

样例集重复次数与大小对多重映射远距离语法规则内隐学习的影响*

张庆云^{1,2}, 金 芸¹, 刘金龙^{1,3}, 姜 珊⁴, 凌晓丽^{1,5}

(1. 山东师范大学心理学部, 济南 250358; 2. 上海外国语大学国际工商管理学院, 上海 201620;

3. 东营市中医医院精神卫生中心, 东营 257055; 4. 上海政法学院政府管理学院, 上海 201701;

5. 山东省脑科学与心理健康重点实验室, 济南 250358)

摘 要:本研究采用人工唐诗范式任务,在严格控制组块和重复结构等表面特征的基础上,考察了样例集重复次数和大小对多重映射远距离语法规则内隐习得的影响,以及两者作用大小的差异。结果发现,被试在接触少量的样例后就能够表现出基于语法的内隐学习效应,改变样例集的重复次数或大小未能显著提升被试的学习。本研究为样例集重复次数和大小对语法规则内隐习得的影响提供了新的方向和实证依据。

关键词:多重映射远距离规则;重复次数;样例集大小;内隐学习

中图分类号:B842.5

文献标志码:A

文章编号:1003-5184(2025)05-0421-07

1 引言

语法是人类语言的重要成分。Chomsky (1956) 指出,语法可以分为两大类:限定相邻元素的限定状态语法与超越限定状态语法的多重映射远距离语法规则。后者是人类语言的核心,它所包含的元素在时间或空间上具有一定的间隔距离,能够将一个结构嵌入另一个结构,以构建层次复杂的结构和句子 (Silva et al., 2022)。既往大量研究表明,这些语法规则的获取是一个自动地、内隐地过程 (Dienes & Scott, 2005; Jiang et al., 2012; Jimenez et al., 2020; Ling et al., 2022; Schiff et al., 2021; Silva et al., 2022; Zettersten et al., 2020)。

在人们语言学习的过程中,尤其是在学习一门新语言时,经常会遇到如下问题:是将少量符合语法的句子多接触几遍学得更好? 还是尽可能多地接触不同的符合语法的句子学得更好? 即,在语法的习得过程中,重复学习一个较小的样例集更有益,还是学习更大的样例集更有益?

在一些外显学习任务中,重复学习已经被证明能够带来学习的优势 (Wahlheim et al., 2012)。但是,在内隐学习中,探讨重复次数对学习影响的研究却很少。2008年, Wan 等人采用两种不同的限定状态语法考察了重复次数在内隐学习中的作用。结果

发现,被试对重复次数更高的语法规则表现出更大的熟悉性。然而,最近有些研究在控制了一定的表面组块(材料中相邻两个或三个元素构成的片段)后发现,改变样例集的重复次数并不影响被试对语法规则的内隐学习 (Jimenez et al., 2020; Schiff et al., 2021)。这可能与研究者使用的是限定状态语法有关,该语法限定了相邻元素之间的顺序,很难将底层语法规则和表面组块特征区分开。而且,相邻规则的限定状态语法比较简单,无法构成复杂的句法结构。那么,对于人类语言核心的远距离语法规则,样例集的重复次数对其内隐习得的影响如何? 目前仍不清楚。

在既往研究中,仅有几项研究通过限定状态语法考察了样例集大小对语法规则内隐学习的影响。这些研究发现,增加样例集的大小能够鼓励学习者激活更多的基于规则的学习,从而表现出更好的内隐学习效果 (Meulemans & Van der Linden, 1997; Schiff et al., 2021)。例如, Meulemans 和 Van der Linden (1997) 的研究发现,接触少量不同字符串(16串或32串)的被试只表现出了对组块知识的内隐学习,而接触更多不同种类字符串(125串)的被试则表现出了底层语法规则的内隐学习。最近, Schiff 等人 (2021) 同时考察了样例集重复次数和大小对

* 基金项目:教育部人文社会科学研究青年基金项目(23YJC190014),国家自然科学基金青年项目(31800912)。

通信作者:凌晓丽, E-mail: xl_ling87@163.com。

语法内隐学习的影响。结果发现,与只学习 15 串不同字符串的被试相比,学习 15 串重复 3 遍的被试在语法分类判断任务中的表现并未有显著的改变,但学习 45 串不同字符串的被试表现则有显著的提升。然而,样例集大小对远距离语法规则内隐习得的影响如何,以及样例集大小和重复次数在其中的相对作用,尚不明确。

