

《心理科学进展》审稿意见与作者回应

题目：竞技运动专家的认知优势及其形成机制——基于自动性特点和抽象化表征

作者：褚昕宇 王泽军

第一轮

审稿人 1 意见：

“竞技运动专家的认知优势及其形成机制—基于自动性特点和抽象化表征”一文以竞技运动专家的注意与记忆认知优势出发，从其认知加工的自动性特点及抽象化特征两个方面进行整体性阐述，辅助以生成模型视角进一步解释其抽象化表征机制。文章对于理解竞技运动专家的认知优势加工做出了更新与贡献，具有相应的学术价值与意义。与此同时，文章还存在一些疑惑与担忧需要作者进行进一步的优化。

意见 1：

引言部分。作者认为“目前对于竞技运动专家从长期训练中获得和迁移、提炼和更新专业知识与技能的机制尚未由清晰地阐释。”尽管作者可能认为需要对这一领域的研究进行系统性的梳理与阐释，但是作者的这一观点根据引用于 2012 年魏&李的研究，这一引用的时效性似乎不妥，建议作者能提出更有实效性及有力的观点总结。其次，作者在最后一句提出“从生成模型的角度探讨...”，为什么要采用生成模型，什么是生成模型？也就是说生成模型与抽象化表征相联系的初步证据要给予一定的阐述，而不是直接性的表达。

回应：

修改为“尽管有研究者对竞技比赛过程中认知优势特征及结构进行了探讨，然而目前对于竞技运动专家如何从长期训练中获得和迁移、提炼和更新专业知识与技能的机制尚未有清晰地阐释(陆颖之 等, 2023; 魏高峡, 李佑发, 2012; 周成林, 刘微娜, 2010)。”

采用生成模型的原因及其定义修改为：“从计算机科学的角度看，专家系统是基于知识的系统的一个子类，而知识表征和推理是专家系统研究的主要领域(Ericsson et al., 2018)。知识表征包括概念、命题、脚本、图式和产生式规则等形式。人类知识不仅具有概念形式，而且有概念之间各种复杂的组合，比如规则(梁宁建, 2014)。适应性思维控制(Adaptive Control of Thought, ACT)模型和在线自适应规则归纳的连接主义者学习(Connectionist Learning with Adaptive Rule Induction Online, CLARION)模型通过有效地拟合实验数据，探究行为背后的算法，以利于更好地理解行为数据(杜建政, 李明, 2006)。然而要想从计算模型的角度更深入理解竞技运动专家从长期训练中获得和迁移专业知识与技能的机制，还需要借鉴相关领域的最新研究成果，以建构一个更完备的竞技运动专家知识系统。近年来，深度学习技术作为人工智能(artificial intelligence, AI)领域的研究热点已被广泛应用于各个领域，特别是在认知心理学和神经科学领域常用于帮助研究者理解人类的高级认知功能。与卷积网络、循环网络以及长短时记忆等面向分类任务的判别模型(discriminative model)不同，变分自编码器(Variational Auto-Encoder, VAE)和生成式对抗网络(Generative Adversarial Networks, GAN)属于生成模型，可以通过观测已有样本来学习其分布并生成类似样本(Dasgupta & Gershman, 2021; Gershman, 2019; Jordan & Mitchell, 2015; Lake et al., 2017; Lansdell & Kording, 2019; LeCun et

al., 2015; Yamins & DiCarlo, 2016)。这就如同运动员通过长期训练掌握一项新的动作技能，然后迁移到新的任务情境中解决类似问题。因此，从生成模型的角度探讨竞技运动专家知识系统的抽象化表征机制，为能更好地理解竞技运动专家的认知优势效应，助其突破认知局限性提供了新的理论依据。”

意见 2:

