

《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：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

作者：刘洪志，李兴珊，李纾，饶俐琳

第一轮

审稿人 1 意见：

意见 1：

本研究基于大数定律，区分了个体在为自己单次、为自己多次和为所有人进行风险决策时采用的策略，采用眼动技术揭示人的认知加工特点。研究过程和数据分析过程严谨规范，数据来源丰富，有力检验了假设，增加了结果的可信度。研究结果为基于期望值最大化的理论和启发式理论的边界提供了眼动证据，具有较强的理论意义。但是，文章还存在待优化的方面。

一、理论

1. 为所有人决策

由于现有研究已发现，个体在进行单次决策时往往不遵循期望值最大化理论而遵循启发式理论，并且揭示期望策略可以较好描述个体的多次风险决策情境，所以本文的创新之处主要在揭示个体在为所有人决策时采用的策略。因此，建议作者在问题提出、概念的界定和理论推导方面，将重点放置于为所有人决策，以此突出本研究的贡献。

具体而言，第一，需要清晰给出为所有人决策的定义。作者在前言和理论推导中反复提到“所有人的决策”“多人决策”和“为所有人决策”有所不同，但未对这些概念进行解释，在理论推导时偶有混淆，在讨论部分也存在混淆。此外，还需界定“为所有人决策”中的“所有人”。

回应：

感谢审稿专家的建议，对我们提升文章的质量帮助很大。

根据专家的建议，我们在引言中对“为所有人决策”“多次决策”等概念进行了解释。修改后的段落如下：

“主流决策理论家之所以不放弃遵循加权求和和计算方式的基于期望值最大化的理论，或是因为他们从不怀疑这些理论能够准确、理想地捕获到人们的风险决策行为。在发展基于期望值最大化的各种理论时，理论家往往试图发展出用于计算最优决策方案的数理模型，使得该方案适用于所有面临这一方案的个体(Baron, 1986; Koford, 1982; Tavakoli, et al., 2000)。在本研究中，我们聚焦于这种**为所有人决策**(decision-for-everyone)的情况，即为所有面临该选择的人提供最优方案。此外，本研究亦关注多次决策(decision-for-self-multiple-play)，即当风险选项会被执行多次时，个体的风险决策行为(Li, 2003; Su et al., 2013)。本研究认为，基于期望值最大化的理论或许在描述为所有人决策或多次决策时是行得通的，但是却不能想当然地以为这些理论也能够描述单次为自己决策(decision-for-self-single-play)的情况。”

此外，我们对引言和讨论中相关句子进行了澄清，避免出现概念混淆的情况。详见正文。

意见 2：

第二，建议作者在理论推导时围绕为所有人决策进行推导。作者给出的推导是：“根据

大数定律，在多人决策时，如果每个决策者均面临相同的风险选项并做出相同决策，那么个体风险会被整合并趋近于总体的期望价值”。该推导的逻辑存在问题：首先，这里的多人决策不同于作者想要论证的为所有人决策；另外，如果每个决策者的单次风险选项均系统性偏离期望值最大化理论，而遵循某个启发式策略，那么多人决策最终整合后的结果应该也不会符合期望值最大化理论。建议作者重点阐述个体在为所有人决策时为什么会采用期望值策略，而不是将其等同于多人决策。个体在为所有人决策时和在为自己进行多次决策时，共同的心理特点是个体知道该风险博弈会被执行很多次，从而感知到不同选项间的结果可以相互补偿，因此遵循期望值最大化策略。作者可围绕这一点进行阐述。

回应：

根据专家的建议，我们在理论推导时更加聚焦于为所有人决策，并修改了理论推导的逻辑。修改后的段落如下：

“我们认为，基于期望值最大化的理论可以解释为所有人决策和多次决策的情况。与多次风险决策一样，在为所有人决策的情境中，个体需要为所有面临选择的人提供最优方案，即意味着所选择方案将被执行多次。根据大数定律(law of large numbers)，即在大样本中，随机事件发生的频数可近似于事件发生的概率(van der Stoep & Seifert, 1994; Zhao et al., 2017)，因此如果某一风险博弈的重复次数足够多，那么其决策结果会趋近于期望价值(Klos et al., 2005)。由于在为所有人决策和多次决策的情况下，风险博弈一旦做出便会被执行多次，因此决策者倾向于将风险选项的可能结果视为可相互补偿的，并考虑选项的过去统计数据和未来的多种机会，从而遵循期望值最大化理论所假设的决策策略。相反，单次为自己决策的情境无法满足基于期望值最大化的理论重复多次的理论需求。因此，决策者往往倾向于将风险选项视为独特的(Kahneman & Lovallo, 1993)，并认为不同选项的可能结果不可互相补偿(DeKay et al., 2006; DeKay & Kim, 2005)，并“明智地”忽略其期望值(Kahneman & Lovallo, 1993)。当一个风险博弈只执行一次时，期望值似乎与选项的实际结果关系不大(Lopes, 1981)。在这种情况下，个体并不会采用期望价值(expected value, EV)或其他期望值(如, EU 理论或主观 EU 理论)所建议的策略，而更可能采用一些启发式策略(Brandstätter et al., 2006; Gigerenzer & Gaissmaier, 2011; Li, 1996, 2004, 2016; Rubinstein, 1988)。”