综上所述,本研究将采用 Jiang 等人(2012)提出的人工唐诗范式,设置基线组(学习 48 串样例串)、重复组(48 串样例串重复学习三遍 48 串样例串,共 144 串)和样例集组(学习 144 串不同的样例串)三个条件来考察样例集重复次数和大小对多重映射远距离语法规则内隐习得的影响。以期探明在人类语言核心的语法习得过程中,重复学习一个较小的样例集更有益,还是学习更大的样例集更有益。在人工唐诗范式中,研究者采用以汉语声调为载体的多重映射远距离规则,该规则包含了多个不相邻元素间的映射关系,能够较好地分离底层语法规则和表面组块信息。此外,为了检验被试习得知识的意识性状态,本研究将采用 Dienes 和 Scott(2005)提出的结构知识测量法进行进一步的评估。该方法已被广泛证明能够较好地评估获得知识的意识状态(Jiang et al., 2012; Jurchiș & Dienes, 2023; Li et al., 2013; Ling et al., 2022)。

2 方法

2.1 被试

参考 Jiang 等人(2012)的研究(在该研究中,使用了与本研究相同的范式和相似的材料),内隐习得效应显著的效应量为 1.05。采用 G*Power 3.1 软件,设置统计检验力为 0.95, α 水平为 0.05,计算所需要被试样本量为每组 21 人。本研究将每组的被试量增加到 25 人以上,以确保足够的检验效力。共招募 89 名在校大学生,并随机分配到三组中:基线组(30 人, 20.10 ± 1.51 岁)、重复组(29 人, 20.10 ± 1.83 岁)、样例组(30 人, 19.90 ± 1.30 岁)。8 名被试在后续统计中因以下原因被剔除,具体来说,7 名被试(基线组 2 名、样例集组 4 名、重复组 1 名)在学习阶段无法完整复述或睡着;1 名被试(重复组)有意识寻找规则。所有被试听力,视力或矫正视力正常,均自愿参加实验,在实验开始之前签署知情同意书,实验结束之后给予一定的报酬。

2.2 实验设计

采用单因素被试间设计。自变量为样例集的重

复次数和大小,分为基线组和样例集组、重复组。因变量为测验阶段的分类判断正确率和确认率。

2.3 实验材料

实验采用平仄倒映规则,选用 1 个音节“you”,结合平声(1 声,2 声)和仄声(3 声,4 声)构成 4 个声音材料“you1、you2、you3、you4”,使用这 4 个声音材料构成长度为 10 的无意义声音串。具体来说,在一串声音串中,前五个音中的平声映射后五个音中相同位置的仄声,反之亦然(即,仄声映射平声;见图 1)。实验中所用声音均由讯飞语音合成软件(采样率是 22.05 千赫兹,青年女生;参考 Jiang et al., 2012; Ling et al., 2018)生成,每个声音长度为 400 ms。

根据平仄倒映规则,生成 32 串符合规则的平仄串,其中 16 串用于学习阶段,16 串用于测验阶段。在测验阶段,16 串符合规则的平仄串用于生成测验合法串,通过置换合法平仄串中第六、七、八、九位置上的两个元素,使五对元素中的两对元素不符合平仄对仗规则,生成 16 串不符合规则的平仄串,用于生成测验非法串。

声音串举例	you3	you1	you2	you4	you1	you2	you4	you3	you2	you4
四音水平	3	1	2	4	1	2	4	3	2	4
平仄水平	ze	ping	ping	ze	ping	ping	ze	ze	ping	ze

图 1 符合平仄倒映规则的声音串示例

在学习阶段,基线组中,每个平仄串生成 3 串不同的声音串,共生成 48 串声音串。重复组是重复 3 遍;样例集组则是在基线组生成的 48 串声音串的基础上,每个平仄串再生成 6 串不同的声音串,共生成 144 个学习声音串。在测验阶段,三组所使用的材料相同,每个测验平仄串生成 2 串不同的声音串,共生成 64 串测验声音串,其中合法串 32 串,非法串 32 串。学习和测验阶段所有的声音串均无具体语义。