2.1 部分关于竞技运动专家的注意优势。作者对这一部分关于注意优势的讨论集中于视觉注意研究，固然，视觉因素在专家运动员的认知加工中占据重要作用，但是据我们所知，运动员在训练或者赛场中的认知加工是一个多感觉通道的综合过程。除开视觉之外，听觉加工在运动员的认知加工也应该被重视，近年来国内外也有着相应的研究。所以作者似乎应该将相关的感觉通道加工进一步进行更全面的讨论。

回应:

鉴于视觉加工是运动员的感知觉加工过程中最重要的感觉通道，而听觉加工可能只是在部分项目，比如跑步的起跑、游泳的入水等，或是一些特殊运动场景，比如赛场上教练员对选手进行言语指导时，网球选手在回球过程中发出叫声来干扰对手的判断，以及舞蹈等运动项目中需要掌握节奏的变化。本文中主要例举的一些项目，比如足球、乒乓球等需要较多认知参与的球类项目中，听觉加工或许并不是必要的感知觉加工通道。

意见 3:

第三部分。作者在这一部分讨论了竞技运动专家的自动性特点以及刻意练习的作用，这一部分有几点需要作者进行优化:

(1) 第一句作者提到“要想成为专家，需要一个从依靠陈述性知识向依靠程序性知识的转换过程。”作者所表达的意思是一名新手通过不断地刻意练习从而将技能与认知相结合从而达到自动性加工的地步，然而根据本文的主旨，竞技运动专家的自动性特点是所要讨论的重心，所以作者是否在这一点上与主旨有所偏离？或者根据 3.2 中后半部分的讨论，专家也需要通过不断的刻意练习来迭代自己的技能水平以达到自动性特点，那么在这个意义上专家也是“新手”，也在不断地成为更高水平的“专家”。从这个角度，我们可以理解作者的意思，但是作者需要优化这一部分想要表达的意思。所以，请作者考虑这一部分的主旨表达。与此同时，图 1 中由新手到专家的演化过程也需要更新。

(2) 最后一段：“这类适应是必不可少的。因为在大多数竞赛项目中，比赛的节奏往往超过运动员的基本信息加工能力所施加的基本限制。”这里的表达理解起来比较费劲和困惑，建议作者梳理。

(3) 作者在最后一段指出长时记忆理论对知觉-认知专长系统的可塑性以及适应性的解释，认为专家可直接调取长时记忆中的相关信息以绕过短时工作记忆的限制，从而达到最优信息加工能力。紧随其后，作者又提出存储在短时工作记忆中的检索线索也有助于访问存储在长时记忆中的信息。因此，前半部分的内容似乎在告诉我们短时记忆的限制作用被最小化了，而后半部分又在提示我们短时记忆中的线索与长时记忆中的信息提取是相辅相成的。请作者

澄清这一困惑。

回应：

(1)调整了首段的段落结构，并在正文中对图 1 进行了部分修改。

(2)删除“这类适应是必不可少的。因为在大多数竞赛项目中，比赛的节奏往往超过运动员的基本信息加工能力所施加的基本限制。”

(3)删除“存储在短时工作记忆中的检索线索亦有助于访问存储在长时记忆中的信息。”和“以绕过短时工作记忆的限制。”并补充“由 Ericsson 和 Kintsch (1995)提出的长时工作记忆理论解释了刻意练习所产生的知觉-认知适应。该理论认为专家通过获取在长时记忆中快速编码信息以及当需要时选择性访问这些信息的技能，这与传统的工作记忆概念类似。”

意见 4：

第四部分。作者在这一部分试图阐释抽象化表征在竞技运动专家认知优势中的作用，其中关于抽象化表征在运动技能获得和迁移中的作用的讨论似乎仅仅只是一般性的知识性讨论(教科书讨论)，除了仅仅提到了一项网球技能学习的研究，其他的内容都是理论性的阐述，这似乎并不能很好的说明抽象化表征在竞技运动专家运动技能获得和迁移中的作用。

