

• 研究前沿(Regular Articles) •

视觉注意对决策的影响及其作用机制*

张湘一 吴一琳

(湖南师范大学教育科学学院心理学系, 长沙 410081)

摘要 视觉注意作为一种信息选择和认知资源分配机制, 不仅是信息加工和认知功能的基础, 也是完成各种社会行为的重要条件。大量研究证实视觉注意影响了个体的决策偏好。本文在全面回顾以往研究的基础上, 从知觉决策、偏好决策和其他社会决策三个方面梳理了视觉注意对决策的影响; 并且, 总结了简单暴露效应(mere exposure effect)、注视层叠假说(gaze cascade hypothesis)、序列抽样模型(sequential sampling model)和自适应注意表征模型(adaptive attention representation model)对视觉注意影响三种决策作用机制的解释。未来研究可以考虑设置具有不同偏好程度的选项、决策情境或视觉环境的调节因素、其他类型的注意在决策中的作用以深化关于视觉注意对决策的影响及其作用机制问题的理解。

关键词 视觉注意, 知觉决策, 偏好决策, 社会决策, 漂移扩散模型

分类号 B842

1 引言

“黑夜给了我一双黑色的眼睛, 我却用它来寻找光明”。视觉注意(visual attention)作为一种信息选择和认知资源分配机制, 不仅是信息加工和认知功能的基础, 也是完成各种社会行为的重要条件(Chun et al., 2011)。视觉注意不仅与感知觉信息加工相互作用, 而且影响问题解决、决策等高级认知活动, 对人类和动物的生存繁衍、进化适应至关重要(Carrasco, 2011)。早期有关视觉注意的研究主要集中于视觉注意与感知觉、记忆和情绪之间的相互影响(Orquin et al., 2021)。近年来, 视觉注意和决策之间的关系正逐渐成为决策心理学领域关注的热点问题。有部分研究者开始从知觉决策(perceptual decision-making)、偏好决策(preferential decision-making)和社会决策(social decision-making)等方面探讨视觉注意对决策的影响, 例如, 采用眼动追踪技术(Eye tracking)的研

究发现, 注视时间更长(Hirmas & Engelmann, 2023; Saito et al., 2023)、注视次数更多(Stojić et al., 2020; Wedel et al., 2023)、首先注视(Eum et al., 2023; Roberts et al., 2022)和最后注视(Callaway et al., 2021; Liu, Zhou, et al., 2020)的选项更可能被选择。然而, 总体来看这些研究仅散见于各类不同视角的实证研究, 尚未有研究系统综述视觉注意对不同类型决策的影响。而且, 先前研究对视觉注意影响决策的作用机制的梳理尚不全面。鉴于此, 本文首先系统梳理了视觉注意对知觉决策、偏好决策与其他社会决策这三类典型决策的影响; 然后, 总结了简单暴露效应、注视层叠假说、序列抽样模型和自适应注意表征模型这4种理论假说对视觉注意影响知觉、偏好与社会决策作用机制的解释; 最后, 概述了现有研究的局限性与未来研究的方向。

2 视觉注意对决策的影响

2.1 视觉注意对知觉决策的影响

首先, 注意的选择性对知觉决策具有重要影响。Newell 和 Pelley (2018)考察了个体在可能条件(由一个有 16%点密度的低密度图案和一个有 26%点密度的高密度图案所组成的配对)和不可能

收稿日期: 2024-02-28

* 科技创新 2030-“脑科学与类脑研究”重大项目: 注意的神经环路机制研究(2021ZD0203800)资助。

通信作者: 张湘一, E-mail: xiangyizhang@hunnu.edu.cn

条件(由两个有 20%点密度的中等密度图案所组成的配对)下对目标刺激的选择,结果发现在可能条件和不可能条件下个体选择目标选项的比例均显著高于 50%,且个体在无法获得客观知觉信息(不可能条件)时,基于眼睛注视的决策时机提示(当被试对目标选项的注视时间累积至少达到 750 ms 且对非目标选项的注视时间累积至少达到 250 ms 时触发决策反应)增加了个体选择目标选项的比例,说明对线索的选择性注意影响了知觉决策。Rangelov 和 Mattingley (2020)采用一种新颖的整合(integrated)决策任务范式(该任务中被试需要对连续的目标运动散点的平均方向进行判断,忽略同时发生的、空间上重叠的非目标运动散点),并结合脑电图(electroencephalography, EEG)技术考察选择性注意对知觉决策的影响,结果发现呈现非目标运动散点和目标运动散点所诱发的中央顶叶正成分(central-parietal positivity, CPP),一个与决策的证据累积过程密切相关的较晚期的脑电成分)在起始潜伏期(onset latency)和斜率(slope)上均不存在显著差异。然而,相较于呈现非目标运动散点,呈现目标运动散点所诱发的 CPP 成分的峰值更高。因此, Rangelov 和 Mattingley (2020)认为在知觉决策过程中注意作为一个实时但“不完美”的过滤器,动态地调节了与任务相关和任务无关的感觉输入的作用。Nuiten 等人(2023)采用线索朝向 Gabor 辨别任务范式和 EEG 技术考察了空间选择性注意对知觉决策的影响,结果发现有效线索提示比无效线索提示的知觉敏感性指标 d' 更高,反应时更短,漂移率更高;且有效线索提示比无效线索提示诱发的 CPP 成分的峰值更大。

其次,视觉注意通过被凸显刺激吸引以及对非目标凸显刺激的抑制来影响知觉加工。Chang 和 Egeth (2019)要求被试完成一个视觉搜索任务和一个探测任务。在搜索任务(占总试次的 70%)中被试在不相关的单一颜色图形存在或不存在的条件下搜索目标图形,发现当存在单一颜色图形时被试的搜索效果会更好;在穿插出现的探测任务(占总试次的 30%)中,被试搜索一个目标字母,发现对目标颜色字母的反应要比中性颜色字母的反应更快,而对干扰颜色字母的反应要比中性颜色字母的反应更慢。表明目标特征增强和干扰物特征抑制对注意引导的作用是独立的,增强和抑制可以根据情况灵活地引导注意。类似地,

Hamblin-Frohman 等人(2022)同样让被试完成搜索任务和探测任务。在搜索试次(占总试次的 75%)中,被试在几个其他的图形中搜索一个菱形,在一半的搜索试次中所有图形都是相同的颜色(例如,绿色),而在另一半的搜索试次中其中一个非目标图形以不同的颜色出现(例如,红色)。在穿插出现的探测试次(占总试次的 25%)中,呈现给被试 4 个椭圆,其中一个椭圆的颜色要么是目标颜色,要么是搜索试次中的非目标颜色,另外三个椭圆是中性颜色。结果发现在中性颜色背景下观看目标颜色块时,个体的注意会明显地被目标颜色块所吸引,并回避非目标色块;而且,在视觉搜索任务中观察到的抑制作用有助于早期的注意效应和后期的决策过程。Zhou 等人(2023)发现注意引导(指外显注意)可能主要对目标位置和非目标位置的统计学习(statistical learning, 学习和利用环境规律)效应起作用,对目标位置的统计学习效应主要集中在视觉搜索的中期阶段(如注意选择)和后期阶段(如目标确认),而对非目标位置的统计学习效应主要集中在早期阶段(涉及内隐注意)和中期阶段,说明视觉搜索中目标位置和非目标位置的统计学习反映了部分共享和部分独立的认知机制。Wang 和 Theeuwes (2020)考察目标刺激与非目标刺激的凸显性如何影响知觉决策,结果发现当搜索阵列中只有 4 个元素时个体表现出对非目标刺激方位的抑制效应;然而,对于更大的搜索阵列(6 个元素或 10 个元素)且目标刺激和非目标刺激均具有凸显性时,对非目标刺激的抑制效应消失。因此, Wang 和 Theeuwes (2020)认为刺激的相对凸显性对于捕获注意至关重要。近年来,一些研究发现了对非目标刺激进行抑制的证据,个体可以抑制对经常出现非目标选项位置的注视(Chang et al., 2023),会对非目标选项表现出与特征抑制相关的电生理反应(Chen et al., 2023; van Moorselaar et al., 2023)。Tsai 等人(2023)改进了视觉搜索范式,将干扰物区分为同维度干扰物(形状、颜色、触觉)与跨维度干扰物,结果显示相比跨维度干扰物,同维度干扰物对反应时的影响更大且相应目标物诱发的 N2pc (与知觉抑制相关的脑电成分)波幅更小,说明跨维度干扰物可以有效抑制注意。