实验中所有的测验材料分别在平仄和四音两个水平上进行了重复结构和组块的平衡,以排除这些信息可能对分类判断产生的影响。重复结构是一个串中的任一元素是否与当前串中的其他元素相同(Vokey & Brooks, 1992)。例如,学习串“you3 you1 you2 you4 you1 - you2 you4 you3 you2 you4”,其平仄水平的重复结构是 12212—21121,四音水平的重复结构是 12342—34134。测验阶段材料与学习阶

段材料在两个水平上均无相同的重复结构。此外,为排除组块的影响,在两个水平上对测验阶段材料的平均特征频率(Mean feature frequency, MFF)、整体联合组块强度(Global associative chunk strength, GACS)、锚定联合组块强度(Anchor associative chunk strength, AACS)进行了平衡(见表 1)。平均特征频率指一个测验串中的每一个元素在学习串中

出现次数的平均值。整体联合组块强度指一个测验串中包含的所有两元素和三元素组块在学习串中出现次数的平均值。锚定联合组块强度指测验串开头和结尾位置的两元素和三元素组块在学习串中开头和结尾位置出现次数的平均值(Meulemans & Van der Linden, 1997)。所有组的测验合法串和非法串在三个指标上均无显著差异($p>0.05$)。

表 1 在平仄和四音水平上的合法串和非法串组块强度($M \pm SD$)

		平仄水平		四音水平	
		合法串	非法串	合法串	非法串
基线组	MFF	240.00 $\pm$ 0.00	240.00 $\pm$ 0.00	120.00 $\pm$ 0.00	120.00 $\pm$ 0.00
	GACS	74.44 $\pm$ 1.88	74.07 $\pm$ 2.92	17.66 $\pm$ 1.60	17.56 $\pm$ 1.99
	AACS	17.44 $\pm$ 1.25	17.53 $\pm$ 0.85	4.25 $\pm$ 1.17	4.13 $\pm$ 1.12
重复组	MFF	720.00 $\pm$ 0.00	720.00 $\pm$ 0.00	360.00 $\pm$ 0.00	360.00 $\pm$ 0.00
	GACS	223.31 $\pm$ 5.64	222.21 $\pm$ 8.76	52.97 $\pm$ 4.81	52.68 $\pm$ 5.98
	AACS	52.31 $\pm$ 3.75	52.59 $\pm$ 2.53	12.75 $\pm$ 3.51	12.38 $\pm$ 3.35
样例集组	MFF	720.00 $\pm$ 0.00	720.00 $\pm$ 0.00	360.00 $\pm$ 0.00	360.00 $\pm$ 0.00
	GACS	223.31 $\pm$ 5.64	222.21 $\pm$ 8.76	52.48 $\pm$ 4.44	51.85 $\pm$ 5.09
	AACS	52.31 $\pm$ 3.75	52.59 $\pm$ 2.53	12.13 $\pm$ 1.96	12.05 $\pm$ 2.38

注:MFF、GACS、AACS 分别代表平均特征频率、整体联合组块强度和锚定联合组块强度。

2.4 实验程序

实验包括学习和测验两个阶段(见图 2)。

在学习阶段,基线组呈现 48 串不同的声音串;重复组呈现和基线组相同的 48 串声音串,但重复呈现 3 遍,共呈现 144 串,每一遍均随机呈现;样例集组则呈现 144 串不同的声音串。在每一串声音串呈现之前,会呈现一个 500 毫秒的提示音和 500 毫秒

的时间间隔。在每一串声音串的第 5 个音与第 6 个音之间插入 600 ms 的间隔,进而构成前半串和后半串之间的一种知觉停顿。当声音串播放时,要求被试认真听并进行跟读,每串声音串播放完之后呈现 5000 ms 的“+”,这时要求被试将刚刚听到的声音串尽可能完整地复述一遍。