意见 3：

第三，为进一步突出研究意义，可进一步论述为所有人决策的普遍性和重要性。

回应：

根据审稿专家的建议，我们在引言中补充了关于为所有人决策的普遍性和重要性的论述，修改后的段落如下：

“现有的行为学和认知神经科学研究一致发现，EV 策略已经可以较好描述个体的多次风险决策情境(Klos et al., 2005; Li, 2003; Rao et al., 2013; Su et al., 2013)，这在一定程度上支持了本研究的推断(参见孙红月等, 2011)。然而，至今尚鲜有研究检验期望策略(即基于期望值最大化的策略)是否可足够好地描述为所有人做风险决策的情境。特别地，在现实生活中，我们至今不清楚“指导我们制定一些政策/方案(如，政府为所有公民制定应对重大公共卫生突发事件的政策、医生为所有病人制定标准的治疗方案等)的期望值最大化的策略”是否可满意地描述为所有人做风险决策的情境。此外，考察为所有人决策与为自己决策的差异也有助于进一步理解现实中一些决策冲突发生的原因。以医疗决策为例，医生为众多患者决策时或采用期望策略以降低“决策噪声”(Kahneman, et al., 2021)，而为自己或家人进行医疗决策时可能采取某些启发式策略(Popovic, et al., 2019)，这种由于不同决策目标、情境所产生的决策差异或可导致医患关系冲突问题。因此，考

察为所有人决策的特点与心理机制具有重要意义。”

意见 4:

2. 作者认为, 由于多次决策和多人决策满足了基于期望值最大化无限重复的理论需求, 所以人们会采用期望值策略, 这是否意味着, 人们知道大数定律和期望值的关系, 因此根据决策任务调整策略? 是否需要人们了解大数定律的前提? 对于不熟知大数定律的被试而言, 他们不知道重复多次后期望值与实际结果的关系, 那么, 期望值策略是否还能描述人们为多人决策和重复决策的行为?

回应:

可能是我们的表述不清, 引起了审稿专家的误解。大数定律为人们在执行多次的风险决策中采用期望值最大化策略提供了理论解释, 但并不意味着人们在多次决策或为所有人决策时需了解大数定律的相关知识。事实上, 我们招募被试时避免招募经济学相关专业的大学生参与实验, 因为以往研究发现学习过概率论等课程的被试会表现出更加理性的决策行为(如, Fong & Nisbett, 1991; Larrick et al., 1990)。为了避免引起读者误解, 我们在正文中添加了脚注用于澄清, 添加的脚注如下:

“值得指出的是, 大数定律为人们在执行多次的风险决策中采用期望值最大化策略提供了理论解释, 但并不意味着人们在多次决策或为所有人决策时需了解大数定律的相关知识。”

参考文献:

- Fong, G. T., & Nisbett, R. E. (1991). Immediate and delayed transfer of training effects in statistical reasoning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 120(1), 34–45.
- Larrick, R. P., Morgan, J. N., & Nisbett, R. E. (1990). Teaching the use of cost-benefit reasoning in everyday life. *Psychological Science*, 1(6), 362–370.

意见 5:

二、实验

1. 关于结果差异的操纵, 为什么要把最好可能结果的差异分为 400、300、200, 把最坏可能结果的差异固定在 100, 然后采用两个结果差异的差异 300、200、100 作为结果差异? 这种操纵方式是否是常用操纵方式? 建议作者进行说明。

回应:

通过操纵最好可能结果与最坏可能结果的差异来检验启发式模型的相关假设, 是风险决策研究中的常用方法(如, Pachur et al., 2013; 汪祚军等, 2010)。在实际操作时, 边际效用递减可能会导致变量混淆。例如对于以下两种情况:

情况 A: 最好可能结果维度的差异为 600, 最坏可能结果维度的差异为 400

情况 B: 最好可能结果维度的差异为 200, 最坏可能结果维度的差异为 100

虽然看似前者的结果差异更大($(600 - 400) > (200 - 100)$), 但若考虑边际效用递减效应, 例如用对数函数拟合两维度的差异, 后者的结果差异可能更大($(\log(600) - \log(400)) < (\log(200) - \log(100))$)。在本研究中, 为了避免这种由于边际效用递减所导致的变量混淆问题, 我们将最坏可能结果维度的差异固定为 100。

