

《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：样例变异性对多重映射远距离规则内隐学习的影响

作者：凌晓丽 张庆云 郑丽 郭秀艳 孙鹏

第一轮

审稿人1意见：

研究通过两个实验，系统考察了不同样例变异水平与内隐学习成绩提升之间的关系模式，并进一步在测验阶段引入学习阶段未出现过的声调映射迁移材料，深入探讨了样例变异性的促进作用是否发生在抽象的变量—变量映射层面。研究结果不仅为理解内隐学习抽象观提供了重要的理论补充，也为语言教学实践中的样例设计提供了实证依据。整体来看，研究设计思路清晰，逻辑架构严谨，结果可靠，但论文还有部分细节还可以进一步优化完善。具体如下：

意见1：研究中，样例变异性设置在音节维度，既与规则无关的维度，如果设置在平仄串维度，比如在有的条件下是用较多的平仄串生成学习样例，有的条件下则用较少平仄串生成学习样例，这会对底层规则的内隐学习会产生何种影响？与设置在音节维度会有什么异同？

回应：非常感谢您的建议，这是一个非常有价值的问题！

目前仅有少量研究考察了与规则有关维度的样例变异性对内隐学习的影响。这些研究发现，当被试接触更多种类的字符串时，表现出对语法规则更好的学习(Meulemans & Van der Linden, 1997; Poletiek & van Schijndel, 2009; Schiff et al., 2021)。然而，这些研究中多存在一个共同的局限：混淆了样例的变异性与数量性(学习项目数量的多少)：高变异组被试通常学习更多的具体样例，而低变异组被试通常学习较少的具体样例。造成这一混淆的根源在于，上述研究均采用限定状态语法，基于该语法生成样例时，增加与规则有关维度的样例多样性势必导致学习样例数量的增加。因此，这些研究无法有效分离样例变异性和数量性的作用，也就难以厘清被试学习效应的变化究竟是源于接触了更多种类的字符串，还是源于更长的学习时间。

针对上述局限，作者所在课题组正在进行的研究中，采用与本研究相同的以汉语声调为载体的多重映射远距离规则。通过设置不同的与规则有关的样例特征(平仄串的种类)来操纵与规则有关的样例变异性，从而在控制学习样例数量的前提下，考察与规则有关维度的样例变异在内隐学习中的作用。初步结果发现，当被试仅接触一种与底层规则有关的样例特征(即

1 种平仄串)时, 不足以支撑其内隐习得底层抽象规则; 只有当与规则有关的样例特征增加时(如 4 种平仄串或者是 16 种平仄串), 被试才能够内隐习得这一规则。这些发现提示, 与规则有关维度的变异性对于抽象规则的获取可能是必要条件, 且相比于无关维度的变异, 有关维度的变异性似乎对学习发挥着更大的作用。当然, 这一初步结论仍需进一步验证。综上所述, 与规则有关的样例变异性的确是一个值得深入探究的重要问题。目前我们已在讨论部分(正文 P18)进行了简要展望, 以明确该问题作为未来研究的重要方向, 具体如下:

“此外, 样例变异性不仅可以存在于与规则无关的维度, 也可以存在于与规则有关的维度(底层规则相关样例特征的多样性)。这两类变异性对内隐学习的促进作用是否存在差异, 以及何种样例变异性模式能够最优化规则的内隐习得效果, 值得未来研究进一步探讨。”

意见 2: 三个实验的被试部分, 建议补充剔除被试后的每组最终人数及年龄等相关信息。

回应: 非常感谢您的建议, 我们已在被试部分补充了剔除被试后的每组最终人数及年龄等相关信息。

意见 3: 为更全面地呈现被试的分类判断表现, 建议补充被试分类判断的总正确率结果。总正确率的呈现可更全面地反映被试在分类任务中的整体表现水平, 既能够与内隐结构知识的正确率形成参照, 清晰体现内隐知识在整体判断中的主导作用, 也可为被试主要依赖内隐结构知识这一结论提供更完整的数据分析支撑, 进一步增强研究结果的说服力与完整性。

回应: 非常感谢您的建议!

