

# 干扰物特征统计规则对注意选择的影响

刘雅琪<sup>1</sup>, 吴瑕<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>天津师范大学心理学部, 天津

<sup>2</sup>教育部人文社会科学重点研究基地天津师范大学心理与行为研究院, 天津

<sup>3</sup>学生心理发展与学习天津市高校社会科学实验室, 天津

收稿日期: 2024年3月14日; 录用日期: 2024年4月16日; 发布日期: 2024年4月26日

## 摘要

视觉注意系统在视觉搜索过程中能有效地提取并利用基于特征的统计规则来分配注意资源。本研究在视觉搜索任务中, 通过统一目标和干扰物定义的维度, 并将目标定义为形状和颜色两种维度, 考察不同维度属性的统计规则对目标选择和干扰物抑制的影响。结果发现: 颜色维度下, 随着时间的进行, 被试在高概率条件下的反应显著快于低概率条件, 产生了统计规则的影响; 形状维度下, 高低概率之间没有显著差异。研究结果表明: 当目标和干扰物为同一维度定义时, 基于干扰物颜色特征的统计规则会对注意选择产生影响, 可以几乎将对独特干扰物的注意捕获抵消, 而统计规则对形状维度则很难产生影响。结果说明视觉系统可以利用复杂的规律来优化认知资源的分配, 且颜色维度的统计规则影响更大。

## 关键词

统计规则, 注意选择, 维度

# The Impact of Statistical Regularities of Distractor Features on Attentional Selection

Yaqi Liu<sup>1</sup>, Xia Wu<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Psychology, Tianjin Normal University, Tianjin

<sup>2</sup>Key Research Base of Humanities and Social Sciences of Ministry of Education, Academy of Psychology and Behavior, Tianjin Normal University, Tianjin

<sup>3</sup>Tianjin Social Science Laboratory of Students' Mental Development and Learning, Tianjin

Received: Mar. 14<sup>th</sup>, 2024; accepted: Apr. 16<sup>th</sup>, 2024; published: Apr. 26<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

The visual attention system effectively extracts and utilizes statistical regularities based on fea-

文章引用: 刘雅琪, 吴瑕(2024). 干扰物特征统计规则对注意选择的影响. *心理学进展*, 14(4), 484-492.

DOI: 10.12677/ap.2024.144243

tures to efficiently allocate attentional resources during the process of visual search. In the present study we standardized the dimensions of target and distractor definitions within a visual search task, defining the target in terms of both shape and color. We concurrently investigated the impact of statistical regularities on target selection and distractor suppression, while exploring the differences in attributes across distinct dimensions. The results revealed that, in terms of color dimension, participants exhibited significantly faster response under high-probability conditions compared to low-probability conditions over time, indicating the influence of statistical regularities. Conversely, no significant difference was observed between high and low probabilities under the shape dimension. These findings suggest that when target and distractor are defined within the same dimension, statistical regularities based on color features of distractors exert an influence on attentional selection, nearly negating the attentional capture by unique distractors. However, statistical regularities exert minimal influence on the shape dimension. The results suggest that the visual system can utilize complex regularities to optimize the allocation of cognitive resources, with a greater impact of statistical regularities in the color dimension.

## Keywords

Statistical Regularities, Attentional Selection, Dimension

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

在日常生活中,充斥着各种各样的视觉刺激,由于可用的认知资源有限(Broadbent, 1958; Lennie, 2003),我们需要根据当前任务的要求,选择性地关注特定的刺激,同时忽略其他不相关的信息。传统观点认为,注意选择受到两个加工过程的影响,一个是由我们的目标和意图引起的自上而下的加工过程(top-down control) (Leber & Egeth, 2006),另一个是由刺激显著性驱动的自下而上的加工过程(Theeuwes, 2010)。然而,有研究表明,注意选择除了受到自下而上刺激驱动或自上而下目标驱动的影响外,还受到统计规则带来的选择历史的影响(Awh et al., 2012; Failing & Theeuwes, 2018; Theeuwes, 2018)。例如,课上的知识重点老师会多次强调,非重点则一带而过。于是某些知识会被高频提及的规则能帮助个体关注知识重点,忽略非重点。这种在环境中隐含的刺激呈现的规律信息即统计规则(statistical regularity) (张帆等, 2021)。它能有效帮助我们分配注意资源,使行为收益最大化。因此,探究统计规律如何影响我们的注意力分配和认知加工,对于改善个体的注意力控制能力、设计更有效的教育和工作环境等方面具有重要意义。