根据审稿专家的建议, 我们在正文中补充了对于结果差异操纵的说明。修改后的段落如下:

“108 对选项组成 3 (EV 差异: 小, 中, 大) \times 3 (结果差异: 小, 中, 大) 的实验设计, 每种条件包含 12 对选项。EV 差异指的是两选项之间 EV 值的差异, 分为 3 个水平: 两选项的 EV 差异为 10, 30 和 60。每个选项包含一个最好可能结果和一个最差可能结果。

两选项在最好可能结果维度的差异分为 3 个水平: 差异为 400, 300 和 200; 两选项在最差可能结果维度的差异固定为 100。固定最差可能结果维度差异的设置可在一定程度上避免由于边际效用递减带来的变量混淆问题。因此, 结果差异(即两个结果维度差异的差异)分为 3 个水平: 300, 200 和 100。通过操纵最好可能结果与最差可能结果的差异来检验启发式理论的相关假设, 是风险决策研究中的常用方法(如, Pachur et al., 2013; 汪祚军等, 2010)。”

参考文献:

- 汪祚军, 欧创巍, 李纾. (2010). 整合模型还是占优启发式模型? 从齐当别模型视角进行的检验. *心理学报*, 42(8), 821–833.
- Pachur, T., Hertwig, R., Gigerenzer, G., & Brandstätter, E. (2013). Testing process predictions of models of risky choice: A quantitative model comparison approach. *Frontiers in Psychology*, 4, 646.

意见 6:

2. 实验中为所有人决策的说明是“为所有面临该选择的人”。这部分人是谁? 一共多少人? 由于没有任何说明, 被试心中风险决策被执行的次数是大于多次决策组的 100, 还是小于多次决策组的 100?

回应:

实验中并未向被试明确指出“所有面临该选择的人”的具体信息。为了使为所有人决策任务和多次决策任务中的风险决策被执行次数更加匹配, 我们在指导语的说明中对决策任务的原理进行了举例说明(指导语详见补充材料)。在多次决策任务中, 举例说明的描述如下:

“假设有以下两个方案:

选项 A: ¥200, 70%; ¥300, 30%

选项 B: ¥100, 80%; ¥700, 20%

你可以想象这样一个情境: 一个电动摇奖机里面装了 100 个球, 每个球都有 1 个编号, 从 1 到 100。摇奖时, 从摇奖机里摇出一个球。

如果选择方案 A (¥200, 70%; ¥300, 30%), 可以理解为摇出的球的编号 ≤ 70 的话, 你将获得 200 元; 如果摇出的球的编号 > 70 的话, 你将获得 300 元。

如果选择方案 B (¥100, 80%; ¥700, 20%), 可以理解为摇出的球的编号 ≤ 80 的话, 你将获得 100 元; 如果摇出的球的编号 > 80 的话, 你将获得 700 元。

请注意: 摇奖机开奖 100 次。每开一次奖后把球放回, 然后再进行下一次。最后, 累计计算这 100 次摇奖结果。”

在为所有人决策任务中, 举例说明的描述如下:

“假设有以下两个方案:

选项 A: ¥200, 70%; ¥300, 30%

选项 B: ¥100, 80%; ¥700, 20%

你可以想象这样一个情境: 一个电动摇奖机里面装了 100 个球, 每个球都有 1 个编号, 从 1 到 100。有 100 个人来参加摇奖, 每个人摇奖时, 从摇奖机里摇出一个球。

如果选择方案 A (¥200, 70%; ¥300, 30%), 可以理解为如果一个人摇出的球的编号 ≤ 70 的话, 将获得 200 元; 如果一个人摇出的球的编号 > 70 的话, 将获得 300 元。

如果选择方案 B (¥100, 80%; ¥700, 20%), 可以理解为如果一个人摇出的球的编号 ≤ 80 的话, 将获得 100 元; 如果一个人摇出的球的编号 > 80 的话, 将获得 700 元。”

结合审稿专家的下一条意见, 我们对为所有人决策任务中被试心中的执行次数进行了讨论(详见下一条意见的回应)。

意见 7:

3. 为所有人决策组和多次决策组的“大数”不一样,前者是无穷大,后者是 100。在为所有人决策组中,激励被试认真决策的方式是“实验结束后会根据是否为所有人选择了最优选项来确定其实验报酬”,这个结果有标准答案(根据期望效用),但是在多次决策组,激励方式是“被试的某一个随机选择会被程序执行 100 次然后根据真实结果增加报酬”,这有可能偏离期望效用偏离。由于不同的激励方式,因此被试在为所有人决策时会比重复 100 次决策时更多采用期望值策略(根据本实验结果,为所有人决策的 EV 策略比例更高,在 MFD 指标上关于 EV 差异也只影响为所有人决策任务)。作者可以解释下,为什么设定的是为所有人决策,而不是为多数人(100 人)决策,或者重复决策为无穷次的决策?后两者看似与重复决策组更匹配。