回应：

正文中对 4.2 部分的标题和段落结构顺序做了细致修改。

意见 5：

第五部分。作者在介绍完竞技运动专家的注意自动性和抽象化表征这两项认知优势后，将视角转向了与当下计算模型相关内容的讨论上。根据标题，作者试图阐述生成模型视角下专家知识系统的抽象化表征，并重点关注了贝叶斯模型和深度生成模型。从内容上来看，作者大篇幅的介绍了理论基础和模型框架，并尝试与前述内容中专家认知优势内容进行联系。然而，这似乎仅仅是一种尝试性理论联系，或者说可以在未来的研究利用计算模型去更好的区分细化专家的认知优势成分（相较于传统研究）。因此，如果说以此为内容讨论生成模型视角下的抽象化表征机制似乎没有充分的理由（这样会让人理解为已经有了充足的相关研究），请作者斟酌。

回应：

修改第 5 部分的小标题，增加“探讨”一词来强调此处的理论创新和学术价值，并对第 5 部分做了细致修改。

意见 6：

本文主题线为竞技运动专家的认知优势，作者主要关注了注意优势与记忆优势两种，进而讨论了自动性特征与抽象化表征是形成两类认知优势的关键原因（或者称为形成机制？）那么相应的，作者是否在各自己的认知优势框架下分别讨论自动性特征与抽象化机制能够更为清晰

的突出文章的主题？现有框架下，作者的展开方式为讨论完两类认知优势的特点后，再分别的讨论了两类形成优势，但是这似乎不能够很好的突出各自优势下两类形成机制的作用。请作者考虑这一点。

回应：

如果从注意优势和记忆优势两方面分别讨论自动性特点和抽象化表征，似乎不能很好地突出这两个关键因素。因为第 2 部分只是在前人研究基础上试图为随后自动性特点和抽象化表征的讨论进行铺垫，从表征学习的角度对前人的研究工作做出一些归纳和总结。因而认为，现有框架或许更适合围绕自动性特点和抽象化表征这两个关键因素展开。

意见 7：

最后，作者在两类认知优势特点的讨论中引用了较多的实证研究结果，而在两类形成机制的讨论中则更多的偏向了前人理论依据。据我们所知，近年来的竞技运动专家的认知优势的研究中也有着足够的认知神经证据，作者似乎很少涉及这些内容，请作者整合这些研究，在文章的相应出进行调整，以充实文章的内容。

回应：

围绕本研究所关注的自动性特点和抽象化表征两个关键因素，在补充的“6.2 展望”中增加对于“(1)竞技运动专家知识与技能的自动性特点和抽象化表征的认知神经证据”的讨论，以充实文章的内容，详见正文。

审稿人 2 意见：

文章针对专家的认知优势表现及其形成机制进行研究，选题具有一定的理论意义和价值，不足和建议如下：

意见 1：

文章存在诸多表达不通顺之处。如“运动员的优异表现是基于其在注意和搜索策略上、心理表征上的差异以及加工过程中的自动化，且选择的信息更具抽象性(付全, 2005)。”建议指明运动员在注意、搜索策略、心理表征上的哪些具体差异导致其优异表现的，这样才能与“加工的自动化，选择信息的抽象性”逻辑相一致。又如“运动员能否达到运动决策又快又准的关键是在即时情境中，对已存储的运动信息进行快速重组与提取的能力。”语句不通顺，应该在“对已存储.....”前加“是否具有”。又如“这种决策能力的差异是由运动员的认知结构合理性(周成林, 刘微娜, 2010)。”表达不通顺。“优秀足球运动员能聪明地读懂足球场(杜 et al., 2022)”中“聪明的”翻译欠雅，欠准确。建议对全文进行仔细审阅。

回应：

修改为“鉴于竞技运动专家表征的概念数量更多、种类更全，包括形成更多图式，掌握更多产生式规则，进行有效组合，既有包含专项技能的程序性知识优势，又有明显的包含竞赛规则的陈述性知识优势。”并且，在 2.1 第二段结尾已有说明“值得注意的是，付全(2005)对不同水平击剑运动员研究后发现，一般水平运动员注意的信息多且具体，反映了其注意选择性的局部、系列的特点；高水平运动员搜集信息时，更多关注的是整体性特点。”；