注意受到干扰物统计规则的影响(Failing & Theeuwes, 2020; Ferrante et al., 2018; Wang & Theeuwes, 2018b, 2018a)。改变干扰物位置的统计规则,会影响被试的视觉搜索表现。例如, Wang 和 Theeuwes (2018b) 的实验中,要求被试搜索特定形状的刺激(菱形中搜索圆形),并忽略一个颜色独特的干扰物,该独特干扰物呈现在某一特定位置的比例是 65% (高概率干扰物位置),呈现在其他位置的概率为 35% (低概率干扰物位置)。结果发现,干扰物在高概率位置呈现时,被试的反应时显著变快。说明相对于其他位置,高概率位置的独特干扰物更容易被抑制。除了有基于干扰物位置的统计规则对注意选择的影响,还有基于干扰物特征的统计规则也会影响注意选择(Failing et al., 2019; Stilwell et al., 2019; Vatterott et al., 2018; 张帆等, 2021)。干扰物特征的统计规则指干扰物刺激特征(颜色、大小、形状等)所隐含的规则信息。个体可

以学习这些统计规则, 减少其对搜索目标的干扰, 影响注意选择。例如, Stilwell 等(2019)的实验中, 要求被试搜索特定形状的刺激(如菱形中搜索圆形), 并忽略一个颜色独特的干扰物, 颜色独特的干扰物为某一特定颜色的比例是 65% (高概率干扰物颜色), 为其他干扰物颜色的概率为 35% (低概率干扰物颜色)。结果发现, 当干扰物为高概率颜色时, 被试的反应更快。因此基于干扰物特征的统计规则也会影响注意选择。

然而, 基于干扰物特征统计规则的研究在目标和独特干扰物定义的维度上是存在差异的。具体来说, 以往研究中, 目标一般定义为与干扰物不同的形状, 如目标是圆形中的菱形, 独特干扰物则是在颜色上与目标不同, 如独特干扰物是绿色圆形中的红色圆形(Gaspelin et al., 2015; Failing et al., 2019; Stilwell et al., 2019; Vatterott et al., 2018)。虽发现了基于干扰物特征统计规则对注意选择的影响, 但是对统计规则的学习是基于干扰物维度的。而不同维度特征通路的加工是相互独立的, 对颜色特征的注意激活舌回(Lingual gyrus)和背外侧枕叶皮质(Dorsolateral Occipital Cortex)中的双侧纹外皮质, 而对形状特征的注意激活舌回(LG)、梭状回(Fusiform Gyrus)、海马旁回(Parahippocampal Cortex)以及颞上沟(superior temporal sulcus)周围的颞叶皮层(Clark et al., 1997; Corbetta et al., 1990; Wei et al., 2023)。此外, 形状被认为是对注意的引导效力要差一些的维度, 还有一些维度被认为对注意有绝对引导属性, 如颜色(Wolfe & Horowitz, 2017)。以往研究中在目标和干扰物同维度下对统计规则的考察在形状维度(Kim et al., 2023), 对于统计规则在其他引导属性维度中的影响以及不同维度之间的差异尚不清楚。因此, 统一目标和干扰物定义的维度, 同时考察统计规则对目标选择和干扰物抑制的影响, 并探究不同维度属性的差异是本研究的主要目的。

本研究通过统一目标和干扰物定义的维度, 并将目标定义为形状和颜色两种维度, 同时考察统计规则对目标选择和干扰物抑制的影响, 并探究不同维度属性的差异。采用 2 (搜索维度: 形状、颜色)  $\times$  3 (独特干扰物呈现条件: 不呈现、高概率呈现、低概率呈现) 被试内设计。改变独特干扰物的颜色和形状的统计规则, 搜索颜色定义的目标时, 独特干扰物中的一个颜色为高概率颜色, 另一个颜色为低概率颜色, 同理, 搜索形状定义的目标时, 独特干扰物也分为高概率形状和低概率形状。如果同维度干扰物特征统计规则会影响注意选择, 则预期相比于独特干扰物为低概率特征, 独特干扰物为高概率特征时, 更容易被抑制。同时, 预期颜色和形状维度统计规则引起的注意选择差异的强度不同。

## 2. 方法

### 2.1. 被试

招募 29 名天津某高校在校学生(14 男, 15 女, 平均年龄  $20.5 \pm 1.6$  岁), 所有被试视力正常或矫正视力正常。实验开始之前签署知情同意书并在实验结束之后获得报酬。实验通过伦理委员会审查。

### 2.2. 设备与实验刺激

实验程序使用 E-prime 2.0 编制, 呈现在 14 英寸的电脑屏幕上, 屏幕分辨率为  $1920 \times 1080$ , 刷新频率为 60 Hz。被试眼睛与屏幕中心的距离为 65 cm。