根据您的建议, 我们对被试分类判断的总正确率进行了统计分析。结果显示, 不同条件下总正确率的变化模式与内隐正确率保持一致, 该分析进一步支持了被试在分类任务中主要依赖内隐知识进行的判断。相关结果已经在结果部分进行了描述(橙色字), 具体的统计信息已在心理学数据银行中公开(DOI: 10.57760/sciencedb.psych.00831)。

此外, 结合其他审稿人的建议, 为了更全面地了解不同条件下被试在分类任务中的表现, 我们进一步分析了辨别力指数 d' 和判断标准 β (结果部分 蓝色字)。结果发现, 辨别力指数在不同变异条件下的变化模式与分类判断正确率高度一致, 进一步验证了主要研究发现的稳健性。同时, 判断标准在各条件间未表现出显著差异, 表明本研究观察到的条件效应确实反映了被试区分能力的差异, 而非反应偏向所致。

意见 4: 统一文中结果图的格式, 如图 3 有刻度线, 但其它结果图没有。

回应：非常感谢您的意见，我们对文中结果图进行了检查并统一格式。

意见 5：部分段落行文太长，建议适当分段。

回应：非常感谢您的建议！我们已对行为较长的段落进行了调整。

参考文献：

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. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.23.4.1007>

Poletiek, F. H., & van Schijndel, T. J. (2009). Stimulus set size and statistical coverage of the grammar in artificial grammar learning. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16(6), 1058-1064. <https://doi.org/10.3758/PBR.16.6.1058>

Schiff, R., Ashkenazi, P., Kahta, S., & Sasson, A. (2021). Stimulus variation-based training enhances artificial grammar learning. *Acta Psychologica*, 214, 103252. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2021.103252>

.....

审稿人 2 意见：

该研究探讨了样例变异性对多重映射远距离规则内隐学习的影响模式及其知识表征层面。通过三个实验，作者报告了样例变异性与学习效果之间存在“U 型关系”，并论证了这种规则学习发生在抽象的“变量-变量”映射层面。选题具有一定的理论价值，尤其是对知识迁移能力的考量为理解语言习得机制提供了有益的补充。然而，稿件在逻辑框架、实验严谨性及统计指标上存在以下关键问题，需作者进一步澄清。

主要问题：

意见 1：本研究试图探讨多重映射远距离规则习得中样例变异性与学习成绩的 U 型关系，但其理论逻辑与任务范式的对齐存在问题。具体来说，作者参照了李菲菲和刘宝根（2017）的范式，并试图将其结果与 Gómez (2002)及 Onnis 等人(2003, 2004)的研究发现进行类比。

然而，这两类研究范式中“变异性”的认知功能属性存在本质差异：在 Gómez 等人和 Onnis 等人的研究范式（应用 AiXjBi 规则）中，X 的个数与规则无关，其起到的主要作用是对规则的掩蔽；而在该研究应用的音节变异范式中，音节种类数量作为变异性水平操纵方式，其起到的作用是规则载体。

将基于“掩蔽干扰”机制得出的 U 型曲线结论，直接迁移至基于“规则载体”变异的范式中进行验证，缺乏稳固的逻辑基础。这种变异性功能属性的混淆，导致了研究假设与实

验操纵之间未能实现有效的逻辑对齐。

回应：非常感谢您对“变异性”的认知功能属性的深入审视，这一意见促使我们重新梳理本研究范式与 Gómez (2002)及 Onnis 等人(2003, 2004)范式之间的关系。

在既往采用 AiXjBi 规则的研究中，变异性设置在与规则无关且相对独立的元素 X 上。X 本身不包含任何规则信息，其主要功能是作为规则无关的背景变异，对远距离规则形成掩蔽，从而调节规则提取过程。在本研究采用的人工唐诗范式中，规则体现在平仄/声调之间的远距离映射关系上。作为样例变异性操作水平的音节(如 zhan、hui 等)同样不包含任何规则信息——音节仅是声调的载体，并不承载或指示规则关系本身。换言之，本研究中的变异性设置在与声调这一规则维度无关的音节种类上，仍属于规则无关的背景变异。