2.2 视觉注意对偏好决策的影响

2.2.1 视觉注意对风险决策偏好的影响

首先,视觉注意影响个体在价值决策中的风

险偏好。较强的注意偏差降低了个体在迫选任务中的决策准确性,但增加了个体的回报率(即获得奖励与决策时间成本之间的平衡),因此有偏好的视觉信息搜索能提高个体的决策效率(Zilker, 2022; Zilker & Pachur, 2023)。Pleskac 等人(2023)要求被试分别在知觉决策框架与价值决策框架中对两个点数组做出选择,结果发现当线索出现在某一侧时,被试只在两个点数组的点数差更大时才会选择另一侧点数组,这种点数差在价值决策框架中比知觉框架中更大,而且相比知觉决策框架,价值决策框架中的注视线索对特定选项的相对注视时间具有更大影响,表明视觉注意对价值决策的影响大于对知觉决策的影响。Thomas 等人(2019)对先前研究者发表的 4 组数据进行再分析,旨在考察视觉注意与行为选择在个体间的差异性,分析结果表明大多数个体的注视与选择之间存在关联,但这种关联的强度在个体间存在很大差异,与个体从众多选项中选择最优选项的能力存在负相关。刘洪志等人(2022)采用眼动追踪技术,对个体为自己与为所有人进行风险决策时的行为选择及信息加工过程的差异进行了考察,结果发现在信息获取深度、信息加工复杂度、采用基于选项的信息搜索模式频率上,个体表现出显著的为自己-为所有人决策差异,而且眼动指标在决策任务与选择是否符合期望价值理论预测中起中介作用。Bhatnagar 和 Orquin (2022)的一项元分析考察了 3 种注视操纵方法对决策的影响,结果发现操纵注视时间的研究对决策具有最大影响,其次是操纵最后注视位置的研究,最后是操纵首次注视位置的研究,人们对注视时间更长的选项形成决策偏好。尽管已有诸多研究证实视觉注意在基于价值的风险偏好研究中具有重要作用,而且视觉注意很有可能通过放大选项的价值来影响决策偏好(Krajovich, 2019),但也有部分研究提出质疑。Carrasco 和 Barbot (2019)分析了外显注意与内隐注意对知觉表征的影响,提出注意会改变个体对空间和时间维度的主观印象,注意不仅影响个体在视觉任务中的表现也影响个体如何看待外界刺激。Chapman 等人(2023)考察了视觉注意在迫选任务中对颜色知觉的影响,结果发现基于特征的注视会导致错误的知觉,表明选择性注意可能会改变个体的主观感知,而不是增加选项的主观价值。Rosner 等人(2022)使用多元分类任务研究了

决策过程中眼球运动轨迹和对记忆点的注视之间的关系,结果发现个体在回忆时更多注视信息先前呈现的位置,视觉注意可能在记忆对偏好决策过程的影响上发挥中介作用。

其次,视觉注意与风险决策偏好的框架效应(framing effect)密切相关。一方面,问题框架引导视觉注意。Stephensen 等人(2021)针对问题框架(例如“它有多安全”与“它有多危险”)如何影响个体的风险认知和行为意向这一问题进行了研究,结果发现相比安全框架,危险框架下个体判断的场景安全性更高,这说明问题框架以引导选择性信息抽样的方式引导注意。Hirmas 和 Engelmann (2023)向被试呈现一系列混合赌博任务,结果显示选项呈现时间显著影响不同选项在决策过程中的权重,而且这种影响在收益与损失框架中存在差异。有研究者总结以往研究,认为问题框架引导认知系统将注意资源调整至目标信息的某个角度,同时抑制对目标信息其他角度的注意,用注意来解释框架效应(Teigen, 2023)。另一方面,注视时间影响框架效应。Roberts 等人(2022)考察了注视时间限制如何影响个体的风险选择行为,结果发现个体在有限的时间下更多使用外围视觉信息来引导早期注意,并且通常在注意一个选项后就终止信息搜索,导致个体在损失框架中表现出更多的风险寻求,框架效应变大。

最后,视觉注意影响个体风险决策偏好的情境效应(context effects)。吸引效应(attraction effect)是一种典型的情境效应,所有选项(目标和竞争和诱饵)都有两种属性,其中目标选项与竞争选项分别仅在某一属性上占据优势,诱饵选项与目标选项的优势属性更为近似,加入诱饵选项将增加个体对目标选项的选择概率并减少对竞争选项的选择(Gluth et al., 2017; Huber et al., 1982; Spektor et al., 2021)。Marini 等人(2020)考察了诱饵选项在个体决策过程中对眼球运动的影响,结果显示加入诱饵选项后,视觉注意会在诱饵和目标选项之间持续转移,即诱饵选项促进了个体在决策过程中对不同选项的比较。有研究者要求被试在有三个选项的风险任务中进行决策,结果发现被试选择目标选项的比例高于选择竞争选项和诱饵选项的比例,目标选项比竞争选项和诱饵选项获得了相对更长的注视时间,说明多选项的风险决策中存在吸引效应。而且,依赖于眼睛注视(gaze-dependent)

的证据累积模型(在该模型中非注视选项的主观价值被削弱)可以更好地描述个体在风险决策中表现出的吸引效应(Molter et al., 2022)。另外,有研究者通过实验也发现了与吸引效应相反的排斥效应(repulsion effect),即加入诱饵选项将减少个体对目标选项的选择(Evans et al., 2021; Liao et al., 2021; Rhilinger et al., 2023; Spektor et al., 2018)。Spektor 等人(2022)比较了被试在知觉任务(要求选择填充条最多的选项)与偏好任务(要求进行一个具有 50%概率的赌博)中的决策,眼动与行为数据显示被试注视目标选项的时间与选择目标选项的比例均少于竞争选项,即在两种任务中都出现了排斥效应,而且这种效应随着目标与诱饵选项之间属性差异的增加而降低。

2.2.2 视觉注意对跨期选择偏好的影响

首先,视觉注意影响个体的跨期折扣率(inter-temporal discount rates)。Fisher (2021)要求被试在近期获得小额奖励和未来获得大额奖励之间做出选择,实验结果表明个体间视觉注意分配的差异可以解释 40%到 53%的跨期折扣率差异,操纵被试注视延迟选项中的金额属性会增加被试对延迟选项的选择,说明个体间的跨期折扣率存在差异可能是因为视觉注意关注的决策属性存在差异(例如“近期收益”和“未来收益”)。Liu, Lyu 等人(2020)采用眼动追踪技术和一种基于注视操纵(gaze-contingent manipulation)的实验范式(该范式可操纵个体在决策过程中对选项的相对注视时间),考察了眼睛注视对个体跨期选择偏好的影响。结果发现,当个体的眼睛注视被指向目标属性时(即注视目标属性的时间长于非目标属性),个体偏好于选择随机确定的目标选项。而且,注视时间更长的属性也介导了基于注视的操纵对跨期选择的影响。因此,Liu, Lyu 等人认为视觉注意操纵与个体的跨期选择偏好之间存在着因果关系。Sharma 和 Khan (2022)用眼动技术考察了跨期选择中的自我-他人差异,发现个体增加对金额属性的注视或减少对时间属性的注视都会降低跨期折扣率,即视觉注意的变化影响跨期选择,这为引导人们降低跨期折扣率、减少冲动决策提供了可能。

其次,视觉注意影响个体在跨期选择中偏好的维度。有学者在跨期选择的实验中发现被试存在时间偏好逆转现象,即被试在决策时更多选择

近期小额奖励选项,但在价值评估时对未来大额奖励选项赋予更高价值,而且相比决策时,个体在价值评估时对金额属性的注视时间比例更大,表明这种现象可能是由于个体在金额和延迟属性上的注意分配在决策与价值评估时存在差异(Zhou et al., 2021)。Amasino 等人(2019)对跨期选择是基于选项还是基于维度(收益维度与时间维度)进行考察,研究结果表明有耐心的个体倾向于直接考虑收益维度,耐心较弱的个体则倾向于将收益维度和时间维度结合起来权衡,而且视觉注意可以预测个体在耐心上的差异。刘洪志等人(2023)提出维度差异偏好(preference of dimension-based difference)的概念,用以表示个体在跨期选择中对结果和延迟维度的主观偏好差异,他们考察了跨期决策中维度差异偏好与信息加工的关系,结果发现基于维度的注意分配与维度差异判断存在正相关,验证了视觉注意对维度差异偏好的预测作用。He 等人(2023)将实验数据与不同跨期选择模型进行拟合,发现视觉注意参数能预测模型的解释力,实验数据与模型的拟合取决于决策者的注意。

2.2.3 视觉注意对消费决策偏好的影响

首先,视觉注意影响个体对食品的决策偏好。Weilbacher 等人(2021)考察了视觉注意对食品偏好的影响,结果发现相比忘记位置的食品,被试对记忆准确的食物注视时间更长,而且视觉注意对食品偏好的影响在记忆准确的条件下最强。有研究者使用视觉搜索任务操纵注意,然后要求个体在二选一食品选择任务中做出决策,结果发现被试更可能选择与搜索目标同侧的食物,表明视觉注意影响了个体对食品的偏好决策(Gwinn et al., 2019)。Eum 等人(2023)采用眼动追踪技术考察了个体在两种条件下(两种零食都同时呈现或者只有当被试注视货架时才显示零食)对呈现在电脑屏幕上标记的“货架”上的零食进行二选一。研究结果发现,去除非注视选项会使个体的注意偏差大小增加一倍,个体对食品的选择偏好可能会受到一次只注视一个条目(选项)的设置的影响,即外周视觉信息影响了个体对食品的决策偏好。当被试的最后注视位置被固定在目标食品选项上时,他们倾向于选择一个随机食品;而未操纵被试的注视点时,最后注视位置对决策的影响依旧显著,表明最后注视位置与决策之间存在因果联系(Liu, Zhou, et al., 2020)。