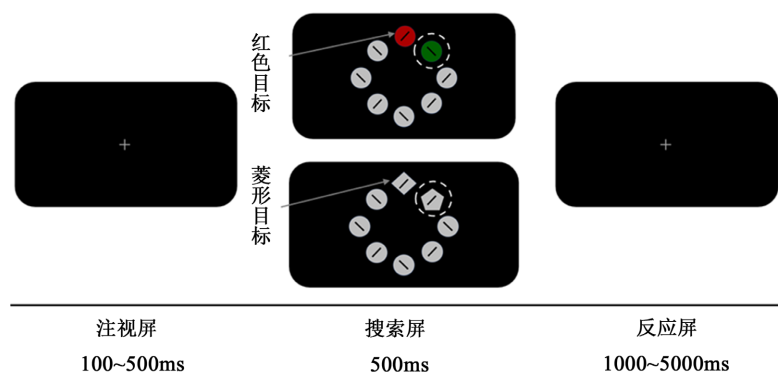
搜索序列呈现在黑色(RGB: [0, 0, 0])背景上, 目标和 7 个干扰物均匀地分布在以灰色注视点为圆心的虚拟的圆上(直径:  $4^\circ$ ), 每个刺激中央会有随机向左或向右偏转  $45^\circ$  的黑色线段, 要求被试既快又准地对目标中线段的偏转方向(左或右)进行判断。

实验分为两个组块, 在形状组块中, 所有刺激颜色均为灰色(RGB: [102, 101, 92],  $13 \text{ cd/m}^2$ , CIE 色度图位置:  $x = 0.321, y = 0.34$ )。普通干扰物均为圆形(直径  $0.9^\circ$ ), 目标随机为正方形( $0.8^\circ \times 0.8^\circ$ )或菱形( $1^\circ \times 1^\circ$ )。独特干扰物为与目标和其他干扰物不同的另外四种形状, 例如, 目标为菱形时, 独特干扰物为

正方形、正三角形( $0.9^\circ \times 0.9^\circ$ )、正五边形( $0.9^\circ \times 0.9^\circ$ )和正六边形( $0.8^\circ \times 0.8^\circ$ ), 其他干扰物为圆形。在颜色组块中, 所有刺激形状均为圆形, 普通干扰物均为灰色, 目标随机为红色(RGB: [205, 0, 0],  $13 \text{ cd/m}^2$ , CIE 色度图位置:  $x = 0.64, y = 0.33$ )或绿色(RGB: [0, 118, 0],  $13 \text{ cd/m}^2$ , CIE 色度图位置:  $x = 0.300, y = 0.600$ ), 在整个组块中保持不变。独特干扰物为与目标和其他干扰物不同的四种颜色, 例如, 目标为红色时, 独子干扰物可能为绿色、蓝色(RGB: [0, 80, 255],  $13 \text{ cd/m}^2$ , CIE 色度图位置:  $x = 0.161, y = 0.100$ )、黄色(RGB: [133, 94, 0],  $15.8 \text{ cd/m}^2$ , CIE 色度图位置:  $x = 0.481, y = 0.457$ )和紫色(RGB: [142, 74, 155],  $13 \text{ cd/m}^2$ , CIE 色度图位置:  $x = 0.300, y = 0.200$ ), 其他干扰物均为灰色。形状和颜色组块的顺序在被试间平衡。

### 2.3. 实验流程

实验流程如图 1 所示, 首先屏幕中央呈现 100~500 ms 的灰色十字, 之后呈现搜索序列, 要求被试既准又快地对目标中央线段朝向(左或右)进行按键判断, 持续 500 ms, 之后搜索序列消失, 反应屏出现 1000~1500 ms。实验开始之后, 独特干扰物会随机呈现在与目标不同的位置上。1/3 的试次不呈现独特干扰物, 2/3 的试次呈现独特干扰物, 呈现独特的试次中, 50%试次的独特干扰物为一种形状或形状(即高概率特征, 占总试次的 1/3), 另 50%的试次为其他三种形状或颜色, 共占总试次的 1/3 (即低概率特征, 各占总试次的 1/9)且高概率特征在被试间随机。每个被试在正式实验开始之前练习 20 个试次且正确率达到 90%以上, 目的是让被试熟悉实验任务和实验中呈现的不同形状的刺激。正式实验中两个组块下各 360 个试次, 其中 120 个试次不呈现独特干扰物, 120 个试次呈现高概率独特干扰物, 120 个试次出现低概率独特干扰物。一个组块试次呈现完毕后, 再呈现另一组块, 总时长约 30 分钟。