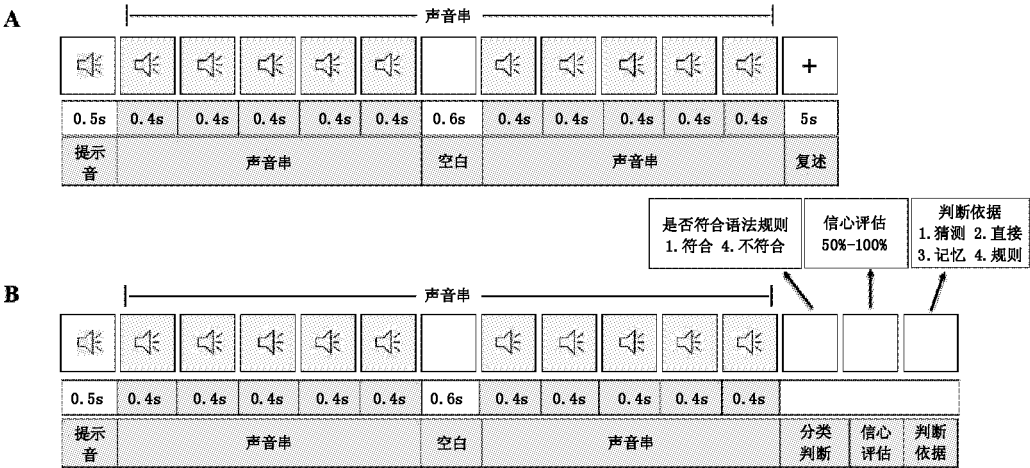


图 2 实验流程图(A:学习阶段的一个试次,B:测验阶段的一个试次)

学习阶段结束后,告知被试之前听到的所有声音串均符合一个相同的语法规则,并询问其是否注意到规则。在测验阶段,三组相同,均为向被试随机呈现 64 串新的声音串,并告知被试其中一半声音

串符合规则,另外一半声音串不符合该语法规则,要求被试进行语法判断。每串判断完之后,要求被试评估对于本次判断的信心水平(50%~100%,50%代表进行此次判断是完全猜测的;100%代表进行此

次判断是非常肯定的,即找到了规则;50%~100%之间则表示有一些自信)。随后要求被试从“猜测、直觉、记忆和规则”四个选项中进行判断依据的选择(Dienes & Scott,2005)。“猜测”是指做出这次判断是完全随机选择的,没有任何依据;“直觉”是指基于感觉做出判断,感觉这个串是符合规则或不符合规则的,但说不出具体的原因;“记忆”是指记得该串在学习阶段是否出现过,并基于记忆做出判断;“规则”是指被试注意到了规则,并且能够将这种规则清晰地陈述出来,并基于这些规则做出判断。

3 结果

根据 Dienes 和 Scott (2005) 提出的结构知识测量方法,“猜测”和“直觉”为无意识结构知识的指标,“记忆”和“规则”为意识结构知识的指标。被试在结构知识中的选择比例见表 2。考虑到被试只在 10% 的测验串上选择了外显的结构知识,表明被试主要是根据无意识的结构知识进行分类判断。因此,该部分只分析了内隐结构知识下的分类判断正确率和确认率。

表 2 三组在各项结构知识上的选择比例 ($M \pm SD$)

组别	内隐结构知识		外显结构知识	
	猜测	直觉	记忆	规则
基线组	0.31 $\pm$ 0.21	0.57 $\pm$ 0.21	0.09 $\pm$ 0.15	0.03 $\pm$ 0.07
重复组	0.34 $\pm$ 0.22	0.60 $\pm$ 0.23	0.06 $\pm$ 0.14	0.00 $\pm$ 0.01
样例集组	0.31 $\pm$ 0.18	0.58 $\pm$ 0.21	0.08 $\pm$ 0.10	0.03 $\pm$ 0.09

本研究采用贝叶斯因子 (Bayes factors, B) 用于评估备择假设 (H_1) 超过零假设 (H_0) 的证据强度 (Wagenmakers et al., 2017)。 $B \geq 10$, 表明 H_1 超过 H_0 的证据较强; $3 \leq B < 10$ 表明 H_1 超过 H_0 的证据中等 (即支持 H_1)。 $B \leq 0.10$ 表明 H_0 超过 H_1 的证据较强; $0.10 < B \leq 0.33$ 表明 H_0 超过 H_1 的证据中等 (即支持 H_0)。 $0.33 < B < 3$ 表明数据并不能提供足够的证据来区分 H_1 和 H_0 (Jurchiș & Dienes, 2023)。当理论有方向上的预测时,采用 half-normal, 用 $B_{H(0,x)}$ 来表示 (“H”代表半正态分布), 其中 H_1 的预测被建模为标准差为 x 的半正态分布。 x 为可能的预测值,可通过既往研究来确定 (Dienes, 2019, 2021)。在以往使用与本研究一样范式和类似材料的研究中 (Jiang et al., 2012; Li et al., 2013; Ling et al., 2018), 发现不同条件下的分类判断正确率有 5% 左右的差异。因此,本研究使用 $B_{H(0.5\%)}$ *。