回应:

感谢审稿专家的细心指出。本研究的目的是为了考察为自己决策和为所有人决策的差异,而“为所有面临该选择的人进行决策”与我们所假设的理论家发展基于期望值最大化理论的本衷更加契合。而引入多次决策任务的原因是:鉴于众多研究已经验证个体在多次决策任务中倾向于采用期望策略(Klos et al., 2005; Langer & Weber, 2001; Li, 2003; Sun et al., 2013),多次决策任务可用作对照任务以帮助鉴别为所有人决策任务和单次决策任务中个体是否也采用了期望策略。本研究采用了前人研究中常用的“100 次”作为多次决策任务中的执行次数,这与以往多次决策任务一致(Su et al., 2013; Sun et al., 2013),也与 Samuelson (1963)中介绍的事例一致。因此,本研究的目的并非是要在次数上匹配为所有人决策任务和多次决策任务。

结合审稿专家的下一条意见,我们对为所有人决策与多次决策任务在结果上的差异进行了讨论。修改后的段落如下所示:

“本研究采用双分离逻辑操纵了选项的结果差异和 EV 差异,以进一步检验区分基于期望值最大化的理论与启发式/非基于期望值最大化的理论。本研究揭示的结果差异只影响单次决策任务中的信息获取深度以及 EV 差异只影响为所有人决策任务的信息加工复杂度的结果在一定程度上支持了研究假设(H₄),但也存在与研究预期不符的结果。第一,本研究发现 EV 差异只影响为所有人决策任务的信息加工复杂度而未影响多次决策任务。在多次决策任务中,要求被试假设其所选择的选项将被执行 100 次,而在为所有人决策任务中,要求被试为所有面临该选择的人进行决策。两种决策情境的设置使得两任务中的“大数”可能存在差异,前者是 100,而后者或许大于 100。因此,相比于多次决策任务,个体在为所有人决策任务中采用期望策略的可能性更高。这或许可以解释本研究发现的 EV 差异对为所有人决策任务的特异性影响。这一研究结果提示,未来研究若关注风险决策的重复博弈,应注意实验任务中对博弈次数的设置。”

参考文献:

- Samuelson, P. (1963). Risk and uncertainty: A fallacy of large numbers. *Scientia*, 57, 98–108.
- Su, Y., Rao, L. L., Sun, H. Y., Du, X. L., Li, X., & Li, S. (2013). Is making a risky choice based on a weighting and adding process? An eye-tracking investigation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 39(6), 1765–1780.
- Sun, H. Y., Rao, L. L., Zhou, K., & Li, S. (2013). Formulating an emergency plan based on expectation-maximization is one thing, but applying it to a single case is another. *Journal of Risk Research*, 17(7), 785–814.

意见 8:

4. 在双分离逻辑的检验上,各指标的结果不太一致,只在 PTIS 上发现结果差异对单次决策有影响,在 MFD 上发现 EV 差异对所有人决策有影响,而且还在 MFD 上存在计算难

度的问题导致小 EV 差异和中 EV 差异的结果和假设相反。这部分结果对检验假设 4 的说服力较为薄弱，作者可进一步说明为何在其他条件下没有发现结果差异对单次决策的影响、EV 差异对多次决策和为多人决策的影响。

回应：

结合审稿专家的上一条意见，我们对为所有人决策与多次决策任务在结果上的差异进行了讨论。所修改的段落如下所示：

“本研究采用双分离逻辑操纵了选项的结果差异和 EV 差异，以进一步检验区分基于期望值最大化的理论与启发式/非基于期望值最大化的理论。本研究揭示的结果差异只影响单次决策任务中的信息获取深度以及 EV 差异只影响为所有人决策任务的信息加工复杂度的结果在一定程度上支持了研究假设(H₄)，但也存在与研究预期不符的结果。第一，本研究发现 EV 差异只影响为所有人决策任务的信息加工复杂度而未影响多次决策任务。在多次决策任务中，要求被试假设其所选择的选项将被执行 100 次，而在为所有人决策任务中，要求被试为所有面临该选择的人进行决策。两种决策情境的设置使得两任务中的“大数”可能存在差异，前者是 100，而后者或许大于 100。因此，相比于多次决策任务，个体在为所有人决策任务中采用期望策略的可能性更高。这或许可以解释本研究发现的 EV 差异对为所有人决策任务的特异性影响。这一研究结果提示，未来研究若关注风险决策的重复博弈，应注意实验任务中对博弈次数的设置。第二，本研究发现结果差异只影响了单次决策任务的信息加工深度而未影响信息搜索方向等指标。当结果差异水平较大时，个体对关键维度的识别效率更高(Brandstätter & Köner, 2014)，从而导致决策前注视信息比例降低，而信息搜索方向往往不受信息加工效率的影响(Liu et al., 2021)。本研究的这一结果提示，未来研究若采用双分离逻辑检验区分决策策略，应谨慎选择合适的因变量。”