**Figure 1.** Experimental flowchart. Participants are required to search for targets of a specific color (such as red) or shape (such as diamond) and make a judgment on the orientation of the internal line segment quickly and accurately. Unique distractors (such as green or pentagon) will appear on the search screen at the same time

**图 1.** 实验流程图。要求被试搜索特定颜色(如红色)或形状(如菱形)的目标, 并既快又准地对其内部的线段朝向做出判断。搜索屏同时会出现独特分心物(如绿色、五边形)

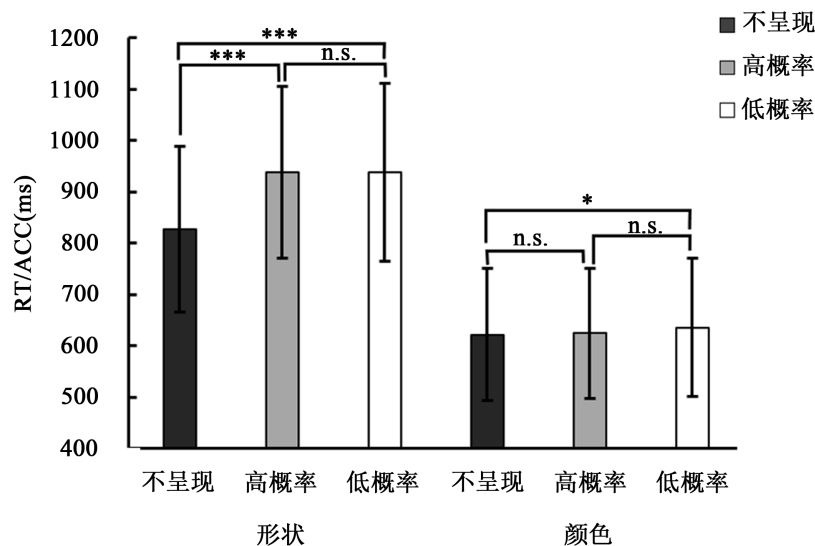
### 2.4. 实验设计

采用 2 (搜索维度: 形状 vs. 颜色)  $\times$  3 (独特干扰物呈现条件: 不呈现 vs. 高概率呈现 vs. 低概率呈现) 被试内设计。以反应速度(RT)和准确性(ACC)之间的平衡情况 IES (RT/ACC)为因变量, IES 越大, 表现越差。同时, 采用贝叶斯因子(Bayes Factor, 简称 BF)分析方法对实验数据进行处理,  $BF_{10}$  指的是数据支持备择假设( $H_1$ )而非零假设( $H_0$ )的程度。例如,  $BF_{10} = N$  表示的是, 在备择假设  $H_1$  条件下出现当前数据的可能性是虚无假设  $H_0$  条件下出现当前数据的可能性的  $N$  倍。如果  $BF_{10}$  的值大于 1, 表示数据更倾向于支持备择假设; 如果值小于 1, 则表示数据倾向于支持零假设。

### 3. 结果

剔除错误试次(7.73%)及反应时在3个标准差以外的试次(0.92%)。对不同条件下的IES进行2(搜索维度:形状、颜色)×3(独特干扰物呈现条件:不呈现、高概率呈现、低概率呈现)的重复测量方差分析。结果显示搜索维度主效应显著,  $F(1, 28) = 90.99, p < 0.001, \eta^2 = 0.765$ 。颜色维度的IES ( $627.26 \pm 28$  ms)显著小于形状维度( $901.26 \pm 44$  ms)。说明相对于形状维度,颜色的注意选择具有优势。独特干扰物呈现条件主效应显著,  $F(2, 56) = 25.314, p < 0.001, \eta^2 = 0.475$ 。独特干扰物不呈现条件被试的IES ( $724.57 \pm 33$  ms)显著小于高概率( $781.24 \pm 33$  ms)和低概率条件( $786.97 \pm 37$  ms),  $p_s < 0.001$ 。高低概率之间无显著差异,  $p = 0.579, BF_{10} = 0.167$ , 这是较强的证据支持了零假设。