其次, 视觉注意影响个体对品牌的决策偏好。有研究者通过测量消费者的注视轨迹来预测他们的品牌选择, 结果显示预测成功率高达 85%, 表明视觉注意轨迹与复杂决策任务中品牌效用的积累存在密切相关(Martinovici et al., 2023)。Wong (2023)考察了视觉注意如何影响采购决策中的框架效应, 结果表明消费者在正性框架(高质量产品)下从供应商处订购产品的比例更高, 这种差异是由对产品质量信息不对称的视觉注意导致的, 对产品质量信息的视觉注意在框架与采购决策间起着中介作用。有学者关注视觉注意如何影响品牌营销带来的情绪, 眼动与行为结果表明消费者对品牌负面评论的注视时间越长, 其对该品牌的信任度以及分享意愿越低, 证明视觉注意对品牌决策偏好具有重要影响(Bigné et al., 2023)。Brüns 和 Meissner (2023)假设商家可以利用高视觉显著性引起的自下而上的注意来抵消广告营销对消费者购物的负面影响, 比较了消费者对颜色明亮产品与颜色暗淡产品的评价感受, 结果显示呈现颜色明亮的产品时, 消费者由于营销而产生的负面情绪被抵消。

2.3 视觉注意对其他社会决策偏好的影响

首先, 视觉注意影响个体做出的道德选择。Pärnamets 等人(2015)研究了视觉注意在道德决策中的作用, 要求被试对 63 种道德相关陈述做出决策, 结果发现被试的视觉注意能有效预测个体的道德决策, 而且相比总注视时间, 最后注视位置对道德决策的影响更大。道德和情感内容在社交媒体上更容易得到传播, 有学者拟探讨注意捕获是否能解释这种优势传播现象, 并进行了模拟社交媒体信息呈现的研究, 结果表明相比中性内容, 道德和情感内容在早期视觉注意中的优先级更高, 这说明了个体对道德信息具有注意偏好(Brady et al., 2020)。Ghaffari 和 Fiedler (2018)采用中断注视范式比较了自上而下和自下而上的注意如何影响道德决策, 发现个体的最后注视位置能够显著预测道德选择结果, 而且注意与道德决策之间的联系大多是由自上而下的注意驱动的。有研究者在道德相关的场景中(汽车撞倒行人)制造视觉错觉, 发现相比不存在视觉错觉时, 个体的道德判断发生改变, 说明视觉系统做出的抽象推理会影响道德判断(De Freitas & Alvarez, 2018)。

其次, 视觉注意影响个体的利他行为决策。

Teoh 等人(2020)比较了视觉注意的动态分配对利他决策的影响, 发现个体在时间压力下更多选择自己获得较大收益而非自己与他人同享中等收益, 对自我收益信息与他人收益信息的首次注视位置出现显著的自我-他人差异, 而且这种注意差异可以预测个体利他行为的变化。关于儿童利他行为的研究表明, 低年级儿童的选择性视觉注意可以正向预测利他行为, 而高年级儿童较强的视觉注意则可以负向预测利他行为(Rose et al., 2024)。Omyan 等人(2023)测试了纯粹利他与出于健康考虑的无偿献血者的选择性注意, 结果发现纯粹利他的献血者对痛苦面部表情具有更多的选择性注意, 两组献血者的同理心水平与对痛苦面部表情的选择性注意显著正相关。Wei 等人(2023)考察了信息呈现方式对社会决策的影响, 要求被试就如何在自己与他人之间分配收益做出选择, 结果发现与基于选项的注视相比, 基于属性的视觉搜索降低了被试的利他行为, 说明视觉注意影响了利他行为决策。

最后, 视觉注意影响个体的其他亲社会行为决策。Gehrer 等人(2021)研究发现, 与健康对照组相比, 暴力犯罪者在与伙伴交往时首先注视对方眼睛的频率更低, 对伙伴眼神的注意可能是个体亲社会行为的重要基础。有学者对比了时间压力下个体在两种亲社会决策中的表现(利他情境与合作情境), 发现当自己与他人存在利益冲突时, 时间压力会促使个体在利他情境下优先注视与自己利益相关的信息; 然而, 在合作情境中时间压力增加了个体对他人利益相关信息的注视偏好(Teoh & Hutcherson, 2022)。Jangard 等人(2022)考察了导致酒精成瘾者亲社会决策能力下降的因素, 发现个体对自私反应选项的注视与亲社会行为指标呈负相关, 而且相较于健康对照组被试, 这种效应在酒精成瘾者中的表现更为强烈。

3 视觉注意影响决策的理论模型

视觉注意显著影响个体的决策行为。然而, 现有研究大多散见于视觉注意影响知觉、偏好、社会等类型决策的实证研究, 少有研究系统梳理这些影响潜在的作用机制。本文整理了各类零散实证研究的讨论部分与少量相关的综述研究, 总结了可能解释这些影响潜在机制的 4 种理论模型(参见表 1)。

表 1 视觉注意影响决策的理论模型比较

理论模型	基本逻辑	局限性
简单暴露效应	视觉注意→喜欢→决策	接触与喜好之间的内在关系尚不明确
注视层叠假说	视觉注意↔偏好→决策	缺乏数学模型表达, 无法解释某些关键问题(如决策阈值的本质、注意与决策偏好如何相互影响等), 注视层叠的内在机理仍尚不明确
序列抽样模型	DDM: 初始偏好→证据积累→决策	没有纳入任何注意的量化指标, 适用于简单快速的决策而较难准确描述复杂的决策偏好
	aDDM: 视觉注意→增加选项主观价值→证据累积率变化→决策	部分假设与相关实证研究结果相悖, 主要关注外显注意而忽视了内隐注意对决策的影响
自适应注意表征模型	视觉注意→积累类别证据→习得表征→反馈→调整视觉注意→决策	对视觉注意如何分配到各具体维度的解释力度不够, 在人类学习上的研究稍显不足

3.1 简单暴露效应

简单暴露效应(mere exposure effect)认为个体对刺激物的态度或情感偏好随着反复接触(指该刺激物能够被个体所感知)该刺激物而增加, 视觉注意通过增加对刺激物的喜好程度来影响决策(Zajonc, 1968)。而且, 这种情感偏向通常可以归因于个体对于接触较多的刺激物比接触较少的刺激物在感知流畅性或加工容易度上增强所致(Montoya et al., 2017)。

简单暴露效应得到了多项研究的支持(Bornstein & D'Agostino, 1992; Effron, 2022; Zajonc, 1968)。Zajonc (1968)考察了向被试呈现不同频率的无意义单词对其评价无意义单词“悦耳度”的影响, 发现被试普遍认为高频出现的无意义单词具有更高的“悦耳度”, 说明高频接触增加了被试对无意义单词的情感倾向。Bornstein 和 D'Agostino (1992)比较了个体对呈现 5 ms (即潜意识)和 500 ms 刺激的喜爱程度, 结果表明不管刺激类型为多边图形还是照片, 个体都更喜爱呈现时间较长的刺激, 这同样验证了简单暴露效应。简单暴露效应假设刺激物暴露时间对个体的选择偏好具有显著影响, 在一定程度上解释了选项注视时间影响风险决策偏好的框架效应(Hirmas & Engelmann, 2023; Roberts et al., 2022)、跨期选择偏好(Sharma & Khan, 2022)的相关研究结果。

总之, 简单暴露效应的逻辑是“视觉注意→喜欢→决策”。它可以直观解释注视持续时间对各类决策的显著影响, 然而正如 Montoya 等人(2017)所指出的, 尽管简单暴露模型认为接触会产生喜欢, 但它未能准确预测个体对刺激物的识别与喜

好间相关性随接触频率变化的关系, 这表明有必要继续考察对刺激物的识别、熟悉度和喜好之间的复杂曲线关系。此外, 作为早期的注意影响选择的理论, 简单暴露效应并未深入阐述其背后的作用机制(Bhatnagar & Orquin, 2022)。

3.2 注视层叠假说

注视层叠假说(gaze cascade hypothesis)主张个体的注视会增加对某个选项的偏好(注视导致偏好), 而增强的偏好反过来又会增加对该选项的注视(偏好导致注视) (Shimojo et al., 2003)。这两个过程创造了一个反馈循环, 导致个体注视最终选择选项的概率增加, 也就是说, 创造了一个对特定选项的注视层叠, 最终导致该选项越过阈值并被选择(Bhatnagar & Orquin, 2022)。

首先, 注视会增加决策偏好, 注视时间与决策偏好之间存在密切关联, 个体对注视时间更长的选项具有更高的决策偏好和选择率(Saito et al., 2023; Smith & Krajbich, 2018)。采用眼动技术考察面孔识别的研究发现, 被试的目光最初在两个面孔间均匀分布, 但随后逐渐转向他们最终选择的面孔, 说明注视参与了偏好的形成(Shimojo et al., 2003)。Ito 等人(2014)使用 fMRI 技术测量被试的面孔偏好与神经活动之间的关系, 发现随着注视时间的增加, 大脑中对面孔进行评估的部位从最初的尾状核(内隐的皮质下水平)转移到海马体和眶额皮层(外显的皮质上水平), 这种转移改变了个体的决策偏好, 在神经层面上证实了注视时间对决策偏好的影响。根据注视层叠假说, 个体延长对某个选项的注视时间会增加对该选项的决策偏好, 该假说较好地说明了视觉注意可能是通过