3.1 内隐分类判断正确率

参照以往研究 (Kuhn & Dienes, 2005; Jiang et al., 2012; Ling et al., 2018), 对被试的内隐分类判断正确率进行校正,校正公式为 $(N_c + 0.5)/(N + 1)$ 。其中 N_c 是指被试内隐结构知识下正确反应的个数, N 是指内隐结构知识下反应的总个数。通过这一公式,能够校正当 N 出现极端值的情况,使被试学习效应更具有说服力。

基线组、重复组和样例集组的内隐正确率分别为 0.53 ($SD = 0.07$)、0.53 ($SD = 0.05$)、0.52 ($SD = 0.06$)。三组被试的正确率均显著高于随机水平 (基线组: $t(27) = 2.54, p = 0.017, d = 0.48, B_{H(0.5\%)} = 8.69$; 重复组: $t(26) = 3.52, p = 0.002, d = 0.68, B_{H(0.5\%)} = 105.21$; 样例集组: $t(25) = 2.09, p = 0.047, d = 0.41, B_{H(0.5\%)} = 3.09$)。上述结果表明,三组被试均能够内隐习得平仄倒映规则。进一步单因素方差分析结果发现,被试在三种条件下的内隐正确率无显著差异 ($F(2, 78) = 0.19, p = 0.825, \eta_p^2 = 0.01$, 见图 3)。

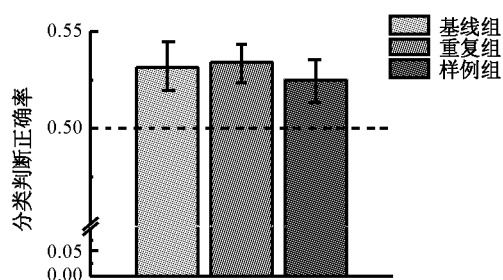


图 3 三种条件下的内隐分类判断正确率, 误差条表示平均值的标准误差

3.2 内隐确认率

此外,本研究还考察了内隐结构知识下三组被试的确认率 (见图 4)。确认率是指无论测验串本身是否符合语法规则,被试将其判定为符合规则的测验串的比例 (Ling et al., 2022)。3 (组别:基线组、重复组、样例集组) $\times$ 2 (语法:合法、非法) 重复测量方差分析发现,语法的主效应显著 ($F(1, 78) = 22.38, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.22$), 被试对于合法串的确认率 ($M = 0.58, SD = 0.14$) 显著高于对非法串的确认率 ($M = 0.52, SD = 0.15$); 组别的主效应不显著 ($F(2, 78) = 0.59, p = 0.559, \eta_p^2 = 0.02$); 语法与组别的交互作用不显著 ($F(2, 78) = 0.12, p = 0.885$,

* 本研究中,贝叶斯因子是通过脚本“bayes_factor.swf”计算的,该脚本从 Zoltan Dienes 主页 (<http://users.sussex.ac.uk/~dienes/inference/Bayes.htm>) 下载,使用 flash 播放器 (版本为 flash 3.0.3.98) 运行。该计算工具得到了广泛的应用 (Dienes, 2019, 2021; Jurchiș & Dienes, 2023)。

$\eta_p^2 = 0.003$)。

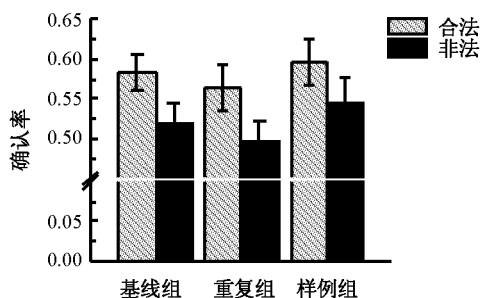


图4 三种条件下在内隐选项上的确认率, 误差线指均值的标准误

4 讨论

研究在严格控制组块和重复结构等表面特征的基础上,考察了样例集的重复次数和大小对多重映射的远距离语法规则内隐学习的影响,以及两者在语法内隐学习中的相对作用。结果发现,三组(基线组、重复组和样例组)被试均表现出内隐学习效应,但三组之间无显著差异。