更重要的是,搜索维度和独特干扰物呈现条件交互作用显著,  $F(2, 56) = 18.94, p < 0.001, \eta^2 = 0.403$ 。进一步对不同搜索维度下的反应时结果进行简单效应分析,如图2所示,当搜索形状维度时,独特干扰物不呈现条件下被试的IES ( $827.35 \pm 41$  ms)显著小于高概率条件( $938.26 \pm 45$  ms)和低概率条件( $938.17 \pm 50$  ms),  $p_s < 0.001$ ; 高低概率之间无显著差异,  $p = 0.996, BF_{10} = 0.197$ 。当搜索颜色维度时,独特干扰物不呈现条件的IES ( $621.80 \pm 28$  ms)显著小于低概率条件( $635.77 \pm 30$  ms),  $p = 0.021$ ; 与高概率条件( $624.22 \pm 26$  ms)无显著差异,  $p = 0.673, BF_{10} = 0.215$ ; 高低概率之间无显著差异,  $p = 0.056, BF_{10} = 1.102$ 。



注: \*\*\*  $p < 0.001$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*  $p < 0.05$ , n.s.  $p > 0.05$ 。

**Figure 2.** Under the statistical rule conditions of different search dimensions (shape and color), the reaction time of target recognition is shown, with error bars representing standard deviation

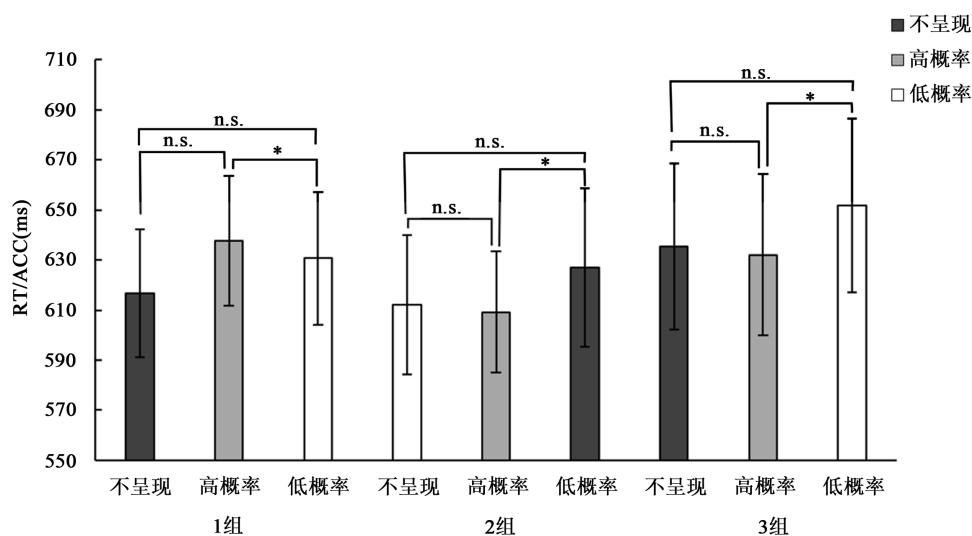
**图 2.** 不同搜索维度(形状和颜色)统计规则条件下目标识别反应时, 误差线为标准差

为考察对分心物的抑制能力随着时间进程的变化,将所有试次按照实验进程的时间顺序分成3组,对形状维度和颜色维度的反应时分别进行3(独特干扰物呈现条件:不呈现、高概率呈现、低概率呈现)×3(时间进程:1组、2组、3组)重复测量方差分析。结果发现,搜索形状维度时,时间进程主效应显著,  $F(3, 90) = 6.655, p = 0.001, \eta^2 = 0.182$ 。随着实验的进行,被试的反应逐渐变快,第1组的IES ( $970.64 \pm 61$  ms)显著小于第2组( $893.88 \pm 42$  ms),  $p = 0.008$ ; 同时小于第3组( $853.34 \pm 37$  ms),  $p = 0.003$ ; 第2组的IES ( $893.88 \pm 42$  ms)显著大于第3组( $853.34 \pm 37$  ms),  $p = 0.028$ 。独特干扰物呈现条件主效应显著,  $F(2, 60) = 46.704, p < 0.001, \eta^2 = 0.609$ 。两者的交互作用不显著,  $F(6, 180) = 1.281, p = 0.282, \eta^2 = 0.041$ 。交互作用的贝叶斯因子  $BF_{10} = 0.064$ 。这是较强的证据支持了零假设,即不同时间段下,不同独特干扰物呈现条件无显著差异。

搜索颜色维度时, 时间进程主效应显著,  $F(3, 90) = 3.912$ ,  $p = 0.017$ ,  $\eta^2 = 0.115$ 。随着实验的进行, 被试的反应逐渐变快, 第1组的 IES ( $628.42 \pm 25$  ms) 和第2组 ( $616.09 \pm 28$  ms) 的 IES 无显著差异,  $p = 0.356$ ; 与第3组 ( $639.76 \pm 33$  ms) 也无显著差异,  $p = 0.452$ ; 第2组的 IES ( $616.09 \pm 28$  ms) 显著小于第3组 ( $639.76 \pm 33$  ms),  $p = 0.007$ 。独特干扰物呈现条件主效应显著,  $F(2, 60) = 7.778$ ,  $p = 0.001$ ,  $\eta^2 = 0.206$ 。