综上，两类范式的变异性均设置在与规则无关的维度上，通过调节背景信息的多样性来影响远距离规则的内隐习得。二者的差异主要体现在变异性所处的具体层级上：既往研究中的背景变异设置在与规则无关的元素层面(即中间元素 X 的种类)，而本研究中的背景变异则设置在与规则无关的音节维度上(即承载声调的具体音节种类)。未来研究可以设置上述两种层级的变异性，进一步考察两者对规则内隐习得的影响。

我们已在正文引言部分(正文 P2)进一步完善了相关表述以提高准确性。

意见 2：该研究范式包括学习和测试阶段。以实验 1 为例，测试阶段是“向被试呈现 48 串新的声音串并告知被试其中一半声音串(24 串)符合与学习阶段相同的规则，另外一半声音串(24 串)则不符合该规则，要求被试进行分类判断”，那么，信号检测论的辨别力指数，可能是更优于分类判断正确率的研究指标，因为其可以更好地控制被试的反应偏向。

回应：非常感谢您的建议！

相较于分类正确率，信号检测理论(Signal Detection Theory, SDT)中的辨别力指数 d' 确实能够更准确地反映被试区分符合规则与不符合规则声音串的能力，同时能够有效避免反应偏向对能力估计的混淆。基于您的建议，本研究进一步计算了完整的 SDT 指标：辨别力指数 d' 和判断标准 β 。其中， d' 反映被试的实际区分能力，而 β 则反映被试在不同条件下倾向于作出“符合规则”或“不符合规则”反应的策略性偏向(本研究采用其自然对数形式 $\ln(\beta)$ 作为分析指标；参见 Stanislaw & Todorov, 1999)。结果发现，辨别力指数在不同变异条件下的变化模式与分类判断正确率高度一致，进一步验证了主要研究发现的稳健性。同时，判断标准在各条件间未表现出显著差异，表明本研究观察到的条件效应确实反映了被试区分能力的差异，而非反应偏向所致。相关结果已补充到结果部分(蓝色字)。

另外，鉴于既往采用人工语法或规则学习范式的研究中，分类判断正确率被广泛用于衡量规则习得水平(如，Ling et al., 2022; Ling et al., 2018; Schiff et al., 2021; Zettersten et al., 2020; Zou & Luo, 2024; 李菲菲 & 刘宝根, 2017)，为确保研究结果与既有文献的可比性，本研究在补充报告 SDT 指标的同时，仍保留分类判断正确率作为结果指标。这种双指标报告的方式既体现了方法学的严谨性，又保持了与领域内研究传统的连续性。同时，结合其他审稿人的建议，为了更全面地呈现不同条件下被试在分类任务中的表现，我们进一步补充了被试在所有测验试次(包括选择内隐结构知识试次与外显结构知识试次)上的表现(结果部分 橙色字)。该部分结果与内隐试次下的结果相一致，支持了被试在分类任务中主要依赖内隐知识进行的判断。

意见 3：该研究范式的学习阶段，“学习结束后，告知被试之前听到的声音串均符合同一规则，并询问被试是否注意到规则。”此部分数据是如何处理的？未意识到规则和意识到规则的被试分别如何处理？作者应对此进行澄清。

回应：非常感谢您的意见！这一建议让我们意识到文中关于通过口语报告询问被试是否注意到规则的说明以及数据处理的描述不够清晰。

关于口语报告的询问，我们在学习阶段结束后与整个实验结束后均进行了询问，要求被试报告是否注意到规则并描述其发现的任何模式。这与内隐学习领域的经典研究及近期研究的做法保持一致(Ling et al., 2022; Reber, 1967; 李菲菲, 刘宝根, 2017; 姜珊 等, 2022)。很抱歉在上一稿中，关于实验后口语报告的描述不够清楚，目前已在方法部分(正文 P7)对相关内容进行了补充说明，并在每个实验的被试部分对剔除被试的情况进行了更详细的描述。

关于数据处理：在本研究中，没有被试在学习阶段结束时报告注意到规则。实验结束后，仅有极少数被试(约总人数的 3%)报告发现了部分规则。参考既往研究做法，该部分被试的数据在后续统计中予以剔除，以确保最终分析的数据来源于真正的内隐学习过程(Chan & Leung, 2018; Ling et al., 2022; Reber, 1967; Rebuschat, 2013; Zou & Luo, 2024)。