修改为“运动员能否达到运动决策既快又准的关键是在即时情境中，是否具有对已存储的运动信息进行快速重组与提取的能力。”；

删除“优秀足球运动员能聪明地读懂足球场地(Du et al., 2022)”。

意见 2:

在注意优势中除选择性注意和视觉搜索外，建议补充专家的注意分配优势（凝视）。

回应:

在知网上检索后并未找到与专家注意分配优势（凝视）相关的文献。

意见 3:

引用存在欠准确之处。如“运动类型显著影响运动专家的注视次数和注视时间(孙文芳等, 2018)。引文的文献摘要中的正确表述是“项目类型会影响专家运动员的注视次数，注视时间不能有效识别专家运动员和非专家运动员”建议核查，以更准确地进行引用。此外，“运动专家的注视次数少，注视时间短”，关于“注视时间更短”，建议核查。注视时间不能作为区分专家运动员和非专家运动员的有效指标，且当前在注视时间更长还是更短上研究尚未形成统一共识。

回应:

删除“运动类型显著影响运动专家的注视次数和注视时间(孙文芳等, 2018)”中的“和注视时间”；删除“运动专家的注视次数少，注视时间短”中的“，注视时间短”。

意见 4:

文章的实践意义和价值有必要在“引言”和“小结”予以体现。

回应:

文章的实践意义和价值在正文中的“引言”和“小结”予以体现，并增加了展望部分。

意见 5:

“生成模型和贝叶斯认知模型”标题下的内容阐述中建议体现一些运动领域的相关特色，如，在介绍理论模型的观点之后，与运动专家-新手的相关表现相结合予以阐述，凝练这些理论对于文章主题的应用价值，进一步提高理论的针对性以及文章的可读性。

回应:

在补充的“6.2 展望”中增加关于“(2)概念表征的具身性假设”的讨论，试图体现一些运动领域的相关特色。

第二轮

审稿人 1 意见: 作者较好的解决了我的问题，建议发表。

审稿人 2 意见:

文章具有一定的理论意义和价值, 实践意义有待完善, 文字表述的流畅性和可读性有待提高。不足如下:

意见 1:

第一部分的最后一段中对于为何要从“生成模型”的角度探讨抽象化表征机制的阐述不充分, 仅停留在通用概念及功能的介绍上, 未对其在竞技运动专家知识系统的抽象化表征机制解释上的优势进行阐述。同时, 贝叶斯认知模型及深度生成模型的提出也较为突兀。

回应:

修改为“从计算机科学的角度看, 专家系统是基于知识的系统的一个子类, 而知识表征和推理是专家系统研究的主要领域(Ericsson et al., 2018)。知识表征包括概念、命题、脚本、图式和产生式规则等形式。人类知识不仅具有概念形式, 而且有概念之间各种复杂的组合, 比如规则(梁宁建, 2014)。适应性思维控制(Adaptive Control of Thought, ACT)模型和在线自适应规则归纳的连接主义者学习(Connectionist Learning with Adaptive Rule Induction Online, CLARION)模型通过有效地拟合实验数据, 探究行为背后的算法, 以利于更好地理解行为数据(杜建政, 李明, 2006)。然而要想从计算模型的角度更深入理解竞技运动专家从长期训练中获得和迁移专业知识与技能的机制, 还需要借鉴相关领域的最新研究成果, 以建构一个更完备的竞技运动专家知识系统。近年来, 随着人工智能(artificial intelligence, AI)领域的研究热点——深度学习技术在各个领域被广泛应用, 尤其是在认知心理学和神经科学领域常用于帮助研究者理解人类的高级认知功能。与卷积网络、循环网络以及长短时记忆等面向分类任务的判别模型(discriminative model)不同, 生成模型可以通过观测已有样本来学习其分布并生成类似样本(Dasgupta & Gershman, 2021; Gershman, 2019; Jordan & Mitchell, 2015; Lake et al., 2017; Lansdell & Kording, 2019; LeCun et al., 2015; Yamins & DiCarlo, 2016)。这就如同运动员通过长期训练掌握一项新的动作技能后, 再迁移到新的任务情境中解决类似问题。因此, 从生成模型的角度探讨竞技运动专家知识系统的抽象化表征机制, 为能更好地理解竞技运动专家的认知优势效应, 助其突破认知局限性提供了新的理论依据。”;

