit was initially replaced by “0” and delayed for 1 s. In delay conditions, participants were required to orally report the right-side digits before the full number appeared, ensuring that attention was directed to the right. The dependent variable was the hundred-boundary difference score, with fifty-boundary difference scores serving as a control. One-sample t-tests confirmed that hundred-boundary difference scores were significantly greater than zero across all conditions ($p < 0.001$), whereas fifty-boundary difference scores did not differ from zero ($p > 0.15$), confirming the robust presence of the left digit effect. A one-way ANOVA revealed a significant main effect of condition, $F(2, 87) = 22.782, p < 0.001, \eta p^2 = 0.409$. Post-hoc comparisons indicated that the left digit effect in the no-delay condition ($M = 28.622$) was significantly larger than in the left-delay condition ($M = 9.249, p < 0.001$) and the 0-left-delay condition ($M = 15.285, p < 0.001$). Moreover, the effect was significantly smaller in the left-delay condition than in the 0-left-delay condition ($p = 0.043$). A paired-sample t-test revealed that, in the delay group, the left-digit effect under the left-side delay condition was significantly smaller than that under the right-side delay condition ($t(29) = -4.882, p < 0.001$); in the zero-delay group, the leftdigit effect under the left-side delay condition was also significantly smaller than that under the right-side delay condition ($t(29) = -2.180, p = 0.037$). These findings indicate that directing attention to right-side digits via temporal manipulation effectively attenuates the left digit effect, with both placeholder type and attentional direction significantly modulating the magnitude of the effect. The results provide key behavioral evidence supporting the symbol model and suggest that the left digit effect stems more from attentional inertia in sequential processing than from insufficient overall cognitive effort.

Keywords

Left Digit Effect, Number Line Estimation, Attentional Allocation, Symbol Model, Placeholder



1. 引言

在现代社会的各类决策情境中, 数字无处不在。从日常购物时比较商品价格, 到投资理财时分析收益数据, 再到学术研究中的量化分析, 准确的数字处理能力对个体的生活质量和职业发展具有重要影响。然而, 人们在处理数字信息时并非完全理性, 而是会受到多种认知偏向的干扰。其中, 左位数效应(left digit effect)便是一种影响广泛且表现稳定的认知偏向。

左位数效应是指多位数中最左侧数位的数值对整体数量估计产生不成比例影响的现象(Kayton et al., 2022)。在经典的数字线估计任务(Number Line Estimation, NLE)中, 这一效应表现得尤为明显。数字线估计任务要求参与者在一条标注有起点(如 0)和终点(如 1000)的水平线上标记目标数字的位置, 该任务被广泛用于研究数字的心理表征、数量大小比较以及空间估计等认知过程(Siegler & Opfer, 2003)。研究发现, 当目标数字跨越百位边界时, 个体的估计会产生系统性偏差: 例如, 人们通常会将 299 估计在 301 左侧过远的位置, 认为 299 与 300 之间的距离远大于 301 与 300 之间的距离, 尽管二者与 300 的实际差值均为 1 (Lai et al., 2018; Williams et al., 2022)。这种现象最早在数值比较任务中被观察到——Moyer 和 Landauer (1967)发现人们在比较两个数字大小时, 更容易受到最左侧数字的影响。

左位数效应并非局限于实验室任务, 而是对真实世界的决策行为具有广泛影响。在消费领域, Thomas 和 Morwitz (2005)发现消费者对价格的感知存在明显的左位数偏差: 价格略低于整数关口的产品被认为比刚好等于整数关口的产品便宜得多。这一发现已在多个消费情境中得到重复验证, 包括房产交易(Beracha & Seiler, 2015)、在线购物(Sokolova et al., 2020)等。在医疗决策领域, Olenski 等(2020)发现冠状动脉搭桥手术的推荐率在患者年龄跨越整数关口时出现显著变化。在金融投资领域, Patalano 等(2022)发现投资者对跨越整数关口的收益率存在系统性高估。这些研究表明, 左位数效应不仅是一个基础认知现象, 更对个体的经济决策和健康选择具有实质性影响。