增加对某个选项的注视时间来实现对个体风险决策偏好的影响(Bhatnagar & Orquin, 2022; Pleskac et al., 2023)。

其次, 偏好又会增加注视, 二者的相互作用一直持续直至偏好信号超过阈值, 最后注视位置预测决策结果(Hedger & Chakrabarti, 2021; Palacios-Ibáñez et al., 2023; Shimojo et al., 2003)。Hedger 和 Chakrabarti (2021)比较了自闭症患者与健康个体对社会刺激的注意变化, 发现自闭症患者之所以难以对社会刺激维持注意, 是因为他们对社会刺激形成的注视层叠遭到破坏。根据注视层叠假说, 个体的注视与偏好持续发生相互作用, 而且个体对最后注视的选项具有更高的选择概率, 这对风险决策偏好相关研究中发现的最后注视位置显著预测决策行为(Spektor et al., 2022), 利他行为决策研究中发现的纯粹利他的献血者对痛苦面部表情具有更多的注视(Omyan et al., 2023)等结果做出了相应解释。

总之, 注视层叠假说的逻辑是“视觉注意 $\leftrightarrow$ 偏好 $\rightarrow$ 决策”。虽然注视层叠效应得到了许多实证研究的支持, 但也有研究者在检验该模型时得出了不同的结论, 他们认为决策的结果更多取决于注视时间以及评估任务的类型, 而非注视与偏好的相互影响(Wolf et al., 2019)。此外, 注视层叠假说的一个主要局限是缺乏数学模型表达, 这使得该假说在决策阈值的本质、注意与决策偏好如何相互影响以及注意对决策偏好的影响是固定的还是可变的等问题上无法给出明确的回答(Bhatnagar & Orquin, 2022)。而且, 对注视层叠效应的内在机理也尚未达成共识: 有研究者认为这种效应是一种自我强化的正反馈循环, 即注视诱发偏好, 偏好又诱发更多注视(Shimojo et al., 2003); 也有研究者认为该假说是基于相对阈限的概念, 决策结果取决于选项的相对证据, 而注视选项所累积的证据具有更大的权重(Pleskac et al., 2023)。

3.3 序列抽样模型

序列抽样模型(Sequential Sampling Model, SSM)的核心假设是个体在决策过程中不断对相关证据进行抽样, 使证据得到积累, 直到某个选项的相对证据达到一个阈值, 个体就会做出决策(Ratcliff & Smith, 2004)。SSM 模型对不同情境下的决策行为都做出了较好的解释, 并且将反应时与正确率等观察到的外在行为结果分解成不同的

潜在认知过程(Anders et al., 2019)。研究者们结合不同决策模型的参数假设, 开发出许多基于 SSM 模型基本假设的变式模型, 下文主要介绍 DDM 模型与 aDDM 模型两种变式模型。

3.3.1 漂移扩散模型

Ratcliff (1978)提出漂移扩散模型(Drift Diffusion Model, DDM), 该模型的基本机制是持续累积感觉证据, 直至这些证据达到特定的决策阈值, 同时价值比较过程中的各种噪音也被平均化, 从而为规范性决策(normative decisions)提供了一种理论解释框架(Lee & Usher, 2023)。一个标准的 DDM 模型包括 4 个关键参数。参数 v 代表漂移率(drift rate), 它反映了决策过程中证据累积的速度, 主要受选项间主观价值差异的影响。漂移率较高时, 表明不同选项间的主观价值存在较大差异, 因此个体较容易做出决策, 反应时较短。参数 z 代表起始点, 即个体在做决策之前对某个选项的偏好, 属于一种先验影响。起始点反映的是由于某些先验信息的影响而导致个体在决策前就偏好某些选项, 相比于其他选项, 到达该选项所需的证据量更少。在其他参数不变的情况下, 选择偏好选项的概率更大且反应时更短。参数 a 代表决策阈值(threshold)或感觉证据积累的边界(boundary), 当积累的证据达到某个选项的阈值标准时, 个体就会立即选择该选项。如果个体想要调整自己决策的标准, 那么会导致决策时间增加, 但漂移率不会发生改变。参数 τ 代表非决策时间(non-decision time), 表示影响决策反应时的其他因素, 比如信息编码与按键反应的时间等。它既可以体现个体间的决策差异, 也可以检验随着试次增加是否产生练习效应。在标准的 DDM 模型中, 固定漂移轨迹代表个体的感觉证据随时间不断积累, 并在这一过程中受到噪音的干扰, 因此其轨迹并非一条直线。当证据累积达到决策阈值上限时个体做出按键反应。

首先, DDM 模型认为不同个体在关键参数上存在差异, 因此积累感觉证据直至决策的过程也存在差异。例如, Castagna 等人(2023)结合眼动技术与 EEG 技术研究了个体的视觉注意与认知控制的关系, 结果发现额中线 θ 频段波幅与漂移率、起始点、决策阈值均存在相关, 其中与起始点偏差的相关性最大, 说明额中线 θ 频段波幅的个体差异影响个体积累感觉证据的过程。再如, Sullivan

和 Huettel (2021)发现食品味道与健康属性上的个体差异对证据积累过程具有不同的影响。根据DDM模型关键参数上存在个体差异的假设,个体对有效线索具有更高的漂移率,因此证据积累速度更快,更容易做出选择,对视觉注意影响知觉决策的过程做出了一定的假设(Nuiten et al., 2023)。

其次,价值比较过程中的噪音导致证据积累过程存在差异。许多研究都关注了噪音对证据积累过程的影响,比如发现人类身上的速度-准确性权衡问题可能是由于噪音导致的偏差或者关键参数的偏差(Nguyen & Reinagel, 2022),价值信号的随机波动(一种典型噪音)可能源自个体神经元的变化或是与选项价值相关的记忆检索的变化等(Glickman & Usher, 2019),而且这种机制为个体的反应时如何依赖于刺激强度提供了较合理的解释(Lee & Usher, 2023),简单选择(例如吃苹果还是吃香蕉)是通过整合噪音证据进行的,视觉注意的波动会以噪音的方式影响选择,而决策时的视觉注意又受选项价值评估的动态影响(Callaway et al., 2021)等。

总之,DDM模型的逻辑是“初始偏好→证据积累→决策”。尽管标准的DDM模型提出了一个基于注意的证据累积过程,其所假设的动态证据累积过程也得到了相关实证研究的支持(Fontanesi et al., 2019; Roberts & Hutcherson, 2019),然而它们并没有明确地纳入任何注意的量化指标。而且,标准的DDM模型假定漂移率在整个决策过程中保持不变,但许多研究均发现了具有时间依赖性的动态漂移率(Cheadle et al., 2014; Smith & Lilburn, 2020)。此外,有研究者认为标准的DDM模型主要适用于描述基于感觉的、简单快速的或有客观正确答案的决策行为(例如刺激的亮度或运动的方向等),然而其较难准确地描述复杂的多选择的决策偏好(O'Connell & Kelly, 2021)。

3.3.2 注意漂移扩散模型

Krajovich 等人(2010)率先将视觉注意纳入SSM模型,由此提出注意漂移扩散模型(attentional Drift Diffusion Model, aDDM)。该模型主张个体在注视选项时会积累支持或反对该选项的证据,直到某个选项积累了足够的证据即达到决策阈值后才停止,首先达到阈值的选项被选择((Bhatnagar

& Orquin, 2022; Spering, 2022)。该模型认为相比于低价值选项,视觉注意对高价值选项的决策行为具有更显著的影响(Krajovich et al., 2021; Smith & Krajovich, 2019)。

首先,视觉注意与选项价值之间存在相互作用。aDDM模型认为注意与选项价值之间存在相互作用,注意与选项价值的评估可能既有乘法效应(multiplicative effect)又有加法效应(additive effect)(Pleskac et al., 2023; Yang & Krajovich, 2023)。Cavanagh 等人(2014)提出的加法模型认为眼睛注视仅仅与选项价值存在相关但并未放大(增加)其主观价值,眼睛注视对选项价值的评估具有固定的影响。然而,乘法模型认为视觉注意放大(增加)了被注视选项的主观价值(Krajovich, 2019; Smith & Krajovich, 2019; Shevlin et al., 2022)。具体来说,乘法模型预测对两个相同偏好的高价值选项做出决策比对两个低价值选项做出决策更快,而加法模型则预测两者没有显著差异。Smith 和 Krajovich (2019)考察了注意如何影响决策过程,结果显示对某选项的注意会与该选项的价值产生相互作用,与低价值选项相比,注视高价值选项对决策的影响更大,研究结果支持乘法模型。Westbrook 等人(2020)的研究发现乘法效应在分叉点(bifurcation)之前一直是正值,在分叉点之后接近于0;然而加法效应在分叉点之前一直为负数,在分叉点之后才接近于0。因此,他们认为早期的注意放大了被注视选项的主观价值,而晚期的注意可能反映了个体可能的选择。根据aDDM模型的基本假设,增加注视时间或操纵最后注视位置可能会放大目标选项的主观价值(相对价值),从而导致个体选择目标选项,这为个体的风险决策偏好(Molter et al., 2022)、食品决策偏好(Liu, Zhou, et al., 2020)与道德决策行为(Ghaffari & Fiedler, 2018)受到选项注视时间与最后注视位置的影响提供了相应的解释。

其次,视觉注意通过放大选项的价值增加决策过程中的证据积累率,证据积累率取决于选项价值。许多采用模型拟合的研究都发现选项价值与证据积累率或其他参数存在密切关系(Krajovich, 2019; Krajovich et al., 2021; Shevlin & Krajovich, 2021; Zhu, 2022)。例如,Shevlin 和 Krajovich (2021)的研究发现aDDM模型中决策阈值与噪声参数随着选项价值的变化而变化,表明标准DDM模型中参