上述结果表明,被试在接触少量的样例后就表现出内隐学习效应,但当改变样例集的重复次数或大小时,均未能显著提升被试的学习。这一发现与内隐学习的长时功效的观点并不一致。该观点认为,内隐学习效果的显露需要经过一定时间的练习,越难的任务需要的时间越长;内隐学习的效果显现之后,随着学习时间的增加,内隐学习效果也会有所提高(郭秀艳,2003)。在本研究中,被试在接触48个样例串(基线组)后就表现出内隐学习效应,但对于重复组和样例组,被试在学习了更多的试次之后,其表现并没有随着学习时间的增加而改变。这可能意味着内隐学习的动态发展变化并没有已有观点认为的那样简单。简单循环网络模型(simple recurrent network, SRN)的研究为这一假设提供了支持。既往研究表明,SRN模型能够模拟远距离规则的内隐学习(李菲菲,刘宝根,2018; Timmermans et al., 2000)。2000年, Timmermans 和 Cleeremans 采用双条件语法模拟了远距离倒映规则的内隐学习。结果发现,18个字符串循环50次后(即共学习900次),SRN模型能够学会区分倒映规则的合法串和非法串,循环100次(即共学习1800次)以上才能达到相对较高的水平,之后稍微上升,到3000次又有所下降。这表明远距离倒映规则的内隐习得效应的改善需要经过足够多试次的学习。本研究中,144串的学习可能较少,并不足以使得被试达到一个较高的学习水平。后续研究可以通过设置更多不同的学

习串数,以考察多重映射远距离规则的学习曲线,并找寻最有效的、能够促进其内隐习得的方式。

此外,在本研究中,改变样例集的大小并未促进被试对语法规则的内隐学习。这与既往采用限定状态语法的研究并不相同,这些研究发现,增加样例集的大小能够促进被试的语法学习(Meulemans & Van der Linden, 1997; Schiff et al., 2021)。这可能是由于在这些研究中,研究者操纵样例集大小的同时也改变了与目标有关的样例特征变异性大小。既往样例学习的研究区分了样例与目标无关的特征(表面特征)和有关的特征(结构特征)(郭建鹏,杨凌燕, 2015; Schiff et al., 2021)。与目标无关的特征是指与学习目标的实现无关的特征,包括问题的背景等具体内容;与目标有关的特征是指与学习目标的实现相关的特征,包括问题解决的原理等深层次规则。上述研究中,增加样例集大小也会使得与目标有关的样例特征变异性增加。而以往研究发现,与目标有关的样例特征变异性在学习起着更大的促进作用(张奇,赵弘,2008; Schiff et al., 2021),被试基于大样例集的学习优势表现可能是由于接触了更多与目标有关的样例特征。本研究所采用的平仄倒映规则,其与目标有关的样例特征包括底层平仄串和呈现规则的具体声音串两个维度。在本研究中,主要是在保持三组材料(样例组、重复组与基线组)底层平仄串数量一致的基础上,独立操纵了具体声音串样例数量集的大小,以考察具体声音串维度样例集大小对多重映射远距离语法规则内隐习得的影响。结果发现,基线组和样例组被试的表现无显著差异,这表明一定数量的具体声音串的变异可能并不足以支撑被试内隐获得复杂的规则。未来研究可以通过增加具体声音串的种类或者操纵底层平仄串的变异程度对此进行进一步探讨。

研究还发现,增加样例集的重复次数并未影响语法规则的内隐习得。这与既往一些采用限定状态语法的研究一致(Jimenez et al., 2020; Schiff et al., 2021)。这些研究在平衡组块等表面信息的基础上考察了重复次数对语法内隐学习的影响,结果并未发现样例集重复带来的学习优势效应。这可能是因为基于规则的重复学习,其学习表现的提升需要一定时间的巩固。Forkstam 等人(2006)在区分语法规则和组块特征的基础上发现,多天的重复学习能够改善被试对限定状态语法的内隐习得。最近, Jimenez 等人(2020)在控制材料中的组块信息后也发

现,对样例集的间隔重复(间隔一天进行重复学习)提高了被试的语法学习;而直接重复并未改善被试的学习,反而影响了他们的表现。

本研究三种条件下,被试都表现出相似的内隐学习效应,且成绩并不高。这也可能与实验采用的基于平仄倒映规则的长度为 10 的声音串较为复杂有关,被试学起来可能比较困难。后续研究可以采用相对简单的多重映射远距离规则(例如,降低声音串的长度),以进一步探讨样例集重复次数和大小对内隐学习的影响。