尽管左位数效应的现象学特征已较为清晰, 但其认知机制仍存在争议。目前主要有两种理论解释: 认知努力模型认为, 左位数效应源于个体对右侧数字投入的认知资源不足, 导致最左侧数字被过度加权(Lacetera et al., 2012; Thomas & Morwitz, 2005); 符号模型则假设, 数字信息以名义编码形式被从左到右依次读取, 左侧数字因加工顺序优势而获得更高权重(Tu & Pullig, 2018)。基于认知努力模型, 已有研究尝试通过竞争性反馈、动机激发等方式增加任务投入以减少左位数效应, 但结果仅提高了整体估计精度, 并未显著削弱左位数效应本身(Kayton et al., 2022; Williams et al., 2023)。这一发现暗示, 左位数效应的产生可能并非源于整体认知努力不足, 而是与注意在多位数字内部的不对称分配有关。

基于符号模型的理论预设, 本研究提出一种新的干预思路: 通过操纵数字各位数的呈现时序, 将注意资源引导至右侧数字, 从而削弱左侧数字的过度加权。具体而言, 本研究设置三种实验条件——(1) 三位数字同时呈现(无延迟条件); (2) 百位数字延迟呈现, 以“#”占位(#延迟条件); (3) 百位数字延迟呈现, 以“0”占位(0 延迟条件)——要求被试在完整数字呈现前出声报告先出现的右侧数字, 以确保注意被有效引向右侧。研究旨在回答三个问题: 第一, 增加右侧数字注意能否显著减小左位数效应; 第二, 占位符类型(有数字意义的“0” vs. 无意义的“#”)是否调节干预效果; 第三, 注意方向(先注意右侧 vs. 先注意左侧)是否影响左位数效应大小。

本研究首次从注意分配的视角探索左位数效应的可干预性, 若结果支持符号模型的预测, 则不仅能

为该效应的认知机制提供新的实证依据, 也将为后续开发有效的去偏差干预方案提供可行方向。

2. 方法

2.1. 被试

随机招募辽宁师范大学在校大学生 90 名参与实验, 平均年龄为 22.18 岁($SD=0.61$), 其中男性 21 名, 女性 69 名。所有被试视力或矫正视力正常, 无色盲或色弱。被试遵循自愿参与原则, 在正式实验前均已了解实验流程和实验目的, 获得知情同意后进行正式实验。实验结束后发放小礼品作为酬谢。90 名被试被随机分配至三种实验条件: 无延迟条件组 30 人, #延迟条件组 30 人, 0 延迟条件组 30 人。

2.2. 实验设计

采用单因素被试间设计。自变量为数字呈现方式, 包含三个水平: (1) 无延迟条件(三位数字同时呈现); (2) 延迟条件(百位数字以“#”占位延迟呈现); (3) 0 延迟条件(百位数字以“0”占位延迟呈现)。被试随机分配至三种条件之一, 每组 30 人。因变量为一百边界差异分数(即左位数效应大小), 五十边界差异分数作为对照指标。

2.3. 仪器与材料

实验程序采用 PsychoPy3 编制, 刺激呈现在 47×27 cm 的台式显示器上(分辨率 2560×1440 像素, 刷新率 60 Hz)。数字线估计任务界面如下: 屏幕中央呈现一条长 20 cm 的黑色水平线, 两端分别标注“0”和“1000”(高 0.8 cm)。目标数字(高 1.5 cm)位于水平线上方 4 cm 处。被试点击数轴后, 该位置立即出现一条长 1 cm 的垂直标记线。

刺激集包含 150 个三位数目标数字(范围 0~1000), 分为三类: (1) 百位边界值(16 对, 如 198~202, 299~301, …… , 899~901), 用于计算左位数效应; (2) 五十边界值(18 对, 如 148~152, 249~251, …… , 949~951), 作为对照刺激; (3) 非边界填充值(82 个, 如 235, 367, 411), 用于掩盖实验目的。

三种实验条件下的刺激呈现参数如下:

(1) 无延迟条件: 150 个目标数字以完整三位数形式直接呈现 3 s, 被试在 3 s 内做出位置判断。

(2) #延迟条件: 150 个刺激呈现两遍, 形成 300 个试次。其中 150 试次为左侧延迟(百位延迟, 如“#32”→632), 150 个试次为右侧延迟(个位十位延迟, 如“3##”→399)。延迟试次中, 先呈现含占位符“#”或“0”的数字串 1 s, 随后呈现完整三位数 3 s。被试需在完整数字呈现后 3 s 内做出判断。

(3) 0 延迟条件: 参数与#延迟条件相同, 仅占位符由“#”替换为“0”(如“032”→632; “300”→399)。

所有条件下的数字均以随机顺序呈现, 数字配对仅用于后续数据分析, 刺激呈现时不做配对处理。

2.4. 实验程序

被试在隔音实验间内单独施测, 眼睛距屏幕约 60 cm。正式实验前, 被试阅读书面指导语并完成 5 个练习试次以熟悉任务。

每个试次的流程如下: 屏幕中央呈现注视点“+”500 ms, 随后呈现目标刺激。无延迟条件下, 完整三位数直接呈现 3 s; 延迟条件下, 先呈现含占位符的数字串 1 s, 随后呈现完整三位数 3 s。延迟条件中, 被试需在完整数字出现前出声报告先呈现的右侧数字(如“32”或“99”), 以确保注意被有效引导至右侧位数。完整数字呈现后, 被试使用鼠标在数轴上点击估计位置, 反应窗口为 3 s。点击后自动进入下一试次, 无反馈。

无延迟条件共 150 试次, 约需 15 分钟, 实验中途设置两次休息; 延迟条件各 300 试次, 每个条件约需 30 分钟。实验中途各设置四次休息。

2.5. 数据分析

采用 SPSS 26.0 进行数据分析。首先计算每位被试的一百边界差异分数(16 对百位边界值的平均差异)和五十边界差异分数(18 对五十边界值的平均差异), 计算公式为:

边界差异分数 = (较大数字估计位置 - 较小数字估计位置) - (较大数字正确位置 - 较小数字正确位置)

同时计算绝对误差百分比(PAE)作为整体估计精度的指标:

$$PAE = (|实际位置 - 估计位置| / 数值范围) \times 100$$

统计检验分三步进行: (1) 对各条件的一百边界差异分数进行单样本 t 检验(与 0 比较), 以确认左位数效应是否显著存在; (2) 以实验条件为自变量, 对一百边界差异分数进行单因素方差分析, 评估延迟呈现对左位数效应的影响; (3) 在延迟条件下, 以注意方向(左侧延迟 vs. 右侧延迟)为自变量进行配对样本 t 检验, 考察注意方向对效应大小的调节作用。效应量报告 η^2 (方差分析)和 Cohen's d (t 检验)。

3. 结果

3.1. 数据筛选与描述性统计

所有被试的 PAE 均值均小于 6, 数据全部有效。各条件下的一百边界差异分数、五十边界差异分数及 PAE 的描述性统计见表 1。

Table 1. Descriptive statistics of number line estimation performance across experimental conditions (M)

表 1. 实验条件下数字线估计任务的描述性统计(M)

实验条件	n	一百边界差异分数	五十边界差异分数	PAE (%)
无延迟组	30	28.622	-0.375	3.872
#延迟组 - 左侧延迟	30	9.249	-2.456	4.559
#延迟组 - 右侧延迟	30	29.459	-2.343	4.771
0 延迟组 - 左侧延迟	30	15.285	0.367	3.626
0 延迟组 - 右侧延迟	30	21.071	-1.700	4.070

3.2. 左位数效应的存在性检验

对各条件下的一百边界差异分数和五十边界差异分数分别进行单样本 t 检验(与 0 比较), 结果见表 2。所有条件下的一百边界差异分数均显著大于 0 ($p < 0.001$), 而五十边界差异分数均与 0 无显著差异 ($p > 0.15$), 表明左位数效应在各实验条件下均稳定存在。

Table 2. Difference tests of the left-digit effect across experimental conditions