意见 9：

三、写作

对同一概念，作者有时会变换说法，并且在使用不同说法前未给出解释，这给读者造成理解上的困难，建议统一说法并解释每一个新出现的概念。

回应：

根据审稿专家的建议，我们对文中出现的专业性名词，在第一次出现时均给出了解释，并确保内涵相同的概念采用相同的表述方式，以避免给读者造成理解困难。

.....

审稿人 2 意见：

意见 1：

关于期望值最大化理论的介绍和解读，存在一定的问题。首先，此处的期望值，按照对应的英文表述即 expectation，并未指明是客观价值的（数学）期望即 expected value，还是主观价值的期望即 expected utility。后文中，尤其是结论部分，将 EVT 和 EUT 区别对待，似乎表明作者所谓的期望值最大化即 expectation-maximization，特指 EVT，而且在具体研究中，也仅仅使用了 EVT 这一种理论。如果这的确是作者的本意，应该在首次提出期望值最大化这一概念时明确指出。另一方面，作者还提到主流决策理论专家（尤其是经济理论家）发展了丰富多样的“加权求和最大化”理论，此处明显涉及最大化问题，而且根据这一表述，预期理论(PT)，也属此列。也就是说，在“加权求和最大化”这一概念之下，既包含 EV，也包含 EU 和 PT。而且，“加权求和最大化”理论在本文中，明显是和启发式理论/非期望值最大化理论作为对立的两方面来进行探讨的。由此，就出现了一种理论阵营界定不清晰的情况。

具体而言, EU 和 PT, 究竟是否属于作者所谓的期望值最大化理论, 另外, 期望值最大化理论和加权求和最大化理论, 是作为本质上相同的概念, 还是相似却不尽相同的概念来处理的, 需要在引言部分有明确的界定。根据引言开始部分的内容, 加权求和理论和基于期望值最大化的理论是等价的, 按照这一看法, EVT, EUT 和 PT 就属于同一阵营, 那么后文中, 尤其是结论中将 EVT 同 EUT 和 PT 区别对待, 认为所报告研究的结果表明, 只需要 EVT, 不需要 EUT 和 PT, 就可以解释大多数人在为所有人做决策和为个体做多次决策时的行为, 就显得不合适了。

其次, 文中多处暗示, 主流理论家在发展所谓的期望值最大化理论的时候, 希望解释(即捕获)的是所有人的风险决策行为。此处, 所谓的“所有人的风险决策”, 一方面容易和“为所有人”进行的风险决策发生混淆, 似乎“为所有人发展的基于期望值最大化的理论”应当适用于“为所有人进行的风险决策”; 另一方面, 根据后文提到的“默认所有人(全集)包含单个人(子集)”这一想法, 这里的“所有人的风险决策”, 似乎想说的是“所有人”中的每一个个体的风险决策。根据审稿人对于相关文献的了解, 无论是 EV 还是 EU 或者 PT, 其理论分析的出发点, 都是单个个体为自身进行单次决策时所应该遵循或者实际遵循的规律, 只不过 EVT 和 EUT 从理性角度, 思考的是如果长期稳定地执行相同的决策, 如何决策是最有利的这一问题, 进而使得 EVT 和 EUT 的理论要求, 同样适用于针对个人多次决策和为所有人(多个个体)的决策。所以, 本人对于相关文献的解读, 和作者存在不同之处。本人认为, 诸如 EVT 和 EUT 这样的理论, 其出发点就是个体的单次决策, 只不过, 如果这些理论适用于每个个体, 那么自然也就适用于所有人。换言之, 理论推导的逻辑是从个体到群体, 而不是从群体到个体。

回应:

(1) 感谢审稿专家的细心指出。非常抱歉由于我们的表述不清, 引起了审稿专家的误解。在我们看来, 期望值最大化的理论应当包括 EV、EU、PT 等理论, 而非仅仅只是 EV 理论。为了避免读者产生“为何在数据分析中只比较了 EV 理论”这一误解, 结合审稿专家的第 4 条意见, 我们在结果中去掉了原稿中关于策略区分的结果, 并添加了关于模型预测的结果。我们比较了 3 个基于期望值最大化的理论(包括 EV 理论、EU 理论和 CPT)和 3 个启发式理论(包括 TH、EDT 和 MH)对被试在不同任务中的预测力上的差异。