交互作用显著,  $F(6, 180) = 3.302$ ,  $p = 0.004$ ,  $\eta^2 = 0.099$ 。进一步简单效应检验, 如图3所示, 第1组时, 独特干扰物不呈现的 IES ( $616.77 \pm 26$  ms) 与高概率条件 ( $637.75 \pm 26$  ms) 无显著差异,  $p = 0.218$ ; 与低概率条件 ( $630.74 \pm 27$  ms) 也无显著差异,  $p = 0.737$ ; 低概率条件的 IES ( $630.74 \pm 27$  ms) 显著小于高概率 ( $637.75 \pm 26$  ms),  $p = 0.021$ 。

第2组时, 独特干扰物不呈现的 IES ( $612.09 \pm 28$  ms) 与高概率条件 ( $609.25 \pm 24$  ms) 无显著差异,  $p = 0.223$ ; 与低概率条件 ( $626.94 \pm 32$  ms) 也无显著差异,  $p = 0.806$ ; 高概率条件 ( $609.25 \pm 24$  ms) 显著小于低概率 ( $626.94 \pm 32$  ms),  $p = 0.017$ 。第3组和第2组结果类似, 独特干扰物不呈现的 IES ( $635.37 \pm 33$  ms) 与高概率条件 ( $632.111 \pm 32$  ms) 无显著差异,  $p = 0.735$ ; 与低概率条件 ( $651.80 \pm 35$  ms) 也无显著差异,  $p = 0.061$ ; 高概率条件 ( $632.111 \pm 32$  ms) 显著小于低概率 ( $651.80 \pm 35$  ms),  $p = 0.048$ 。



注: \*\*\* $p < 0.001$ , \*\* $p < 0.01$ , \* $p < 0.05$ , n.s.  $p > 0.05$ 。

**Figure 3.** The results of reaction time under different unique distractor presentation conditions over time in the color dimension  
**图3.** 颜色维度下, 不同独特干扰物呈现条件的反应时随着时间进程的结果

## 4. 讨论

通过统一目标和干扰物定义的维度, 并将目标定义为形状和颜色两种维度, 同时考察统计规则对目标选择和干扰物抑制的影响, 并探究不同维度属性的差异结果发现, 无论是搜索形状维度还是颜色维度, 相比于低概率条件, 独特干扰物呈现时, 被试的反应更快, 说明独特干扰物呈现时, 捕获了注意。搜索形状维度时, 高低概率之间均无显著差异, 注意分配未受到统计规则的明显影响。搜索颜色维度时, 时间进程的分析表明, 从第2段时间开始, 相对于独特干扰物低概率呈现时, 高概率条件被试的反应更快, 说明在颜色维度下, 统计规则影响了注意选择。更重要的, 搜索维度和干扰物呈现条件交互作用显著, 表明不同维度特征的统计规则对注意选择影响的效力不同。形状维度不呈现独特干扰物的反应显著快于高概率条件, 但颜色维度的不呈现与高概率条件下的反应无显著差异。在以往关于干扰物统计规则的研究中, 更多考察的是基于干扰物特征通路的加工下, 统计规则对注意选择的影响, 本研究则同时考察统

计规则对目标选择和干扰物抑制的影响, 以及不同维度之间的差异, 说明当干扰物和目标是同维度定义时, 基于干扰物形状特征的统计规则未对注意选择产生明显影响, 而颜色维度则有明显影响。支持了以往研究中不同特征刺激对引导注意的效力不同的观点。