表 2. 各实验条件下左位数效应的差异检验

实验条件	一百边界差异		五十边界差异	
	t(29)	p	t(29)	p
无延迟组	15.550	<0.001	-0.162	0.872
左侧延迟	4.538	<0.001	-1.365	0.183
右侧延迟	8.242	<0.001	-1.447	0.159
0 左侧延迟	6.580	<0.001	0.203	0.841
0 右侧延迟	6.907	<0.001	-0.745	0.461

3.3. 延迟呈现对左位数效应的影响

为检验增加右侧数字注意是否减小左位数效应, 以实验条件(无延迟 vs. #左侧延迟 vs. 0 左侧延迟)为自变量, 以一百边界差异分数为因变量, 进行单因素方差分析。结果显示, 实验条件主效应显著, $F(2, 87) = 22.782, p < 0.001, \eta^2 = 0.409$ 。

事后比较(Bonferroni 校正)表明, 无延迟条件下的左位数效应($M = 28.622$)显著高于左侧延迟条件($M = 9.249, p < 0.001$)和 0 左侧延迟条件($M = 15.285, p < 0.001$)。此外, 左侧延迟条件下的左位数效应显著低于 0 左侧延迟条件($p = 0.043$)。

3.4. 注意方向对左位数效应的调节作用

为检验注意方向(先注意右侧 vs. 先注意左侧)是否影响左位数效应, 在延迟条件下分别对#延迟组和 0 延迟组进行配对样本 t 检验, 比较左侧延迟与右侧延迟的一百边界差异分数。

结果显示, 在延迟组中, 左侧延迟条件下的左位数效应($M = 9.249$)显著小于右侧延迟条件($M = 29.459$), $t(29) = -4.882, p < 0.001$ 。在 0 延迟组中, 左侧延迟条件下的左位数效应($M = 15.285$)亦显著小于右侧延迟条件($M = 21.071$), $t(29) = -2.180, p = 0.037$ 。

3.5. 整体估计精度的补充分析

以 PAE 为因变量的单因素方差分析未发现显著的实验条件主效应, $F(2, 87) = 1.24, p = 0.294$, 显示不同呈现方式下被试的整体估计精度无显著差异。

4. 讨论

本研究通过操纵数字各位数的呈现时序, 首次从注意分配的视角探讨了左位数效应的可干预性。研究发现: (1) 左位数效应在各实验条件下均稳定存在; (2) 延迟左侧百位数字的呈现(即引导注意至右侧数字)可显著减小左位数效应; (3) 无意义占位符“#”条件下左位数效应的减小幅度显著大于数字占位符“0”条件; (4) 注意方向显著调节左位数效应, 先注意右侧数字时效应更小。

4.1. 注意分配对数字加工序列的重构: 支持符号模型的证据

本研究通过操纵百位数字的呈现时序, 在行为层面首次证实: 强制改变注意分配的先后顺序, 能够有效削弱左位数效应。即使在这种干预条件下, 左位数效应依然显著存在, 这一结果与 Kayton 及 Williams 等人的研究发现一致, 再次印证了左位数效应是一种极为顽固的认知偏向。在无延迟条件下, 我们重复了经典的左位数效应模式(Kayton et al., 2022; Williams et al., 2023), 被试对跨越百位边界的数字(如 299 与 301)表现出明显的估计分离。然而, 当百位数字被延迟呈现(如#条件), 迫使被试优先加工十位和个位数字时, 这种边界效应显著减小。这一结果为符号模型提供了较为直接的实证支撑。符号模型认为, 左位数效应源于个体对数字串“从左至右”的序列加工惯性(Tu & Pullig, 2018; Thomas & Morwitz, 2005)。本研究的延迟范式实质上打断了这种自动化的扫描过程——当注意资源被优先导向右侧数字时, 百位数字在数量估计中的权重随之下降。这说明左位数效应并非一种固化的知觉属性, 而是在相当程度上依赖于早期注意的锚定位置。与此同时, 这一结果也对认知努力模型构成了挑战: 已有研究表明, 单纯的反馈或动机激励(Kayton et al., 2022)虽能提升整体估计精度, 却无法消除左位数效应。由此看来, 增加认知努力本身并不足以改变加工策略, 注意的导向才是重构数字表征的关键环节。这一结果与 Di Lonardo 等(2020)及 Göbel 等(2011)关于成人从左向右扫描数轴的发现相呼应, 共同指向加工顺序对数量表征的决定性影响。