意见 4：该研究范式的测试完成后，研究者要求“被试在“猜测”、“直觉”、“记忆”和“规则”中进行选择此次判断的依据。”，并分别定义了这些概念在研究中的含义。那么，研究者是如何帮助被试区分这些概念，并检测被试在测试前可以成功区分这些概念的？作者应详细澄清如何确保被试在实验任务前已经准确理解这些概念的定义及其区分标准。

回应：非常感谢您的建议！

“在每个测验试次进行完语法分类判断任务后，被试需在“猜测”、“直觉”、“记忆”和“规则”中选择此次判断的依据”是 Dienes 和 Scott (2005)提出的结构知识测量方法。本研究参考其经典研究，采用以下程序确保被试准确理解并区分四类判断依据：

首先，在测试正式开始前，向被试逐一讲解四种判断依据的含义，并结合本实验进行说明。例如，在介绍“猜测”时，会告知被试：如果在进行分类判断时没有任何依据，完全是随机的，就像抛硬币一样得出的判断结果，则应选择“猜测”。比如，听到一串音串，对于它是否符合语法规则完全没有任何偏向性，完全是随机做出的判断。其次，为确保被试真正理解相关概念，在讲解之后，要求被试对四类判断依据的含义等信息进行复述，并根据其复述情况进一步澄清可能存在的理解偏差。最后，被试需完成两个试次的测验练习任务，以确认其能够正确区分和使用四类判断依据。上述程序已在以往研究中得到广泛应用和验证(如, Jurchis et al., 2020; Norman et al., 2019)。我们已在文中方法部分(正文 P7 尾注部分)进行了更详细的补充说明。

意见 5：两个实验（实验 1 和实验 2）的研究目之间的逻辑联系是探索内隐习得规律后能否有效迁移，也就是进一步考察规则习得的鲁棒性。但目前在文内引言的表述中，这一逻辑联系并不清晰，需进一步明确。

回应：非常感谢您的意见，根据您的建议，我们对文章的引言表述进行了进一步的梳理，调整了相关部分的内容(正文 P3)，非常感谢。

意见 6：在讨论中，作者对 U 形关系的解释是高变异是因为“背景太乱凸显了规则”，低变异是因为“没有干扰”。而在中变异条件下，由于音节种类变异的干扰，学习者难以聚焦规则信息。显然，目前解释的深度是不够的，作者应结合已有理论模型，更细致地解释“干扰”效应的内在机制。

回应：非常感谢您的建议！这促使我们对 U 型效应的机制解释进行了进一步梳理和深化。具体修改如下：

“这种 U 型效应的产生机制可能与注意资源的自动分配机制有关：学习者倾向于自发地关注环境中稳定且有规律的结构信息(Gómez, 2002; Onnis et al., 2003)。已有研究证实，即使在缺乏明确任务指示的情况下，学习者的注意力也会自发聚焦于具有统计规律或结构化特征的信息(Forest et al., 2022; Zhao et al., 2013)。与此同时，大量行为和神经影像学的研究表明，内隐学习的发生也需要一定注意力资源的支持(Emberson et al., 2011; Ling et al., 2015;