如审稿专家所述, 加权求和理论和期望值最大化理论确是等价。根据审稿专家的建议, 我们在引言中对理论阵营的界定问题进行了澄清, 修改后的段落如下:

“在风险决策领域, 基于期望值最大化(expectation-maximization)理论的发展史, 便可视作 Raiffa 轶事的演绎史。主流的风险决策理论从未放弃期望值最大化的核心框架(Wu et al., 2004), 即假设在风险决策中, 个体会基于概率的权重函数对各选项结果的效用进行加权, 并累加所有加权后的效用值(即期望值), 最终选择期望值最大的选项(Basili & Chateauneuf, 2011; Kahneman & Tversky, 1979; Payne & Brauneis, 1978; Tversky & Kahneman, 1992)。期望价值(expected value, EV)理论(Bernoulli, 1738)、期望效用(expected utility, EU)理论(von Neumann & Morgenstern, 1947)、预期理论(prospect theory)(Kahneman & Tversky, 1979)等均属于此类基于期望值最大化的理论, 这些理论均假设风险决策是基于加权求和的加工过程做出的(Payne & Brauneis, 1978)。由上述可知, 选项间的期望值(expectation)差异大小将影响基于期望值最大化的理论所假设的认知加工过程, 但不一定影响非基于期望值最大化理论的加工过程(对探索期望值最大化过程的讨论, 参见 Zhou et al., 2018)。这一推断背后的逻辑是, 若选项间的期望值差异相对较大, 个体可以轻易识别期望值较高的选项, 而若选项间的期望值差异足够小, 个体便难以识别期望值较高选项并导致决策冲突(Rao et al., 2011)。”

对于原稿讨论中所提出的“只需要 EVT, 不需要 EUT 和 PT, 就可以解释大多数人在为

所有人做决策时的行为”这一表述，结合审稿专家的第7条意见，我们进行了修改。修改后的表述如下：

“第二，本研究发现，在为所有人决策的时候，EV理论已能足够准确地预测人们的风险决策(在为所有人决策任务中，EV理论的预测准确率达89%)，但是在单次决策任务中，尚不能够准确地预测人们的风险决策(在单次决策任务中，EV理论的预测准确率为58%)，这表明在描述个体为所有人的决策行为时，作为规范性理论的简单的EV理论似乎已经足够。”

(2) 对于不同理论的出发点，可能由于我们的表述不清，引起了审稿专家的误解。我们认同审稿专家的观点，EV、EU等基于期望值最大化的理论的出发点是从理性角度描述个体的决策行为。同时，一些研究者也指出，EV、EU等基于期望值最大化的理论可以看作是为大家提供的标准化解方案(solution)(Bias et al., 2012; Koford, 1982)，此类规范性理论可反映决策理论家为大家所发展的决策规则(Baron, 1986; Song, 2022; Tavakoli, et al., 2000)。因此，我们认为，理论家在发展EV、EU等基于期望值最大化的理论时并非是为了描述某一特殊个体的决策行为，而是希望发展出可描述每个个体的普适性的理性决策模型。由此可见，理论家发展基于期望值最大化的理论模型的初衷似乎与本研究中的为大家决策任务相契合。因此我们认为，EV、EU理论是理论家“为大家”发展而来，但这些理论是用于描述个体的单次决策的。为了避免引起读者的误解，我们修改了文中的相关表述。引言中修改后的段落如下：

“主流决策理论家之所以不放弃遵循加权求和计算方式的基于期望值最大化的理论，或是因为他们从不怀疑这些理论能够准确、理想地捕获到人们的风险决策行为。在发展基于期望值最大化的各种理论时，理论家往往试图发展出用于计算最优决策方案的数理模型，使得该方案适用于所有面临这一方案的个体(Baron, 1986; Koford, 1982; Tavakoli, et al., 2000)。在本研究中，我们聚焦于这种**为大家决策**(decision-for-everyone)的情况，即为所有面临该选择的人提供最优方案。此外，本研究亦关注多次决策(decision-for-self-multiple-play)，即当风险选项会被执行多次时，个体的风险决策行为(Li, 2003; Su et al., 2013)。本研究认为，基于期望值最大化的理论或许在描述为大家决策或多次决策时是行得通的，但是却不能想当然地以为这些理论也能够描述单为自己决策(decision-for-self-single-play)的情况。”