4.2. 占位符的语义干扰：符号绑定的边界条件

在占位符类型的比较上, 本研究发现非数字符号(#条件下左位数效应的削弱效果优于数字零(0)。这一差异揭示了符号模型应用中的一个边界条件, 即数字身份的干扰效应。当占位符为 0 时, 尽管它并不贡献实际的百位数值, 但“0”本身的数字身份仍可能诱发一定程度的数量表征激活, 从而对后续真实百位数字的重新绑定产生干扰(Dror & Dehaene, 2020)。相比之下, #作为非语义符号, 更彻底地剥离了百位位置的数字属性, 使被试得以更纯粹地执行“先右侧、后左侧”的注意策略。这一细微差异提示我们, 未来在设计与注意导向相关的干预方案时, 除了考虑呈现时序, 还需关注视觉符号的语义负载, 以避免引入不必要的认知冲突。

4.3. 替代性解释的讨论

尽管本研究结果支持注意序列重构的解释, 但仍需考虑几种可能的替代性解释。

有研究者认为, 任务复杂度的增加可能促使个体采用更审慎的加工策略, 从而减少启发式偏差(Payne et al., 1993)。按照这一逻辑, 本研究中延迟条件要求被试在完整数字呈现前出声报告右侧数字, 这种额外的操作要求可能提升了任务复杂度, 进而导致左位数效应减小。然而, 如果任务复杂度本身是主要原因, 那么我们应观察到延迟条件下整体估计精度(PAE)的系统性提升。但本研究中, 不同实验条件间的 PAE 无显著差异($F(2, 87) = 1.24, p = 0.294$), 表明任务复杂度的增加并未转化为整体估计质量的改善。因此, 复杂度解释难以充分说明左位数效应的选择性减小。

另一种可能的解释涉及工作记忆负荷。有理论指出, 工作记忆资源的占用会干扰数值估计中的信息整合过程(Ashcraft & Kirk, 2001)。在本研究的延迟条件下, 被试需要暂时记忆先呈现的右侧数字(如“32”或“99”), 这可能占用了工作记忆资源, 进而干扰了左侧数字的编码。如果工作记忆负荷是主要机制, 那么左侧延迟和右侧延迟条件应产生相似的影响, 因为两者均引入了相同的工作记忆需求。然而, 本研究发现左侧延迟条件下左位数效应显著小于右侧延迟条件(#延迟组: $t(29) = -4.882, p < 0.001$; 0 延迟组: $t(29) = -2.180, p = 0.037$)。这一结果表明, 注意方向的特异性调节作用超出了工作记忆负荷的普遍影响, 更支持注意重定向而非负荷效应的解释。

此外, 锚定效应理论也可能为本研究的结果提供一种解释。根据锚定效应的经典观点, 先呈现的数字信息会作为一个“锚点”, 引导后续估计向该数值偏移(Tversky & Kahneman, 1974)。在本研究的左侧延迟条件中, 先呈现的右侧数字(如“32”)可能使被试将估计锚定在较低位置, 从而削弱了左侧数字的主导地位。但如果锚定效应是主要机制, 那么在右侧延迟条件(先呈现百位数字)中, 我们应观察到左位数效应的增大, 因为锚点与左侧数字一致。然而, 右侧延迟条件下的左位数效应(#延迟组 $M = 29.459$; 0 延迟组 $M = 21.071$)与无延迟条件($M = 28.622$)相比并无系统性增大, 部分条件下甚至略低。这说明锚定效应难以单独解释本研究的完整结果模式。

综上所述, 注意序列重构的解释——即强制改变从左到右的加工惯性, 重新分配左侧与右侧数字的权重——能够更连贯地整合本研究的核心发现, 包括占位符类型的调节作用以及注意方向的特异性影响。与上述替代性解释相比, 注意序列重构的解释在理论上更具过程导向性, 在实证上更能匹配本研究中注意方向的交互效应和占位符语义属性的调节作用。