数的变化可以归因于视觉注意对证据积累过程的潜在影响。再如, Krajbich 等人(2021)通过经颅磁刺激技术考察视觉注意对选择的影响, 结果发现呈现高价值选项时, 对额叶眼区的抑制减少了注视对选择的影响, 说明视觉注意放大了选项的主观价值, 导致其对高价值选项的决策具有更大的影响。aDDM 模型认为视觉注意对个体的决策行为具有显著影响, 而这种影响是通过放大选项价值以增加决策过程中的证据积累率来实现的。因此, 该模型较好地解释了风险决策偏好领域中, 注意放大证据积累率与决策边界的个体差异等因素对注意、反应时和准确率三者之间关系的调节作用(Zilker, 2022)。此外, aDDM 模型也对被试在进行食品决策时更可能选择与搜索目标同侧的食物(Eum et al., 2023)、外周视觉信息影响对食品的决策偏好(Weilbacher et al., 2021), 以及视觉注意操纵与个体的跨期选择偏好之间存在因果关系(Liu, Lyu, et al., 2020)等现象做出了合理的解释。

总之, aDDM 模型的逻辑是“视觉注意→增加选项主观价值→证据累积率变化→决策”。这一模型较好地量化了决策过程中视觉注意对选项选择证据累积率的影响(Gwinn et al., 2019; Pärnamets et al., 2015)。然而, 该模型的部分假设与相关实证研究结果是相悖的。第一, aDDM 模型假定注意与看(looking)是完全相同的。然而, 有时所看的对象可能不是正在思考或内在加工的对象(Mormann & Russo, 2021)。第二, aDDM 模型也假定信息搜索是随机的(即人们在视野中随机地注视各个信息单元)。然而, 大量证据表明人们更多地注视价值更高的选项, 这一现象被称为基于价值的注意(value-based attention, Gluth et al., 2018, 2020)。正如 Cavanagh 等人(2019)的研究结果显示, 经过偏好决策训练的猴子会更多注视价值高的选项, 这表明它们并没有通过直接注视来评估两个选项的价值, 而是内隐地将目光偏向价值较高的选项。而且, 也有研究证据表明刺激本身的物理特征也会吸引注意, 从而影响信息搜索(Vanunu et al., 2021)。第三, 该模型还假定选项的价值在整个决策过程中是稳定的。然而, 相关实证研究发现注意放大了选项的主观价值(Pleskac et al., 2023), 且选项价值也依赖于情境(Yang & Krajbich, 2023)。这些尚存争议的假设在一定程度上影响了它的有关结论。

3.4 自适应注意表征模型

类别学习理论认为, 在与不同刺激物接触的过程中, 个体会逐渐建立起刺激物和类别标签之间的配对关系。类别学习过程与决策过程一向密不可分, 分类过程需要注意、表征和决策之间相互作用, 因而有研究者将类别学习称为类别决策(Heffernan et al., 2021)。在此基础上, 有研究者提出了自适应注意表征模型(Adaptive Attention Representation Model, AARM), 认为学习的实质是注意优化(即将注意引导至关键维度), 视觉注意与类别学习(决策)具有双向影响(Galdo et al., 2022)。

Weichart 等人(2022)对 AARM 模型进行了补充和完善。个体在类别学习过程中, 会通过对相关维度信息的视觉注意与证据积累而对刺激物形成简化表征并做出决策, 分配给每个维度的视觉注意则根据反馈进行调整。AARM 模型框架包含两个相互关联的模块: 试次间模块和试次内模块。试次间模块涉及反馈机制, 类别表征在两次试验间的更新是前一次试验的注意和决策成分共同影响的结果; 试次内模块则没有直接的反馈, 其更新过程是表征、注意和决策证据动态作用的结果(具体有 4 个步骤: 1)表征将注意引导至相关维度; 2)注意驱动对固定特征的编码; 3)为每组类别反应更新证据; 4)新的表征继续引导后续的注意)。AARM 模型的试次间模块会根据反馈提供的正确类别标签调整每次试验的注意, 而试次内模块则预测了个体如何利用注意来决定对哪些维度的信息进行注视取样、何时取样以及何时做出决策。前一次试验中注意分配的方式延续至本次试验, 然后根据当前有效证据最多的类别标签对注意分配进行调整。AARM 模型强调, 类别证据的积累与验证性信息搜索同时发生, 试次内模块的更新将引导视觉注意进行搜索, 寻找能为当前最佳类别决策提供最大证据支持的信息, 从而进一步影响决策(Galdo et al., 2022)。

许多研究证实了视觉注意与类别学习的相互影响。McColeman 等人(2014)通过操纵被试的注视考察视觉注意如何影响类别学习, 发现增加相对注视时间能提高分类的准确性。Konkle 和 Alvarez (2022)研究了类别信息在大脑中的形成过程, 结果表明所有类别信息在视觉机制的输入是相同的, 目标发挥了视觉的功能, 学习通过赋予

每种视觉类别不同的目标从而将每个视觉类别区分开来。有效的类别学习有时需要个体使用对特定区域的选择性注意,学者发现当一种类别在单个区域而不是分散在多个区域时,能够有效地对该特定区域进行注意学习(Nosofsky & Hu, 2023)。

总之, AARM 模型的逻辑是“视觉注意→积累类别证据→习得表征→反馈→调整视觉注意→决策”。该模型从类别学习的视角探讨了视觉注意对决策过程的影响,但正如 Galdo 等人(2022)所提到的,尽管 AARM 模型对表征应该如何将视觉注意分配到不同刺激维度上进行了概括性的描述,但目前对这一过程的解释尚显不足。Rich 和 Gureckis (2018)的研究也表明若只关注一部分信息,被试可能会陷入“学习陷阱”(经验丰富但仍形成稳定的错误信念),从而将信息错误地概括到未注意的维度上。而且,在人类学习上的研究仍稍显不足。

4 总结与展望

本文首先系统梳理了视觉注意对知觉决策、偏好决策和其他社会决策这三类典型决策的影响;然后,总结了简单暴露效应、注视层叠假说、序列抽样模型和自适应注意表征模型这4种理论假说对视觉注意影响知觉、偏好与社会决策作用机制的解释。视觉注意对知觉决策的影响主要体现在对目标的选择上;此外,还通过被凸显刺激吸引以及对非目标凸显刺激的抑制影响知觉决策。在偏好决策中,注意与选项价值相互作用,共同影响了个体的风险决策偏好、跨期选择偏好和消费决策偏好。一方面,注意放大或增加了选项的主观价值,即在偏好决策中个体越长时间地注视一个选项,个体对该选项的偏好就越大(注视引起偏好);另一方面,选项的价值引导了个体的注意,即个体更长时间地注视偏好的选项(偏好引起注视)。最后,自下而上和自上而下的注意与社会情境(对象)的交互作用也可能对个体的道德决策、亲社会决策等社会决策偏好具有重要影响。

简单暴露效应、注视层叠假说、aDDM 模型和 AARM 模型都对视觉注意影响决策的作用机制进行了解释。作为早期的注意影响选择的理论模型,简单暴露效应可以解释注视持续时间对决策的影响,然而缺乏对接触与喜好之间内在关系的论述。注视层叠假说强调决策过程中注视与偏

好之间的相互作用,但是并未采用数学模型来准确描述注意与决策偏好之间如何相互影响以及决策阈值的本质。aDDM 模型较好地量化了决策过程中视觉注意对选项选择证据累积率的影响,然而研究者尚未就其确切机制达成一致,加法模型与乘法模型各有其合理性(Cavanagh et al., 2014; Krajbich, 2019; Shevlin & Krajbich, 2021; Shevlin et al., 2022),内隐注意与外显注意分别在决策过程中扮演了何种角色仍尚不明晰(Cavanagh et al., 2019; Perkovic et al., 2023)。aDDM 模型假定选择的可能性依赖于注视选项的价值,而简单暴露效应和注视层叠假说则认为增加的视觉注意一直增加了选择的可能性。而且, aDDM 模型认为如果线索改变了选项之间的相对注视时间差异,那么首次注视对选项的选择具有预测作用;而注视层叠假说则认为最后注视位置对选项的选择具有预测作用(Bhatnagar & Orquin, 2022)。AARM 模型侧重视觉注意在类别学习决策中发挥的作用,但目前人类学习上的研究稍显不足,对试次间模块与试次内模块的界定略显机械,对视觉注意如何准确分配到各具体维度的解释力度不够。总之,虽然关于视觉注意影响决策的研究已经取得了一些有价值的成果,但仍有一些关键问题值得未来研究探讨。具体而言,以下4个问题还有待深入探究。

第一,在考察偏好决策时,应全面考虑选项的特性。本文在探讨视觉注意对偏好决策的影响时,所纳入的研究大都基于相似偏好选项之间的选择,例如根据主观偏好对不同选项进行决策(Liu, Zhou, et al., 2020; Pleskac et al., 2023)。尽管 aDDM 模型与注视层叠假说均支持决策偏好对视觉注意的反向影响作用,但当选项之间的偏好差异较大时,注视能对选择产生多大的影响仍有待证实。在进行现实的决策时,基于不同个体间迥异的生活经历,个体的先验决策偏好也相去甚远。因此,在相似偏好选项之间进行决策的研究结果是否可以推广到选项差异较大的决策研究中是研究者所需解决的关键问题之一。近期,有研究者发现个体在风险、跨期、空间决策中均表现出主要基于维度的眼跳模式,且维度间注视时长和眼跳次数的差值显著预测决策行为的变化,这为个体通过“维度间差异比较”策略来执行决策提供了证据,也暗示决策行为的差异更可能归因于