Schneider et al., 2022; Toro et al., 2005), 当同时执行消耗注意力的任务时, 被试的内隐学习(如统计学习)表现会明显下降(Toro et al., 2005)。在本研究中, 平仄/声调维度承载着规则信息, 而音节维度属于与规则无关的变异来源。根据注意资源竞争理论, 不同变异水平下的注意分配模式可能存在系统性差异: 在低变异条件下, 音节维度保持恒定, 缺乏变化, 因此不会占用过多加工资源, 相比之下, 声调维度的变化自然成为输入中最具信息量的线索, 会自动吸引更多注意资源, 进而促进规则的内隐习得。在高变异条件下, 音节维度变化幅度较大且缺乏稳定结构。根据 Raviv 等人(2022)的理论观点, 高变异输入可以向学习系统发出信号: 变化幅度大的特征可能并非关键特征, 因此可以被忽略或抽象化; 而跨实例保持相对稳定的特征则可能包含核心信息, 从而被赋予更多权重, 会自动吸引更多注意资源。在此条件下, 这种不确定性信息容易被自动识别并抑制, 从而使个体抽取跨样例稳定的声调映射关系, 形成更为抽象的规则表征。相比之下, 在中等变异条件下, 音节维度既不是完全稳定的背景, 又不足以被完全忽略, 其变化会自动触发对该维度的注意分配, 但这种变化又缺乏可利用的结构信息, 导致注意资源被无效占用, 从而与声调维度形成注意竞争。这种竞争削弱了对规则维度的权重分配, 使个体难以将有限的加工资源持续聚焦于承载规则的声调关系上, 进而阻碍了抽象规则的习得。综上所述, 观察到的 U 型学习效应反映了不同变异水平下注意资源在规则维度与背景维度之间的差异化分配模式: 低变异和高变异条件分别通过“背景稳定凸显规则”和“背景混乱促进抽象”促进学习, 而中等变异条件则因注意竞争而阻碍学习效果。”

次要问题:

意见 7: 作者应清楚阐述实验任务中不同音节种类数与样例变异水平高中低的对应关系的设定依据。例如, 为啥认为 4 种(而不是 6 种)音节就是中变异? 为啥认为 20 种(而不是 18 种)音节就是高变异?

回应: 非常感谢您的建议! 这确实是一个需要进一步澄清的重要方法学问题。

实验任务中不同音节种类数与样例变异水平高、中、低的对应关系是相对设定的。本研究选择 4 种和 20 种音节的设置, 主要参考了采用相同人工唐诗范式的既往研究(李菲菲 & 刘宝根, 2017)。该研究验证了 4 种音节(中变异)和 20 种音节(高变异)设置的有效性。为保证研究的延续性和结果可比性, 我们采用了这一经过验证的设置; 此外, 本研究新增了低变异条件(1 种音节), 该设置参考了 Onnis 等人系列研究(Onnis et al., 2003; Onnis et al., 2004)中对极低变异水平的操作方式, 旨在探查样例变异性与多重映射远距离规则内隐学习效应之间是否存在 U 型关系。

需要坦率承认的是，正如您所指出的，6 种音节同样也可以被合理地视为中变异，18 种音节也可以作为高变异的选择。本研究仅设置了部分变异水平，不同变异程度对内隐学习的具体影响仍需进一步探讨。未来研究可通过增加更多变异水平(如 1、2、4、8、12、16、20 种音节)，系统绘制样例变异性与内隐学习效果之间的完整关系曲线，从而确定最优的样例组织策略，并为变异水平的界定提供更为客观的依据。我们已在方法部分补充了变异水平设定依据的相关说明(正文 P5)。

意见 8：作者应说明被试性别比例显著失衡（女性占比过高）是否会对声调敏感度或学习模式产生系统性偏差。

回应：非常感谢您的建议！这一意见促使我们重新审视了性别比例失衡可能对研究结论产生的潜在影响，并从以下层面进行了核查与验证：

(1)考虑到本研究的主要目标是考察不同变异条件对规则内隐习得效果的影响，对不同实验下，各条件间的性别分布进行比较发现，均无显著差异(实验 1: $p = 0.852$ ；实验 2a: $p = 0.441$ ；实验 2b: $p = 0.265$)，表明条件间的表现差异并非由性别比例不均所致。(2)为了直接评估性别比例对学习模式可能存在的潜在影响，我们将性别作为协变量纳入分析。结果发现，在所有实验中，性别效应均不显著($ps > 0.314$)，且加入性别控制后，主要结果模式没有变化。这提示性别分布对本研究的主要比较结果无系统性影响。