4.4. 理论启示与实践意义

本研究没有沿袭以往通过“增加努力”来干预左位数效应的思路(Eyler et al., 2018), 而是探索了“注意重构”这一新的路径。结果提示, 左位数效应的稳定性或许并非源于认知懒惰, 而是默认的注意扫描路径使然。就实践层面而言, 与其期望个体在决策时投入更多思考, 不如通过界面设计的调整(例如优先

呈现小数位数字)来引导注意的自然流向,从而在无意识层面削弱决策偏差。

4.5. 研究局限与未来方向

本研究存在若干局限,需在未来研究中加以改进和拓展。

首先,本研究的被试均为大学生,该群体具有较强的数值加工能力和策略灵活性。左位数效应在不同年龄群体中的表现可能存在差异,例如儿童可能表现出更强的左位数效应(Lai et al., 2018),而老年人的数字加工策略可能因认知老化而有所不同。未来研究应扩展至儿童和老年群体,以评估注意操纵干预效果的年龄普适性。

其次,数字线估计任务虽然是研究数值表征的经典范式,但与真实世界的数值判断(如商品价格比较、风险评估)仍有一定距离。真实决策中往往涉及更多信息维度和时间压力。未来研究可设计更贴近现实情境的任务(如价格判断、投资决策),检验注意引导策略的外部效度。

第三,实验仅采用 0~1000 水平数轴,未来可检验不同数轴范围(如 0~100、0~10,000)下注意操纵的干预效果,以评估结论的跨情境稳健性(Savelkoul et al., 2020; Williams et al., 2022)。

第四,本研究仅比较了“0”和“#”两种占位符,未来可引入更多符号类型(如“X”“?”、空格等),系统操纵语义属性、视觉突显性和熟悉度,以揭示占位符效应的具体作用维度。

第五,本研究固定延迟时长为 1 秒,未来可操纵不同的延迟时间(如 0.5 s、1 s、1.5 s、2 s),探索注意重定向的时间动态特征及其对左位数效应的非线性影响。

第六,本研究未考察个体差异变量,如数字焦虑、工作记忆容量、注意控制能力等。这些因素可能调节注意操纵的效果。例如,注意控制能力较弱的个体可能更依赖默认的加工顺序,从而对注意引导更为敏感。未来研究可将这些变量纳入分析,探讨干预效果的调节因子。

最后,未来研究可结合眼动追踪技术,实时记录数字加工过程中的注视模式,验证注意重定向的操作有效性;或采用 fMRI 技术,探讨注意操纵对数字加工相关脑区(如顶内沟)激活模式的影响。

4.6. 结论

本研究首次证明,通过操纵数字各位数的呈现时序引导注意分配,可有效削弱数字线估计中的左位数效应。结果支持符号模型关于序列加工优先性的理论预设,并提示占位符的语义属性在注意引导中起关键调节作用。本研究为理解左位数效应的认知机制提供了新的实证证据,也为开发有效的去偏差干预策略提供了可行方向。

参考文献

- Ashcraft, M. H., & Kirk, E. P. (2001). The Relationships among Working Memory, Math Anxiety, and Performance. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130, 224-237. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.130.2.224>
- Beracha, E., & Seiler, M. J. (2015). The Effect of Pricing Strategy on Home Selection and Transaction Prices: An Investigation of the Left-Most Digit Effect. *Journal of Housing Research*, 24, 147-161. <https://doi.org/10.1080/10835547.2015.12092101>
- Di Lonardo, S. M., Huebner, M. G., Newman, K., & LeFevre, J. (2020). Fixated in Unfamiliar Territory: Mapping Estimates across Typical and Atypical Number Lines. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 73, 279-294. <https://doi.org/10.1177/1747021819881631>
- Dror, D., & Dehaene, S. (2020). Parallel and Serial Processes in Number-To-Quantity Conversion. *Cognition*, 204, Article 104387. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2020.104387>
- Eyler, R. F., Cordes, S., Szymanski, B. R., & Fraenkel, L. (2018). Use of Feedback to Improve Mental Number Line Representations in Primary Care Clinics. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 18, 165-172. <https://doi.org/10.1186/s12911-018-0618-6>
- Göbel, S. M., Shaki, S., & Fischer, M. H. (2011). The Cultural Number Line: A Review of Cultural and Linguistic Influences