干扰物和目标是同维度定义下, 基于干扰物颜色特征的统计规则可以影响视觉注意, 但形状维度未发现统计规则的明显影响。这个结果扩展了以往的研究(Failing et al., 2019; Stilwell et al., 2019)。颜色维度下, 目标和干扰物同维度定义时, 基于干扰物颜色特征统计规则会影响注意选择。独特干扰物呈现时被试的反应慢于不呈现, 说明干扰物特征在同一维度上与目标特征竞争, 导致独特干扰物自动吸引注意力, 产生注意捕获。根据维度加权理论(DWA), 原因可能是当我们在一个特定维度上寻找一个目标时, 我们会自动增加对该维度的权重, 使得该维度上的任何突出项都更容易引起注意。因此与目标在同一维度上的独特干扰物难以被忽略。不过, 高概率条件下被试的反应与干扰物不呈现时无显著差异, 低概率条件下被试的反应显著慢于不呈现, 说明对高概率特征干扰物的更多抑制本质上是指高概率特征干扰物注意捕获的减小, 基于干扰物颜色特征统计规则的影响可以几乎将对高概率独特干扰物的注意捕获抵消。形状维度下的结果与以往研究不同, Kim 等人采用与本研究类似的视觉搜索任务, 呈现多个不同形状的刺激, 要求被试搜索特定形状的目标(正或倒立的五边形), 并忽略另一个形状独特的干扰物(正或倒立的三角形), 干扰物形状特征同样有高低概率之分, 结果发现, 与独特干扰物为低概率时相比, 对高概率独特干扰物的抑制更强(Kim et al., 2023)。然而本研究未发现干扰物形状维度统计规则对注意选择的明显影响, 原因可能是本研究中高概率是低概率的三倍, 比例差异不明显, 同时涉及的简单形状过多, 高、低概率独特干扰物形状以及目标形状较为相似, 视觉搜索任务相比以往研究更复杂, 被试需要在多个相似刺激之间分配注意力, 增加了认知负荷, 因此即使是预期中的干扰物也难以产生更多的抑制。

形状维度和颜色维度随着时间的进行, 对统计规则的学习趋势不同。对于颜色维度, 随着时间的进行, 逐渐发现统计规则对注意选择的影响, 这与人研究结果一致(Gaspelin & Luck, 2018; Vatterott & Vecera, 2012)。产生这一结果的原因可能是这种基于自上而下信息的认知控制需要足够的时间来完全建立(Han & Kim, 2009)。当某颜色被识别为不重要或重复的干扰信息时, 视觉系统可以灵活地调整资源分配, 降低对该颜色的敏感度。因此, 对颜色独特干扰物的抑制并不是自动发生的, 而是受到自上而下的注意调节的, 被试逐渐习得抑制颜色独特以提高搜索效率。对于形状维度, 不同时间段下, 不同独特干扰物呈现条件无显著差异, 没有明显习得独特干扰物统计规则的趋势变化, 原因除了与形状信息加工方式和认知负荷有关外, 也可能是被试对形状维度的认知控制所需的时间更久, 未能完全建立起统计规则与不同形状刺激的关联。

然而, 本研究也存在一定的局限性。本研究主要关注的是基于颜色和形状特征的统计规则, 对于其他维度刺激并没有考察(如大小、方向等)。而且本研究中对形状特征的控制主要在简单形状层面, 对于复杂形状的考察还需在未来进一步研究。

## 5. 结论

在统一目标和干扰物定义维度的前提下, 分别操控基于干扰物形状和颜色维度特征的统计规则, 颜色维度下, 高概率特征条件下被试的反应显著快于低概率特征下被试的反应, 说明当目标和干扰物定义为同维度时, 基于干扰物颜色特征的统计规则会影响对目标和干扰物的加工。而统计规则对形状维度则很难产生影响, 说明不同维度下的统计规则对注意选择的影响存在差异。