意见 9：实验 2a 中，非迁移测验的三种变异条件的分类正确率是否均显著高于随机水平？如果是，应在图 5 有所体现。

回应：非常感谢您的意见！实验 2a 中，非迁移测验的三种变异条件的分类正确率均显著高于随机水平。我们已对图 5 及其他结果图进行了相应的修改。

意见 10：实验 2b，第 15 页第一段最后一句“而在中变异条件下则学不能。”表述不畅。类似问题，应对全文进行通查。

回应：非常感谢您的建议！实验 2b 处不通顺的地方已修改，另已对全文进行通查并修改了表述不通顺的地方，非常感谢。

意见 11：关键词过于简略，未能有效代表该研究的核心概念或变量。

回应：非常感谢您的建议，已对关键词进行调整如下：

样例变异性, 内隐学习, 多重映射远距离规则, 迁移, U 型曲线

variability, implicit learning, multiple non-adjacent dependencies, transfer, U-shaped relationship

参考文献:

- Chan, R. K. W., & Leung, J. H. C. (2018). Implicit knowledge of lexical stress rules: Evidence from the combined use of subjective and objective awareness measures. *Applied Psycholinguistics*, 39(1), 37–66. <https://doi.org/10.1017/S0142716417000376>
- Dienes, Z., & Scott, R. (2005). Measuring unconscious knowledge: distinguishing structural knowledge and judgment knowledge. *Psychological Research*, 69(5-6), 338-351. <https://doi.org/10.1007/s00426-004-0208-3>
- Emberson, L. L., Conway, C. M., & Christiansen, M. H. (2011). Timing is everything: Changes in presentation rate have opposite effects on auditory and visual implicit statistical learning. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 64(5), 1021-1040. <https://doi.org/10.1080/17470218.2010.538972>
- Gómez, R. L. (2002). Variability and detection of invariant structure. *Psychological Science*, 13(5), 431–436. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.00476>
- Jiang, S., Zhou, C., Guo, X. Y., & Zheng, L. (2022). Constrains of Prior Knowledge on Implicit Learning of Nonadjacent Inversion Dependency. *Psychological Exploration*, 42 (2), 106-115. <https://doi.org/CNKI:SUN:XLXT.0.2022-02-002>
- [姜珊, 周楚, 郭秀艳, & 郑丽. (2022). 先前知识经验对远距离水平映射规则内隐学习的限制. *心理学探新*, 42(2), 106-115. <https://doi.org/CNKI:SUN:XLXT.0.2022-02-002>]
- Jurchiș, R., Costea, A., Dienes, Z., Miclea, M., & Opre, A. (2020). Evaluative conditioning of artificial grammars: Evidence that subjectively-unconscious structures bias affective evaluations of novel stimuli. *Journal of Experimental Psychology: General*, 149(9), 1800–1809. <https://doi.org/10.1037/xge0000730>
- Li, F., & Liu, B. G. (2017). Implicit Learning of Chinese Tonal Symmetry and Its Variability Effect. *Psychological Exploration*, 37 (4), 313-319. <https://doi.org/CNKI:SUN:XLXT.0.2017-04-005>
- [李菲菲, 刘宝根. (2017). 汉语声调对称规则的内隐学习及变异性效应. *心理学探新*, 37(4), 313-319. <https://doi.org/CNKI:SUN:XLXT.0.2017-04-005>]
- Ling, X., Guo, X., Zheng, L., Li, L., Chen, M., Wang, Q., . . . Dienes, Z. (2015). The neural basis of implicit learning of task-irrelevant Chinese tonal sequence. *Experimental Brain Research*, 233(4), 1125-1136. <https://doi.org/10.1007/s00221-014-4184-6>
- 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. https://doi.org/10.1162/jocn_a_01910
- 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. <https://doi.org/10.1098/rsos.180469>
- Norman, E., Scott, R. B., Price, M. C., Jones, E., & Dienes, Z. (2019). Can unconscious structural knowledge be strategically controlled? *Implicit Learning*, 3, 159–173. <https://doi.org/10.4324/9781315628905-7>
- Onnis, L., Christiansen, M. H., Chater, N., & Gómez, R. (2003). Reduction of uncertainty in human sequential learning: Evidence from artificial language learning. In *Proceedings of the 25th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 886–891).
- Onnis, L., Monaghan, P., Christiansen, M. H., & Chater, N. (2004). Variability is the spice of learning, and a