- on the Development of Number Processing. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 42, 543-565. <https://doi.org/10.1177/0022022111406251>
- Kayton, K., Williams, K., Stenbaek, C., Gwiazda, G., Bondhus, C., Green, J., Fischer, G., Barth, H., & Patalano, A. L. (2022). Summary Accuracy Feedback in Number Line Estimation Does Not Reduce the Left Digit Effect. *Memory & Cognition*, 50, 1789-1803.
- Lacetera, N., Pope, D. G., & Sydnor, J. R. (2012). Heuristic Thinking and Limited Attention in the Car Market. *American Economic Review*, 102, 2206-2236. <https://doi.org/10.1257/aer.102.5.2206>
- Lai, M., Zax, A., & Barth, H. (2018). Digit Identity Influences Numerical Estimation in Children and Adults. *Developmental Science*, 21, e12657. <https://doi.org/10.1111/desc.12657>
- Moyer, R. S., & Landauer, T. K. (1967). Time Required for Judgements of Numerical Inequality. *Nature*, 215, 1519-1520. <https://doi.org/10.1038/2151519a0>
- Olenki, A. R., Zimerman, A., Coussens, S., & Jena, A. B. (2020). Behavioral Heuristics in Coronary-Artery Bypass Graft Surgery. *New England Journal of Medicine*, 382, 778-779. <https://doi.org/10.1056/nejmc1911289>
- Patalano, A. L., Williams, K., Weeks, G., Kayton, K., & Barth, H. (2022). The Left Digit Effect in a Complex Judgment Task: Evaluating Hypothetical College Applicants. *Journal of Behavioral Decision Making*, 35, 22-47. <https://doi.org/10.1002/bdm.2247>
- Payne, J. W., Bettman, J. R., & Johnson, E. J. (1993). *The Adaptive Decision Maker*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9781139173933>
- Savelkoul, S., Williams, K., & Barth, H. (2020). Linguistic Inversion and Numerical Estimation. *Journal of Numerical Cognition*, 6, 263-274. <https://doi.org/10.5964/jnc.v6i3.273>
- Siegler, R. S., & Opfer, J. E. (2003). The Development of Numerical Estimation: Evidence for Multiple Representations of Numerical Quantity. *Psychological Science*, 14, 237-243.
- Sokolova, T., Seenivasan, S., & Thomas, M. (2020). The Left-Digit Bias: When and Why Are Consumers Penny Wise and Pound Foolish? *Journal of Marketing Research*, 57, 771-788. <https://doi.org/10.1177/0022243720932532>
- Thomas, M., & Morwitz, V. (2005). Penny Wise and Pound Foolish: The Left-Digit Effect in Price Cognition. *Journal of Consumer Research*, 32, 54-64. <https://doi.org/10.1086/429600>
- Tu, L. L., & Pullig, C. (2018). Penny Wise and Pound Foolish? How Thinking Style Affects Price Cognition. *Marketing Letters*, 29, 261-273. <https://doi.org/10.1007/s11002-018-9460-y>
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1974). Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases. *Science*, 185, 1124-1131. <https://doi.org/10.1126/science.185.4157.1124>
- Williams, K., Xing, C., Bradley, K., Barth, H., & Patalano, A. L. (2023). Potential Moderators of the Left Digit Effect in Numerical Estimation. *Journal of Numerical Cognition*, 9, 433-451. <https://doi.org/10.5964/jnc.10091>
- Williams, K., Zax, A., Patalano, A. L., & Barth, H. (2022). Left Digit Effects in Numerical Estimation across Development. *Journal of Cognition and Development*, 23, 188-209. <https://doi.org/10.1080/15248372.2021.1984243>