## 基金项目

天津师范大学大学生创新创业训练计划项目, 项目编号: 202310065002; 天津师范大学教学改革项目(JG01222011)的资助。

## 参考文献

- 张帆, 王爱君, 张明(2021). 基于干扰物特征的统计规则对注意抑制效应的影响. *心理学报*, 53(6), 555-564.
- Awh, E., Belopolsky, A. V., & Theeuwes, J. (2012). Top-Down versus Bottom-up Attentional Control: A Failed Theoretical Dichotomy. *Trends in Cognitive Sciences*, 16, 437-443. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2012.06.010>
- Broadbent, D. E. (1958). Effect of Noise on an "Intellectual" Task. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 30, 824-827. <https://doi.org/10.1121/1.1909779>
- Clark, V. P., Parasuraman, R., Keil, K., Kulansky, R., Fannon, S., Maisog, J. M., Ungerleider, L. G., & Haxby, J. V. (1997). Selective Attention to Face Identity and Color Studied with fMRI. *Human Brain Mapping*, 5, 293-297. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0193\(1997\)5:4<293::AID-HBM15>3.0.CO;2-F](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0193(1997)5:4<293::AID-HBM15>3.0.CO;2-F)
- Corbetta, M., Miezin, F. M., Dobmeyer, S., Shulman, G. L., & Petersen, S. E. (1990). Attentional Modulation of Neural Processing of Shape, Color, and Velocity in Humans. *Science*, 248, 1556-1559. <https://doi.org/10.1126/science.2360050>
- Failing, M., & Theeuwes, J. (2018). Selection History: How Reward Modulates Selectivity of Visual Attention. *Psychonomic Bulletin & Review*, 25, 514-538. <https://doi.org/10.3758/s13423-017-1380-y>
- Failing, M., & Theeuwes, J. (2020). More Capture, More Suppression: Distractor Suppression Due to Statistical Regularities Is Determined by the Magnitude of Attentional Capture. *Psychonomic Bulletin & Review*, 27, 86-95. <https://doi.org/10.3758/s13423-019-01672-z>
- Failing, M., Feldmann-WusteFeld, T., Wang, B., Olivers, C., & Theeuwes, J. (2019). Statistical Regularities Induce Spatial as Well as Feature-Specific Suppression. *Journal of Experimental Psychology-Human Perception and Performance*, 45, 1291-1303. <https://doi.org/10.1037/xhp0000660>
- Ferrante, O., Patacca, A., Di Caro, V., Della Libera, C., Santandrea, E., & Chelazzi, L. (2018). Altering Spatial Priority Maps via Statistical Learning of Target Selection and Distractor Filtering. *Cortex*, 102, 67-95. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2017.09.027>
- Gaspelin, N., & Luck, S. J. (2018). Distinguishing among Potential Mechanisms of Singleton Suppression. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 44, 626-644. <https://doi.org/10.1037/xhp0000484>
- Gaspelin, N., Leonard, C. J., & Luck, S. J. (2015). Direct Evidence for Active Suppression of Salient-but-Irrelevant Sensory Inputs. *Psychological Science*, 26, 1740-1750. <https://doi.org/10.1177/0956797615597913>
- Han, S. W., & Kim, M. S. (2009). Do the Contents of Working Memory Capture Attention? Yes, But Cognitive Control Matters. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 35, 1292-1302. <https://doi.org/10.1037/a0016452>
- Kim, H., Ogden, A., & Anderson, B. A. (2023). Statistical Learning of Distractor Shape Modulates Attentional Capture. *Vision Research*, 202, Article ID: 108155. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2022.108155>
- Leber, A. B., & Egeth, H. E. (2006). It's under Control: Top-Down Search Strategies Can Override Attentional Capture. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13, 132-138. <https://doi.org/10.3758/BF03193824>
- Lennie, P. (2003). The Cost of Cortical Computation. *Current Biology*, 13, 493-497. [https://doi.org/10.1016/S0960-9822\(03\)00135-0](https://doi.org/10.1016/S0960-9822(03)00135-0)
- Stilwell, B. T., Bahle, B., & Vecera, S. P. (2019). Feature-Based Statistical Regularities of Distractors Modulate Attentional Capture. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 45, 419-433. <https://doi.org/10.1037/xhp0000613>
- Theeuwes, J. (2010). Top-Down and Bottom-up Control of Visual Selection. *Acta Psychologica*, 135, 77-99. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2010.02.006>
- Theeuwes, J. (2018). Visual Selection: Usually Fast and Automatic; Seldom Slow and Volitional. *Journal of Cognition*, 1, Article 29. <https://doi.org/10.5334/joc.13>
- Vatterott, D. B., & Vecera, S. P. (2012). Experience-Dependent Attentional Tuning of Distractor Rejection. *Psychonomic Bulletin & Review*, 19, 871-878. <https://doi.org/10.3758/s13423-012-0280-4>
- Vatterott, D. B., Mozer, M. C., & Vecera, S. P. (2018). Rejecting Salient Distractors: Generalization from Experience. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 80, 485-499. <https://doi.org/10.3758/s13414-017-1465-8>
- Wang, B., & Theeuwes, J. (2018b). Statistical Regularities Modulate Attentional Capture. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 44, 13-17. <https://doi.org/10.1037/xhp0000472>
- Wang, B., & Theeuwes, J. (2018a). How to Inhibit a Distractor Location? Statistical Learning versus Active, Top-Down Suppression. *Attention Perception & Psychophysics*, 80, 860-870. <https://doi.org/10.3758/s13414-018-1493-z>
- Wei, L., Li, X., Huang, L., Liu, Y., Hu, L., Shen, W., Ding, Q., & Liang, P. (2023). An fMRI Study of Visual Geometric



Shapes Processing. *Frontiers in Neuroscience*, 17, Article 1087488. <https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1087488>

Wolfe, J. M., & Horowitz, T. S. (2017). Five Factors That Guide Attention in Visual Search. *Nature Human Behaviour*, 1, Article No. 0058. <https://doi.org/10.1038/s41562-017-0058>