讨论中修改后的段落如下：

“针对第二个信念，主流理论家会想当然地认为：为描述所有人(全集)的决策行为发展而来的基于期望值最大化的理论也就一定能够描述包含于所有人中的单个人(子集)的决策行为。然而，本研究的行为和眼动指标结果首次向世人展现：为自己决策与为大家决策是不同的。为自己决策是一回事，为大家决策是另外一回事。因此，理论家为大家发展出的基于期望值最大化的理论不见得适用于描述单一个体做决策的情况。本研究这首次公布于众的“所有人-单个人”的差异内隐地提示，基于期望值最大化的理论在为自己决策时行不通的原因可能是，全集(所有人)和子集(单个人)之间的默认兼容性或不存在的。正是在这最不可能出现裂痕的环节上出现了不易察觉的裂缝，才使得基于期望值最大化的理论“莫名其妙”地失效了。”

参考文献：

- Baron, J. (1986). Tradeoffs among reasons for action. *Journal for the Theory of Social Behavior*, 16(2), 173–195.
- Bias, P. V., Smith, P. L., & Jansson, H. (2012). In defense of the rationality assumption. *Conference Paper*, 1–16.
- Koford, K. (1982). Optimal voting rules under uncertainty. *Public Choice*, 38(2), 149–165.
- Song, F. (2022). Common knowledge: A new problem for standard consequentialism. *Ethical Theory and Moral Practice*, 1–16.

Tavakoli, M., Davies, H. T. O., & Thomson, R. (2000). Decision analysis in evidence-based decision making. *Journal of Evaluation in Clinical Practice*, 6(2), 111–120.

意见 2:

文中多次出现类似“决策任务对个体符合 EV 选择(EV-consistent choice)的效应”这样的表述。这一表述在接触多次之后,是可以理解的,但是貌似此处的中文表达是直接从英语翻译过来的,具体措辞仍可以改进。建议改为“决策任务对于个体的选择是否符合 EV 预测的效应”。

回应:

根据审稿专家的建议,我们已将文中的“符合 EV 选择”统一进行修改,以增强论文的可读性。

意见 3:

在实验结果部分,包含了部分有关研究方法的内容,比如第 10 页的结果部分中提到的,对瞳孔大小的测量及其原因。建议将相关内容移到研究方法中的合适位置。

回应:

根据审稿专家的建议,我们将结果中关于瞳孔大小的测量及其原因的描述移到方法部分的“2.5 认真程度检测”一节。

意见 4:

所报告的研究的一个主要目的,是考察基于期望值最大化的理论和启发式理论在不同类型的风险决策任务中的适用程度。但是,就研究方法而言,仅考虑了 EV 和最大值最大化启发式(Maximax)这两种理论,并以相应分析的结果,作为文章结论的出发点。一方面,根据引言中的相关表述, EV 只是期望值最大化理论的一个最简单的示例,另一方面,针对风险决策的启发式理论,也远不止最大值最大化这一种。因此,只根据对比 EV 和 Maximax 的结果所下的结论,是否能够推广到其他同类理论,是一个需要进一步考虑的问题。特别是,在结论部分提到,对于为所有人的决策和为个人的多次决策,由于 EV 占优的比例很高,所以只需要 EV 而不需要 EU 和 PT 即可。但是,如果我们将 EU 或者 PT 替换 EV 进行分析,有可能基于期望值最大化的理论的占优比例会更高。所以,就目前的实验设计和数据分析结果而言,是难以得出只需 EV 即可这样的结论的。此外, 3.1.1 节的起始部分的内容,也属于研究方法而非研究结果,建议移到文中合适的位置。

回应:

(1) 感谢审稿专家的细心指出。为了更详细地比较基于期望值最大化的理论与启发式理论,我们去掉了原稿中策略区分的结果,取而代之的是考察了 6 个理论对被试在不同任务中的预测力的比较。我们比较了 3 个基于期望值最大化的理论(包括 EV 理论、EU 理论和 CPT)和 3 个启发式理论(包括 TH、EDT 和 MH)。这几个理论均是风险决策研究中的常用理论,可增强本研究结论的代表性。详见 3.1.1 模型预测结果部分。

(2) 对于论文之前关于“由于 EV 占优的比例很高,所以只需要 EV 而不需要 EU 和 PT 即可”的表述,确实是难以基于策略区分的结果得出这一结论。在新补充的关于模型预测的结果中,我们发现, EV 理论在为所有人决策任务中的预测准确率达到 89%,可以在一定程度上证明 EV 理论的良好适用性。同时,我们修改了讨论中的相关表述,修改后的句子如下:

“第二,本研究发现,在为所有人决策的时候, EV 理论已能足够准确地预测人们的风险决策(在为所有人决策任务中, EV 理论的预测准确率高达 89%),但是在单次决策任务中,尚不能够准确地预测人们的风险决策(在单次决策任务中, EV 理论的预测准确率为 58%),这表