值得注意的是,语法规则的内隐学习可能还会受到年龄因素的调节。既往一些婴儿和儿童的研究发现,10 岁的儿童在人工语法任务中就能表现出类似成人的内隐学习水平(Finn et al., 2016),在一些二语学习中,儿童的表现甚至可能优于成年人(Mayberry & Lock, 2003)。因此,不同年龄阶段的个体在语法学习过程中,受到不同学习模式(增加重复性还是改变变异性)的调节可能不一样,未来可以进一步扩大样本的年龄范围对此进行全面考察。除了年龄因素,既往研究也表明,内隐学习中存在着稳定的个体差异(Kalra et al., 2019);个体的人格因素,如直觉性等与内隐学习存在显著的相关(Kaufman et al., 2010)。未来可以综合考虑各因素对语法内隐学习的影响,进一步了解内隐学习的机制,以期寻找促进语法学习的最佳策略。

本研究结果一定程度上为现实生活中复杂语法规则的内隐学习提供了方法上的启示:应适当考虑学习材料的形式及设置,学的多而繁并不一定能够有效改善学习。

5 结论

综上,本研究考察了样例集的重复次数和大小对多重映射远距离语法规则内隐习得的影响。结果发现,被试在接触少量的样例后就能够表现出基于语法的内隐学习效应,改变样例集的重复次数或大小未能显著提升被试的学习。

参考文献

- 郭建鹏,杨凌燕.(2015).通过对比进行学习:多重样例变异性先前知识的作用.《心理学报》,47(8),1013-1027.
- 郭秀艳.(2003).试析内隐学习的长时功效.《应用心理学》,9(4),43-48.
- 李菲菲,刘宝根.(2018).远距离规则的内隐学习使用了何种记忆存储器:来自神经网络模拟的证据.《心理科学》,41(4),796-802.
- 张奇,赵弘.(2008).算术应用题二重变异样例学习的迁移效果.《心理学报》,40(4),409-417.
- Chomsky, N. (1956). Three models for the description of language. *IRE Transactions on Information Theory*, 2(3), 113-124.
- Dienes, Z. (2019). How do I know what my theory predicts? *Advances in Methods and Practices in Psychological Science*, 2(4), 364-377.
- Dienes, Z. (2021). How to use and report Bayesian hypothesis tests. *Psychology of Consciousness: Theory, Research, and Practice*, 8(1), 9-26.
- Dienes, Z., & Scott, R. (2005). Measuring unconscious knowledge: Distinguishing structural knowledge and judgment knowledge. *Psychological Research*, 69(5-6), 338-351.
- Finn, A. S., Kalra, P. B., Goetz, C., Leonard, J. A., Sheridan, M. A., & Gabrieli, J. D. E. (2016). Developmental dissociation between the maturation of procedural memory and declarative memory. *Journal of Experimental Child Psychology*, 142, 212-220.
- Forkstam, C., Hagoort, P., Fernandez, G., Ingvar, M., & Petersson, K. M. (2006). Neural correlates of artificial syntactic structure classification. *Neuroimage*, 32(2), 956-967.
- Jiang, S., Zhu, L., Guo, X., Ma, W., Yang, Z., & Dienes, Z. (2012). Unconscious structural knowledge of tonal symmetry: Tang poetry redefines limits of implicit learning. *Consciousness and Cognition*, 21(1), 476-486.
- Jimenez, L., Mendes Oliveira, H., & Soares, A. P. (2020). Surface features can deeply affect artificial grammar learning. *Consciousness and Cognition*, 80, 102919.
- Jurchis, R., & Dienes, Z. (2023). Implicit learning of regularities followed by realistic body movements in virtual reality. *Psychonomic Bulletin & Review*, 30(1), 269-279.
- Kuhn, G., & Dienes, Z. (2005). Implicit learning of nonlocal musical rules: Implicitly learning more than chunks. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 31(6), 1417.
- Kalra, P. B., Gabrieli, J. D. E., & Finn, A. S. (2019). Evidence of stable individual differences in implicit learning. *Cognition*, 190, 199-211.
- Kaufman, S. B., DeYoung, C. G., Gray, J. R., Jiménez, L., Brown, J., & Mackintosh, N. (2010). Implicit learning as an ability. *Cognition*, 116(3), 321-340.
- Li, F., Jiang, S., Guo, X., Yang, Z., & Dienes, Z. (2013). The nature of the memory buffer in implicit learning: Learning Chinese tonal symmetries. *Consciousness and Cognition*, 22(3), 920-930.
- Ling, X., Sun, P., Zhao, L., Jiang, S., Lu, Y., Cheng, X., ... Zheng, L. (2022). Neural basis of the implicit learning of