删除“特别是借鉴贝叶斯认知模型和深度生成模型的最新研究成果,”这句话避免突兀。

意见 2:

选题意义有待补充, 仅因为其机制未有清晰的阐述来进行综述研究的依据不充分, 厘清其机制的实践意义和价值仍然在修改稿中未进行深入阐述。

回应:

在 5.2 和 6.2 两部分的段尾分别添加

“因此, 未来的研究可以利用计算模型更好地区分形成运动专家认知优势的可能机制, 这将

有助于通过训练实现新手向运动专家的转变。”；

“因此，未来的研究可以考虑结合神经科学技术进一步探讨运动经验对专项动作或一般动作相关的言语加工能力的影响。”；

“未来运动心理学家应更多借助于神经科学的技术手段和认知心理学的理论基础，更深入与全面地理解竞技运动专家认知优势的形成机制。”三句话论述竞技运动专家的认知优势及其形成机制的实践意义和价值。

意见 3:

关于贝叶斯认知模型、深度生成模型的理论性知识介绍过多，而在表征机制的解释上的介绍过于宏观、空洞，且多为文献的引用，个人的理解阐释有待丰富。

回应:

在正文中分别对第 4 和第 5 部分的内容做了细致修改。

意见 4:

作者“的”和“地”的运用存在很多错误，建议核查。文献的时效性待考虑，90 年代的诸多文献依旧在使用，且还作为关键论据。

回应:

由 Ericsson 等人分别在 1993 年和 1995 年发表在国际著名心理学杂志《Psychological Review》的两篇经典论文具有开拓意义，因而考虑保留方便读者回溯。

意见 5:

“发生在高水平决策(比如在传球或射门之间选择)和低水平控制(比如控制踢球的力量和角度)的知觉动作技能认知加工过程中,优秀足球运动员的卓越表现很大程度上归因于其在任务的某一个或多个层面上选择了更适合的动作。”表述晦涩难懂，“更合适的动作”是什么、“一个或多个层面”又是什么。

回应:

为避免歧义，删除这句话。

意见 6:

既然简单练习和刻意练习均能使得运动技能提升,为何文中只谈刻意练习,其优势是什么需要说明。

回应:

修改为“尽管简单练习和刻意练习两种不同的练习方式均可以促使运动表现得到进一步提升,通过刻意练习提升运动表现的幅度更大,尤其是运动员通过重构形成复杂技能应对复杂的任务情境(Du et al., 2022)。”

“如图 1 所示,新手对掌握的简单技能进行反复练习从而提高运动表现,随后使用改进的版本(更复杂的图式)取代已自动化的部分,经过反复建构、打破和重组临时的自动化部分,迭代形成复杂技能,这一过程对运动员技能水平最大化至关重要(Du et al., 2022)。”

第三轮

审稿人 2 意见: 作者基本解答问题, 建议发表。

编委 1 意见:

本论文从表征学习的角度出发,对竞技运动专家的认知优势及其形成机制进行了梳理。该论文的逻辑框架清晰,行文表述流畅,所获得结论可以为未来考察竞技运动专家认知优势效应的研究提供参考,具有较为重要的理论意义。

编委 2 意见: 同意发表。

主编意见:

稿件经过多位专家的审议,作者进行了认真的修改,达到发表水平,同意发表。