具体维度的差异而非选项的差异(黄元娜 等, 2023)。未来研究应更广泛地考察不同偏好差异条件下视觉注意对选择的影响, 这有助于进一步优化视觉注意影响决策的理论模型。

第二, 应当更加重视决策情境的作用。目前来看, 在大多数决策理论和众多决策实验研究中很少提及视觉环境的作用, 然而, 其对视觉注意的影响甚至比认知因素的影响更大(Orquin et al., 2021)。考察个体食品偏好的研究结果表明, 在控制了外围视觉信息后, 个体的注意偏好增加近一倍, 可见外围视觉信息对于做出正确决策至关重要(Eum et al., 2023), 对外围视觉信息的敏锐度也会对注意引导的决策产生一定影响(Yu et al., 2022)。目前已有的相关研究采用了多种不同的刺激类型(面孔、食品、文字、图形)、刺激位置与刺激呈现时间, 这些都可能是潜在的调节因素, 但目前尚未对这些因素进行系统的评估。因此, 未来研究需要进一步量化决策情境的作用, 系统检验视觉注意影响决策的潜在边界条件。

第三, 应当考察其他形式注意对决策的影响。在实验条件允许的情况下, 已经有研究者开始考察个体其他形式的注意与决策的关系。例如, 有研究者发现恒河猴听觉皮层中与选择相关的大脑活动并非简单反映运动准备, 注意在听觉皮层中也发挥相应的作用(Mohn et al., 2021); 有研究者总结出嗅觉影响人类决策的作用机制(陈诗婷, 杨文登, 2023); 也有研究者发现消费者通过内隐注意识别产品信息并表现出更高的准确性与更快的决策速度(Perkovic et al., 2023)。未来相关研究可以从听觉注意、嗅觉注意甚至内隐注意的角度深入研究人类决策行为, 综合考虑各种注意的差别及其对决策的不同影响。这些研究不仅有助于完善注意影响决策的理论模型, 还有望为人类决策行为的研究开辟新的研究方向。

第四, DDM 和 aDDM 模型的部分假设有待进一步完善。首先, 现有关于 DDM 模型的研究通常从输入和输出之间的统计拟合推断基本序列抽样过程的合理性, 而不是直接通过眼球运动来检查该过程。其次, 偏好通常被假定为固定不变的, 并在决策任务之前进行测量, DDM 模型中的漂移率被归因于偏好信息的积累(Lee & Usher, 2023)。虽然这种简化可以有效描述习惯化的知觉决策, 但不利于将 DDM 模型应用于高自我卷入度的偏好

决策中。aDDM 模型通过将注意纳入选项主观价值的证据累积过程这推动了 DDM 模型的发展(Krajch et al., 2010), 但眼睛注视仍被认为是外因驱动的(Mormann & Russo, 2021)。有研究通过将选项被注视的概率表述为其累积值的对数函数, 这扩展了 aDDM 模型(Gluth et al., 2020)。最后, 虽然 aDDM 模型较好地量化了决策过程中视觉注意对选项选择证据累积率的影响(Gwinn et al., 2019; Pärnamets et al., 2015), 然而该模型的部分假设仍与相关实证研究结果存在相悖之处, 这提示未来研究需要进一步检验该模型假设的合理性以及对模型的部分假设进行适当修订。

参考文献

- 陈诗婷, 杨文登. (2023). 嗅觉影响社会判断与决策的作用与机制. *心理科学进展*, 31(10), 1899–1911.
- 黄元娜, 江程铭, 刘洪志, 李纾. (2023). 风险、跨期和空间决策的决策策略共享: 眼动和主观判断的证据. *心理学报*, 55(6), 994–1015.
- 刘洪志, 李兴珊, 李纾, 饶娜琳. (2022). 基于期望值最大化的理论何时失效: 风险决策中为自己-为所有人决策差异的眼动研究. *心理学报*, 54(12), 1517–1531.
- 刘洪志, 杨钊兰, 李秋月, 魏子晗. (2023). 跨期决策中的维度差异偏好: 眼动证据. *心理学报*, 55(4), 612–625.
- Amasino, D. R., Sullivan, N. J., Kranton, R. E., & Huettel, S. A. (2019). Amount and time exert independent influences on intertemporal choice. *Nature Human Behaviour*, 3(4), 383–392.
- Anders, R., Van Maanen, L., & Alario, F.-X. (2019). Multi-factor analysis in language production: Sequential sampling models mimic and extend regression results. *Cognitive Neuropsychology*, 36(5-6), 234–264.
- Bhatnagar, R., & Orquin, J. L. (2022). A meta-analysis on the effect of visual attention on choice. *Journal of Experimental Psychology: General*, 151(10), 2265–2283.
- Bigné, E., Ruiz-Mafé, C., & Badenes-Rocha, A. (2023). The influence of negative emotions on brand trust and intention to share cause-related posts: A neuroscientific study. *Journal of Business Research*, 157, 113628.
- Bornstein, R. F., & D'Agostino, P. R. (1992). Stimulus recognition and the mere exposure effect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 63(4), 545–552.
- Brady, W. J., Gantman, A. P., & Van Bavel, J. J. (2020). Attentional capture helps explain why moral and emotional content go viral. *Journal of Experimental Psychology: General*, 149(4), 746–756.
- Brüns, J. D., & Meissner, M. (2023). Show me that you are advertising: Visual salience of products attenuates detrimental effects of persuasion knowledge activation in influencer advertising. *Computers in Human Behavior*, 148, 107891.

- Callaway, F., Rangel, A., & Griffiths, T. L. (2021). Fixation patterns in simple choice reflect optimal information sampling. *Plos Computational Biology*, 17(3), e1008863.
- Carrasco, M. (2011). Visual attention: The past 25 years. *Vision Research*, 51(13), 1484–1525.
- Carrasco, M., & Barbot, A. (2019). Spatial attention alters visual appearance. *Current Opinion in Psychology*, 29, 56–64.
- Castagna, P. J., van Noordt, S., Sederberg, P. B., & Crowley, M. J. (2023). Modeling brain dynamics and gaze behavior: Starting point bias and drift rate relate to frontal midline theta oscillations. *NeuroImage*, 268, 119871.
- Cavanagh, J. F., Wiecki, T. V., Kochar, A., & Frank, M. J. (2014). Eye tracking and pupillometry are indicators of dissociable latent decision processes. *Journal of Experimental Psychology: General*, 143(4), 1476–1488.
- Cavanagh, S. E., Malalasekera, W. M. N., Miranda, B., Hunt, L. T., & Kennerley, S. W. (2019). Visual fixation patterns during economic choice reflect covert valuation processes that emerge with learning. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(45), 22795–22801.
- Chang, S., & Egeth, H. E. (2019). Enhancement and suppression flexibly guide attention. *Psychological Science*, 30(12), 1724–1732.
- Chang, S. H., Dube, B., Golomb, J. D., & Leber, A. B. (2023). Learned spatial suppression is not always proactive. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 49(7), 1031–1041.
- Chapman, A. F., Chunharas, C., & Störmer, V. (2023). Feature-based attention warps the perception of visual features. *Scientific Reports*, 13(1), 6487.
- Cheadle, S., Wyart, V., Tsetsos, K., Myers, N., de Gardelle, V., Castanon, S. H., & Summerfield, C. (2014). Adaptive gain control during human perceptual choice. *Neuron*, 81(6), 1429–1441.
- Chen, X. W., Xu, B., Chen, Y. Z., Zeng, X. Q., Zhang, Y., & Fu, S. M. (2023). Saliency affects attentional capture and suppression of abrupt-onset and color singleton distractors: Evidence from event-related potential studies. *Psychophysiology*, 60(8), e14290.
- Chun, M. M., Golomb, J. D., & Turk-Browne, N. B. (2011). A taxonomy of external and internal attention. *Annual Review of Psychology*, 62, 73–101.
- De Freitas, J., & Alvarez, G. A. (2018). Your visual system provides all the information you need to make moral judgments about generic visual events. *Cognition*, 178, 133–146.
- Effron, D. A. (2022). The moral repetition effect: Bad deeds seem less unethical when repeatedly encountered. *Journal of Experimental Psychology: General*, 151(10), 2562–2585.
- Eum, B., Dolbier, S., & Rangel, A. (2023). Peripheral visual information halves attentional choice biases. *Psychological Science*, 34(9), 984–998.
- Evans, N. J., Holmes, W. R., Dasari, A., & Trueblood, J. S. (2021). The impact of presentation order on attraction and repulsion effects in decision-making. *Decision*, 8(1), 36–54.
- Fisher, G. (2021). Intertemporal choices are causally influenced by fluctuations in visual attention. *Management Science*, 67(8), 4961–4981.
- Fontanesi, L., Gluth, S., Spektor, M. S., & Rieskamp, J. (2019). A reinforcement learning diffusion decision model for value-based decisions. *Psychonomic Bulletin & Review*, 26(4), 1099–1121.
- Galdo, M., Weichart, E. R., Sloutsky, V. M., & Turner, B. M. (2022). The quest for simplicity in human learning: Identifying the constraints on attention. *Cognitive Psychology*, 138, 101508.
- Gehrer, N. A., Zajenowska, A., Bodecka, M., & Schöenberg, M. (2021). Attention orienting to the eyes in violent female and male offenders: An eye-tracking study. *Biological Psychology*, 163, 108136.
- Ghaffari, M., & Fiedler, S. (2018). The power of attention: Using eye gaze to predict other-regarding and moral choices. *Psychological Science*, 29(11), 1878–1889.
- Glickman, M., & Usher, M. (2019). Integration to boundary in decisions between numerical sequences. *Cognition*, 193, 104022.
- Gluth, S., Hotaling, J. M., & Rieskamp, J. (2017). The attraction effect modulates reward prediction errors and intertemporal choices. *Journal of Neuroscience*, 37(2), 371–382.
- Gluth, S., Kern, N., Kortmann, M., & Vitali, C. L. (2020). Value-based attention but not divisive normalization influences decisions with multiple alternatives. *Nature Human Behaviour*, 4(6), 634–645.
- Gluth, S., Spektor, M. S., & Rieskamp, J. (2018). Value-based attentional capture affects multi-alternative decision making. *eLife*, 7, e39659.
- Gwinn, R., Leber, A. B., & Krajibich, I. (2019). The spillover effects of attentional learning on value-based choice. *Cognition*, 182, 294–306.
- Hamblin-Frohman, Z., Chang, S., Egeth, H., & Becker, S. I. (2022). Eye movements reveal the contributions of early and late processes of enhancement and suppression to the guidance of visual search. *Attention Perception & Psychophysics*, 84(6), 1913–1924.
- He, L. S., Wall, D., Reeck, C., & Bhatia, S. (2023). Information acquisition and decision strategies in intertemporal choice. *Cognitive Psychology*, 142, 101562.
- Hedger, N., & Chakrabarti, B. (2021). Autistic differences in the temporal dynamics of social attention. *Autism*, 25(6), 1615–1626.
- Heffernan, E. M., Adema, J. D., & Mack, M. L. (2021). Identifying the neural dynamics of category decisions with computational model-based functional magnetic resonance imaging. *Psychonomic Bulletin & Review*, 28(5), 1638–1647.
- Hirnas, A., & Engelmann, J. B. (2023). Impulsiveness moderates the effects of exogenous attention on the sensitivity to