- complex artificial grammar with nonadjacent dependencies. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 34(12), 2375 – 2389.
- Ling, X., Zheng, L., Guo, X., Li, S., Song, S., Sun, L., & Dienes, Z. (2018). Cross – cultural differences in implicit learning of chunks versus symmetries. *Royal Society Open Science*, 5(10), 180469.
- Mayberry, R. I., & Lock, E. (2003). Age constraints on first versus second language acquisition: Evidence for linguistic plasticity and epigenesis. *Brain and Language*, 87(3), 369 – 384.
- Meulemans, T., & Van der Linden, M. (1997). Associative chunk strength in artificial grammar learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23(4), 1007 – 1028.
- Schiff, R., Ashkenazi, P., Kahta, S., & Sasson, A. (2021). Stimulus variation – based training enhances artificial grammar learning. *Acta Psychologica*, 214, 103252.
- Silva, S., Inacio, F., Rocha, E. S. D., Gaspar, N., Folia, V., & Petersson, K. M. (2022). Formal language hierarchy reflects different levels of cognitive complexity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 49(4), 642 – 660.
- Timmermans, B., Cleeremans, A., Persoonlijkheids, D., Psychologie, S., & Cognitives, S. (2000). Rules versus statistics in biconditional grammar learning: A simulation based on shanks et al. (1997). *Proceedings of the Twenty Second Annual Meeting of the Cognitive Science Society* (pp. 947 – 952). IEEE.
- Vokey, J. R., & Brooks, L. R. (1992). Salience of time knowledge in learning artificial grammars. *Journal of Experimental Psychology – Learning Memory and Cognition*, 18(2), 328 – 344.
- Wagenmakers, E. J., Verhagen, J., Ly, A., Matzke, D., & Morey, R. D. (2017). The need for Bayesian hypothesis testing in psychological science. In S. O. Lilienteld & I. D. Waldman (Eds.), *Psychological science under scrutiny: Recent challenges and proposed solutions* (pp. 123 – 138). Chichester, UK: John Wiley & Sons.
- Wahlheim, C. N., Finn, B., & Jacoby, L. L. (2012). Metacognitive judgments of repetition and variability effects in natural concept learning: Evidence for variability neglect. *Memory & Cognition*, 40(5), 703 – 716.
- Wan, L., Dienes, Z., & Fu, X. (2008). Intentional control based on familiarity in artificial grammar learning. *Consciousness and Cognition*, 17(4), 1209 – 1218.
- Zettersten, M., Potter, C. E., & Saffran, J. R. (2020). Tuning in to non – adjacencies: Exposure to learnable patterns supports discovering otherwise difficult structures. *Cognition*, 202, 104283.

Effect of Repeated and Increased Exposure to Examples on the Implicit Learning of Multiple Nonadjacent Rule

Zhang Qingyun^{1,2}, Jin Yun¹, Liu Jinlong^{1,3}, Jiang Shan⁴, Ling Xiaoli^{1,5}

(1. Faculty of Psychology, Shandong Normal University, Jinan 250358; 2. School of Business and Management, Shanghai International Studies University, Shanghai 201620; 3. Dongying Traditional Chinese Medicine Hospital, Mental Health Centre, Dongying 257055; 4. School of Government, Shanghai University of Political Science and Law, Shanghai 201701; 5. Shandong Provincial Key Laboratory of Brain Science and Mental Health, Jinan 250358)

Abstract: There is a question in acquiring a novel language: whether it is more beneficial to repeated exposure to examples or larger set sizes. The present study explored this issue by constructing three conditions using the multiple nonadjacent rules defined over the tones with which Chinese syllables were spoken. Results showed that participants exposed to a small set size could implicitly learn the rule. However, participants' performance doesn't improve after repeated exposure to examples or learning with a larger set size. These findings provide a new direction and evidence to investigate the effect of repeated or increased exposure to examples on the implicit learning of grammar rules.

Key words: multiple nonadjacent rule; example repetition; examples set size; implicit learning