- crucial ingredient for detection and generalization of nonadjacent dependencies. *In Proceedings of the 26th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 1047–1052).
- Raviv, L., Lupyan, G., & Green, S. C. (2022). How variability shapes learning and generalization. *Trends in Cognitive Sciences*, 26(6), 462–483. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2022.03.007>
- Reber, A. S. (1967). Implicit learning of artificial grammars. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 6, 855–863. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(67\)80149-X](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(67)80149-X)
- Rebuschat, P. (2013). Measuring implicit and explicit knowledge in second language research. *Language Learning*, 63(3), 595–626. <https://doi.org/10.1111/lang.12010>
- Schiff, R., Ashkenazi, P., Kahta, S., & Sasson, A. (2021). Stimulus variation-based training enhances artificial grammar learning. *Acta Psychologica*, 214, 103252. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2021.103252>
- Schneider, J. M., Weng, Y. L., Hu, A., & Qi, Z. (2022). Linking the neural basis of distributional statistical learning with transitional statistical learning: The paradox of attention. *Neuropsychologia*, 172, 108284. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2022.108284>
- Stanislaw, H., & Todorov, N. (1999). Calculation of signal detection theory measures. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 31(1), 137–149. <https://doi.org/10.3758/BF03207704>
- Toro, J. M., Sinnett, S., & Soto-Faraco, S. (2005). Speech segmentation by statistical learning depends on attention. *Cognition*, 97(2), B25–34. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2005.01.006>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2020.104283>
- Zou, T., & Luo, X. (2024). Implicit learning of unfamiliar tone sandhi patterns in lexical recognition. *Frontiers in Psychology*, 15, 1414732. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1414732>

第二轮

审稿人 1 意见：

作者认真回答了审稿人的问题，并进行修改和完善，回答及修改都较为合理，文章质量得到了较大幅度的提升。无进一步问题。

.....

审稿人 2 意见：

感谢作者对初审意见的详尽回复以及对正文的补充。关于实验范式与研究假设之间的逻辑对齐问题，我仍有以下意见供作者参考。

意见 1：作者在修订后的正文中通过强调音节变异的“规则无关性”，并提出将单一映射规则中的 U 型关系向多重映射规则进行“探索性拓展”，这一处理在形式上缓和了研究假设与范式类比之间的逻辑跳跃，具有一定的参考意义。然而，作者目前的解释仍未充分回应两类范式在加工机制层面的差异。在既往的 AXB 范式中，元素 X 在结构上独立于规则元素，其变异性主要起到一种外部的掩蔽作用，通过增加干扰信息来影响规则提取。而在目前研究

所采用的范式中，声调信息必须依附于具体音节才能呈现，被试实际接收的刺激单位为“音节－声调”的整体组合。在这种情况下，音节变异并不仅仅是增加规则无关的背景信息，而是直接改变了刺激实例本身的感知形式，进而可能影响被试在任务中的知觉组织方式与记忆负荷。

作者在回复中指出“两类范式的差异主要体现在变异性所处的层级上”。然而，不同层级的变异性往往对应不同的认知加工机制，并可能进一步影响学习者所采用的加工策略。例如，结构层级的干扰主要通过影响远距离依赖关系的可检测性来作用于规则学习，而刺激特征层级的变异，则更可能通过改变知觉整合或注意分配方式来影响学习过程。因此，仅以“规则维度无关”为依据，将两类范式视为功能上等价的背景变异，并据此直接类比既有研究中的U型关系，其理论推导的严谨性仍显不足。

据此，我认为目前的理论论证仍存在一定程度的范式错位。作者在提出“探索性拓展”这一研究命题时，不能仅停留在现象层面的迁移假设，而应在引言中进一步明确：为何在“刺激特征层级”的变异下，依然可以合理预期出现与“结构掩蔽层级”类似的效应趋势。若缺乏针对性的机制论证，仅以“探索现象能否拓展”作为研究假设，将削弱本研究在理论基础层面的严谨性与贡献度。