- gains and losses in risky lotteries. *Journal of Economic Psychology*, 95, 102600.
- Huber, J., Payne, J. W., & Puto, C. P. (1982). Adding asymmetrically dominated alternatives: Violations of regularity and the similarity hypothesis. *Journal of Consumer Research*, 9(1), 90–98.
- Ito, T., Wu, D. A., Marutani, T., Yamamoto, M., Suzuki, H., Shimojo, S., & Matsuda, T. (2014). Changing the mind? Not really—activity and connectivity in the caudate correlates with changes of choice. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 9(10), 1546–1551.
- Jangard, S., Lindström, B., Khemiri, L., Pärnamets, P., Jayaram-Lindström, N., & Olsson, A. (2022). Alcohol use disorder displays trait-related reductions in prosocial decision making. *Biological Psychiatry: Cognitive Neuroscience and Neuroimaging*, 7(9), 925–934.
- Konkle, T., & Alvarez, G. A. (2022). A self-supervised domain-general learning framework for human ventral stream representation. *Nature Communications*, 13(1), 491.
- Krajibich, I. (2019). Accounting for attention in sequential sampling models of decision making. *Current Opinion in Psychology*, 29, 6–11.
- Krajibich, I., Armel, C., & Rangel, A. (2010). Visual fixations and the computation and comparison of value in simple choice. *Nature Neuroscience*, 13(10), 1292–1298.
- Krajibich, I., Mitsumasu, A., Polania, R., Ruff, C. C., & Fehr, E. (2021). A causal role for the right frontal eye fields in value comparison. *eLife*, 10, e67477.
- Lee, D. G., & Usher, M. (2023). Value certainty in drift-diffusion models of preferential choice. *Psychological Review*, 130(3), 790–806.
- Liao, J. J., Chen, Y. J., Lin, W. J., & Mo, L. (2021). The influence of distance between decoy and target on context effect: Attraction or repulsion? *Journal of Behavioral Decision Making*, 34(3), 432–447.
- Liu, H. Z., Lyu, X. K., Wei, Z. H., Mo, W. L., Luo, J. R., & Su, X. Y. (2020). Exploiting the dynamics of eye gaze to bias intertemporal choice. *Journal of Behavioral Decision Making*, 34(3), 419–431.
- Liu, H. Z., Zhou, Y. B., Wei, Z. H., & Jiang, C. M. (2020). The power of last fixation: Biasing simple choices by gaze-contingent manipulation. *Acta Psychologica*, 208, 103106.
- Marini, M., Ansani, A., & Paglieri, F. (2020). Attraction comes from many sources: Attentional and comparative processes in decoy effects. *Judgment and Decision Making*, 15(5), 704–726.
- Martinovici, A., Pieters, R., & Erdem, T. (2023). Attention trajectories capture utility accumulation and predict brand choice. *Journal of Marketing Research*, 60(4), 625–645.
- McColeman, C., Barnes, J., Chen, L., Meier, K., Walshe, R., & Blair, M. (2014). Learning-induced changes in attentional allocation during categorization: A sizable catalog of attention change as measured by eye movements. *PLoS One*, 9(1), e83302.
- Mohn, J. L., Downer, J. D., O'Connor, K. N., Johnson, J. S., & Sutter, M. L. (2021). Choice-related activity and neural encoding in primary auditory cortex and lateral belt during feature selective attention. *Journal of Neurophysiology*, 125(5), 1920–1937.
- Molter, F., Thomas, A. W., Huettel, S. A., Heekeren, H. R., & Mohr, P. N. C. (2022). Gaze-dependent evidence accumulation predicts multi-alternative risky choice behaviour. *PLoS Computational Biology*, 18(7), e1010283.
- Montoya, R. M., Horton, R. S., Vevea, J. L., Citkowitz, M., & Lauber, E. A. (2017). A re-examination of the mere exposure effect: The influence of repeated exposure on recognition, familiarity, and liking. *Psychological Bulletin*, 143(5), 459–498.
- Mormann, M., & Russo, J. E. (2021). Does attention increase the value of choice alternatives? *Trends in Cognitive Sciences*, 25(4), 305–315.
- Newell, B. R., & Pelley, M. E. L. (2018). Perceptual but not complex moral judgments can be biased by exploiting the dynamics of eye gaze. *Journal of Experimental Psychology: General*, 147(3), 409–417.
- Nguyen, Q. N., & Reinagel, P. (2022). Different forms of variability could explain a difference between human and rat decision making. *Frontiers in Neuroscience*, 16, 794681.
- Nosofsky, R. M., & Hu, M. J. (2023). Category structure and region-specific selective attention. *Memory & Cognition*, 51(4), 915–929.
- Nuiten, S. A., De Gee, J. W., Zantvoord, J. B., Fahrenfort, J. J., & van Gaal, S. (2023). Catecholaminergic neuromodulation and selective attention jointly shape perceptual decision-making. *eLife*, 12, RP87022.
- O'Connell, R. G., & Kelly, S. P. (2021). Neurophysiology of human perceptual decision-making. *Annual Review of Neuroscience*, 44(1), 495–516.
- Omyan, S., Mazidi, M., & Khatibi, A. (2023). Selective attention to pain and empathy: Studying frequent blood donors. *Brain and Behavior*, 13(1), e2841.
- Orquin, J. L., Lahm, E. S., & Stojić, H. (2021). The visual environment and attention in decision making. *Psychological Bulletin*, 147(6), 597–617.
- Palacios-Ibáñez, A., Marín-Morales, J., Contero, M., & Alcañiz, M. (2023). Predicting decision-making in virtual environments: An eye movement analysis with household products. *Applied Sciences*, 13(12), 7124.
- Pärnamets, P., Johansson, P., Hall, L., Balkenius, C., Spivey, M. J., & Richardson, D. C. (2015). Biasing moral decisions by exploiting the dynamics of eye gaze. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112(13), 4170–4175.
- Perkovic, S., Schoemann, M., Lagerkvist, C. J., & Orquin, J. L. (2023). Covert attention leads to fast and accurate decision-making. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 29(1), 78–94.
- Pleskac, T. J., Yu, S. L., Grunevski, S., & Liu, T. S. (2023). Attention biases preferential choice by enhancing an