回应：感谢审稿人对本研究理论严谨性的深度审视。您指出的问题促使我们重新反思了最初的假设推导逻辑，并进一步补充完善了问题假设提出的逻辑。

本研究拟系统考察随着样例变异性从极低到中等再到较高水平的逐步变化，其对多重映射远距离规则内隐学习表现的影响模式，以期揭示样例变异性与内隐学习效果之间的全貌关系，获得高效率内隐学习的最佳样例变异性条件，从而为学习情境中样例的合理组织与教学设计优化提供更为精细化的实证依据。对这一问题，既往有研究通过设置中等和较高的变异水平进行了初步的探索(李菲菲, 刘宝根, 2017)。结果发现，在高变异条件下被试能够内隐习得规则，而在中等变异条件下则无法习得。既往研究者指出，个体能够自动利用输入中的变化与不变信息来识别稳定结构(Gómez, 2002)，且当锁定的信息无法减少不确定性时，注意资源会自动转向更有信息价值的其他特征(Onnis et al., 2003; Onnis et al., 2004)。而就汉语语音加工而言，音节和声调在其中的作用并不相等，前者在加工中具有自动化的优先地位(Li et al., 2025; 侍建国, 1997)。在上述多重映射远距离规则的内隐学习研究中，当音节高度变化时，其信息变化幅度大且缺乏稳定结构，学习者可能放弃优先关注的音节维度；而跨实例保持相对稳定的声调维度因其包含核心规则信息则会被赋予更多权重，自动吸引更多注意资源，进而促进规则的内隐习得。在音节变化较低的中等变异条件下，音节维度既不提供稳定

的结构信息，其变化又不足以大到被完全忽略，对此维度的自动注意分配导致资源被无效占用，从而与声调维度形成注意竞争，阻碍了规则的习得。基于上述逻辑，当拓展到低变异条件时，此时音节变化极少甚至保持不变，声调维度的变化成为输入中最具信息量的线索，可能会自动捕获更多注意资源，进而可能促进规则的内隐习得。由此推测，样例变异性在多重映射远距离规则内隐学习中的作用可能存在一个非线性关系。综上，本研究拟在前人研究基础上，设置低、中、高不同变异水平，在更大变异范围内系统探索样例变异水平对多重映射远距离规则内隐学习的影响，从而对这一非线性关系进行检验。

我们已据此完善补充了引言中的研究问题逻辑，并对讨论部分进行了对应修改完善(请见正文第 2 页和第 17 页)。再次感谢审稿人的关键建议，您的意见显著提升了本研究的严谨性与论证清晰度，帮助我们提升了稿件质量。

参考文献：

- Gómez, R. L. (2002). Variability and detection of invariant structure. *Psychological Science*, 13(5), 431–436. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.00476>
- Li, C., Lau, S. H., & Ferreira, V. S. (2025). Lexical tone is different and special: Evidence from a speeded repeated production task. *Journal of Memory and Language*, 145, 104690. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2025.104690>
- Li, F., & Liu, B. G. (2017). Implicit Learning of Chinese Tonal Symmetry and Its Variability Effect. *Psychological Exploration*, 37 (4), 313-319. <https://doi.org/CNKI:SUN:XLXT.0.2017-04-005>
- [李菲菲, 刘宝根. (2017). 汉语声调对称规则的内隐学习及变异性效应. *心理学探新*, 37(4), 313-319. <https://doi.org/CNKI:SUN:XLXT.0.2017-04-005>]
- Onnis, L., Christiansen, M. H., Chater, N., & Gómez, R. (2003). Reduction of uncertainty in human sequential learning: Evidence from artificial language learning. In *Proceedings of the 25th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, 886–891
- Onnis, L., Monaghan, P., Christiansen, M. H., & Chater, N. (2004). Variability is the spice of learning, and a crucial ingredient for detection and generalization of nonadjacent dependencies. In *Proceedings of the 26th annual conference of the Cognitive Science Society*, 1047–1052
- Shi, J. (1997). Chinese tones and Contemporary phonological theory. *Foreign Linguist*, 1, 36–47.
- [侍建国. (1997). 汉语声调与当代音系学理论. *国外语言学*, 1, 36-47.]
-

编委意见：

作者较好地回复了两位审稿者的意见，两位审稿者无进一步的问题，建议发表。

主编意见：

同意接受