- option's value. *Journal of Experimental Psychology: General*, 152(4), 993–1010.
- Rangelov, D., & Mattingley, J. B. (2020). Evidence accumulation during perceptual decision-making is sensitive to the dynamics of attentional selection. *NeuroImage*, 220, 117093.
- Ratcliff, R. (1978). A theory of memory retrieval. *Psychological Review*, 85(2), 59–108.
- Ratcliff, R., & Smith, P. L. (2004). A comparison of sequential sampling models for two-choice reaction time. *Psychological Review*, 111(2), 333–367.
- Rhiling, J. P., Xu, C. L. X., & Rose, N. S. (2023). Are irrelevant items actively deleted from visual working memory?: No evidence from repulsion and attraction effects in dual-retrocue tasks. *Attention Perception & Psychophysics*, 85(5), 1499–1516.
- Rich, A. S., & Gureckis, T. M. (2018). The limits of learning: Exploration, generalization, and the development of learning traps. *Journal of Experimental Psychology: General*, 147(11), 1553–1570.
- Roberts, I. D., & Hutcherson, C. A. (2019). Affect and decision making: Insights and predictions from computational models. *Trends in Cognitive Sciences*, 23(7), 602–614.
- Roberts, I. D., Teoh, Y. Y., & Hutcherson, C. A. (2022). Time to pay attention? Information search explains amplified framing effects under time pressure. *Psychological Science*, 33(1), 90–104.
- Rose, L., Kovarski, K., Caetta, F., Makowski, D., & Chokron, S. (2024). Beyond empathy: Cognitive capabilities increase or curb altruism in middle childhood. *Journal of Experimental Child Psychology*, 239, 105810.
- Rosner, A., Schaffner, M., & von Helversen, B. (2022). When the eyes have it and when not: How multiple sources of activation combine to guide eye movements during multiattribute decision making. *Journal of Experimental Psychology: General*, 151(6), 1394–1418.
- Saito, T., Motoki, K., Nouchi, R., & Sugiura, M. (2023). Facilitating animacy perception by manipulating stimuli exposure time. *Frontiers in Psychology*, 13, 1017685.
- Sharma, S. N., & Khan, A. (2022). Self-other differences in intertemporal decision making: An eye-tracking investigation. *Consciousness and Cognition*, 102, 103356.
- Shevlin, B. R. K., & Krajbich, I. (2021). Attention as a source of variability in decision-making: Accounting for overall-value effects with diffusion models. *Journal of Mathematical Psychology*, 105, 102594.
- Shevlin, B. R. K., Smith, S. M., Hausfeld, J., & Krajbich, I. (2022). High-value decisions are fast and accurate, inconsistent with diminishing value sensitivity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 119(6), e2101508119.
- Shimojo, S., Simion, C., Shimojo, E., & Scheier, C. (2003). Gaze bias both reflects and influences preference. *Nature Neuroscience*, 6(12), 1317–1322.
- Smith, P. L., & Lilburn, S. D. (2020). Vision for the blind: Visual psychophysics and blinded inference for decision models. *Psychonomic Bulletin & Review*, 27(5), 882–910.
- Smith, S. M., & Krajbich, I. (2018). Attention and choice across domains. *Journal of Experimental Psychology: General*, 147(12), 1810–1826.
- Smith, S. M., & Krajbich, I. (2019). Gaze amplifies value in decision making. *Psychological Science*, 30(1), 116–128.
- Spektor, M. S., Bhatia, S., & Gluth, S. (2021). The elusiveness of context effects in decision making. *Trends in Cognitive Sciences*, 25(10), 844–857.
- Spektor, M. S., Kellen, D., & Hotaling, J. M. (2018). When the good looks bad: An experimental exploration of the repulsion effect. *Psychological Science*, 29(8), 1309–1320.
- Spektor, M. S., Kellen, D., & Klauer, K. C. (2022). The repulsion effect in preferential choice and its relation to perceptual choice. *Cognition*, 225, 105164.
- Spering, M. (2022). Eye movements as a window into decision-making. *Annual Review of Vision Science*, 8, 427–448.
- Stephensen, M. B., Schulze, C., Landro, M., Hendrikx, J., & Hetland, A. (2021). Should I judge safety or danger? Perceived risk depends on the question frame. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 27(3), 485–502.
- Stojić, H., Orquin, J. L., Dayan, P., Dolan, R. J., & Speekenbrink, M. (2020). Uncertainty in learning, choice, and visual fixation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 117(6), 3291–3300.
- Sullivan, N. J., & Huettel, S. A. (2021). Healthful choices depend on the latency and rate of information accumulation. *Nature Human Behaviour*, 5(12), 1698–1706.
- Teigen, K. H. (2023). Dimensions of uncertainty communication: What is conveyed by verbal terms and numeric ranges. *Current Psychology*, 42(33), 29122–29137.
- Teoh, Y. Y., & Hutcherson, C. A. (2022). The games we play: Prosocial choices under time pressure reflect context-sensitive information priorities. *Psychological Science*, 33(9), 1541–1556.
- Teoh, Y. Y., Yao, Z., Cunningham, W. A., & Hutcherson, C. A. (2020). Attentional priorities drive effects of time pressure on altruistic choice. *Nature Communications*, 11(1), 3534.
- Thomas, A. W., Molter, F., Krajbich, I., Heekeren, H. R., & Mohr, P. N. C. (2019). Gaze bias differences capture individual choice behaviour. *Nature Human Behaviour*, 3(6), 625–635.
- Tsai, S. Y., Nasemann, J., Qiu, N., Töllner, T., Müller, H. J., & Shi, Z. H. (2023). Little engagement of attention by salient distractors defined in a different dimension or modality to the visual search target. *Psychophysiology*, 60(12), e14375.
- van Moorselaar, D., Huang, C. R., & Theeuwes, J. (2023). Electrophysiological indices of distractor processing in visual search are shaped by target expectations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 35(6), 1032–1044.
- Vanunu, Y., Hotaling, J. M., Le Pelley, M. E., & Newell, B. R. (2021). How top-down and bottom-up attention

- modulate risky choice. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118(39), e2025646118.
- Wang, B., & Theeuwes, J. (2020). Salience determines attentional orienting in visual selection. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 46(10), 1051–1057.
- Wedel, M., Pieters, R., & van der Lans, R. (2023). Modeling eye movements during decision making: A review. *Psychometrika*, 88(2), 697–729.
- Wei, Z.-H., Liang, Y., Liang, C.-J., & Liu, H.-Z. (2023). Information search processing affects social decisions. *Journal of Behavioral Decision Making*, 36(5), e2352.
- Weichart, E. R., Galdo, M., Sloutsky, V., & Turner, B. (2022). As within, so without, as above, so below: Common mechanisms can support between- and within-trial category learning dynamics. *Psychological Review*, 129(5), 1104–1143.
- Weilbacher, R. A., Krajbich, I., Rieskamp, J., & Gluth, S. (2021). The influence of visual attention on memory-based preferential choice. *Cognition*, 215, 104804.
- Westbrook, A., van den Bosch, R., Määttä, J. I., Hofmans, L., Papadopetraki, D., Cools, R., & Frank, M. J. (2020). Dopamine promotes cognitive effort by biasing the benefits versus costs of cognitive work. *Science*, 367(6484), 1362–1366.
- Wolf, A., Ounjai, K., Takahashi, M., Kobayashi, S., Matsuda, T., & Lauwereyns, J. (2019). Evaluative processing of food images: Longer viewing for indecisive preference formation. *Frontiers in Psychology*, 10, 608.
- Wong, R. S. (2023). An experimental investigation of attribute framing effects on risky sourcing behaviour: The mediating role of attention allocated to suppliers' quality information. *International Journal of Operations & Production Management*, 43(13), 205–225.
- Yang, X. Z., & Krajbich, I. (2023). A dynamic computational model of gaze and choice in multi-attribute decisions. *Psychological Review*, 130(1), 52–70.
- Yu, X., Johal, S. K., & Geng, J. J. (2022). Visual search guidance uses coarser template information than target-match decisions. *Attention Perception & Psychophysics*, 84(5), 1432–1445.
- Zajonc, R. B. (1968). Attitudinal effects of mere exposure. *Journal of Personality and Social Psychology*, 9(2), 1–27.
- Zhou, X., Hao, Y., Xu, S., & Zhang, Q. (2023). Statistical learning of target location and distractor location rely on different mechanisms during visual search. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 85(2), 342–365.
- Zhou, Y.-B., Li, Q., & Liu, H.-Z. (2021). Visual attention and time preference reversals. *Judgement and Decision Making*, 16(4), 1010–1038.
- Zhu, T. Y. (2022). Accounting for the last-sampling bias in perceptual decision-making. *Cognition*, 223, 105049.
- Zilker, V. (2022). Stronger attentional biases can be linked to higher reward rate in preferential choice. *Cognition*, 225, 105095.
- Zilker, V., & Pachur, T. (2023). Attribute attention and option attention in risky choice. *Cognition*, 236, 105441.

The impact of visual attention on decision-making and its mechanisms

ZHANG Xiangyi, WU Yilin

(Department of Psychology, School of Educational Science, Hunan Normal University, Changsha 410081, China)

Abstract: Visual attention, which is a mechanism of information selection and cognitive resource allocation, is not only the basis of information processing and cognitive functions, but also an important condition for accomplishing various social behaviors. Numerous studies have confirmed that visual attention affects individual decision-making preferences. On the basis of a comprehensive review of previous studies, this article sorts out the effects of visual attention on perceptual decision-making, preferential decision-making and other social decision-making. Moreover, it first summarizes and discusses four hypotheses: the mere exposure effect, the gaze cascade hypothesis, the sequential sampling model, and the adaptive attention representation model. Based on this, this article has explained the role of visual attention in these three kinds of decision-making. Finally, four prospects are proposed: future studies should (a) consider setting options with different degrees of preference differences, (b) examine moderating factors in decision-making situations or visual environments, (c) consider the roles of other forms of attention in decision-making, and (d) explore the mechanisms of the sequential sampling model further in order to deepen the understanding of the effects of visual attention on decision-making and its mechanisms.

Keywords: visual attention, perceptual decision-making, preferential decision-making, social decision-making, drift diffusion model