明在描述个体为所有人的决策行为时，作为规范性理论的简单的 EV 理论似乎已经足够。”

(3) 根据审稿专家的建议，我们将行为结果中关于方法的描述，放在方法部分的 2.4 节中。

意见 5:

文中有关最大似然估计方法的表述存在多处不妥之处。首先，3.1.1 节中涉及 G^2 的公式代表的不是“在 N 次选择中采用策略 k ”的拟合优度，而是“策略 k 对于 N 次选择结果”的拟合优度。其次， $f(y)$ 代表的不是“选择该策略所预测的选项 y 的概率”，而是“该策略预测的选择实际被选选项 y 的概率”。再次，此处的 G^2 是根据参数的极大似然估计值计算而得的，这一点需要说明。鉴于文中存在的多处表述错误，建议作者仔细核查实际数据拟合过程，确保所得到的结果是可信的。

回应:

结合审稿专家的第 4 条意见，我们去掉了原稿中策略区分的结果，取而代之的是考察了 6 个理论对被试在不同任务中的预测力的比较。在修改稿中，不再涉及最大似然估计方法的表述。

意见 6:

第 11 页结尾处提到，“如果最优策略的 G^2 大于等于随机水平的 G^2 ，则该被试被归类为‘猜测或其他策略’”。从理论上说， G^2 是根据参数的极大似然估计值得出的，当 Luce 选择规则中的 $\phi = 0$ 时，至少可以保证 G^2 达到随机水平对应的值，所以“大于”这一可能性可以舍去不提。

回应:

结合审稿专家的第 4 条意见，我们去掉了原稿中策略区分的结果，取而代之的是考察了 6 个理论对被试在不同任务中的预测力的比较。在修改稿中，不再涉及最大似然估计方法的表述。

意见 7:

在进行单次决策任务的被试中，被归为 EV 策略的比例为 60.4%，这是一个超过 50% 的比例，这里涉及到两个问题。首先，这个比例是否统计上显著地高于 50%，如果是，说明至少相比于 Maximax，EV 也同样更适用于个体单次决策。更重要的是，如以上评论所指出的那样，存在使用 EU 和 PT 后，这一比例进一步提升的可能，因此本文有关期望值最大化理论的适用任务的结论，目前来看是存疑的。

回应:

结合审稿专家的第 4 条意见，我们去掉了原稿中策略区分的结果，取而代之的是考察了 6 个理论对被试在不同任务中的预测力的比较。我们比较了 3 个基于期望值最大化的理论（包括 EV 理论、EU 理论和 CPT）和 3 个启发式理论（包括 TH、EDT 和 MH）。

我们发现在单次决策任务中，EV、EU、CPT、TH 和 EDT 的预测准确率均无显著差异，因此不易得出基于期望值最大化的理论比启发式理论能更好描述个体在单次决策任务中的决策行为这一结论。更为重要的是，过程检验的证据表明个体在单次决策任务中更可能采用了启发式策略。

为了避免引起读者误解，我们修改了讨论中的相关表述，修改后的段落如下：

“第二，本研究发现，在为所有人决策的时候，EV 理论已能够准确地预测人们的风险决策（在为所有人决策任务中，EV 理论的预测准确率达 89%），但是在单次决策任务中，尚不能够准确地预测人们的风险决策（在单次决策任务中，EV 理论的预测准确率

为58%), 这表明在描述个体为所有人的决策行为时, 作为规范性理论的简单的EV理论似乎已经足够。”

意见 8:

第15页第一行中的“比后者更采用基于选项的信息搜索模式”一句有明显翻译痕迹, 建议改为“比后者更多采用基于选项的信息搜索模式”。

回应:

按照审稿专家的建议, 我们对文中两处“更采用基于选项的信息搜索模式”的表述进行了修改, 修改为“更多采用基于选项的信息搜索模式”。

意见 9:

3.3节提到的所做的多元方差分析(MANOVA), 并非真正的MANOVA。在真正的MANOVA中, 所有因变量是作为一个整体纳入分析的, 所涉及的统计假设是在自变量的不同水平下, 所有因变量的某种线性组合是否存在差异。本文中所报告的, 仅仅是在MANOVA之后, 作为后续分析进行的, 针对每个因变量的ANOVA, 本质上还是ANOVA。

回应:

根据审稿专家的建议, 我们修改了文中的表述, 统一采用ANOVA的表述形式。

意见 10:

第20页中对于中介分析结果的解读不准确。当变量Y中介了自变量X对因变量Z的效应时, 正确的解读是不同的自变量水平会导致不同的中介变量水平, 进而引发因变量的不同取值。文中的解读和这一基本模式不符, 而且仅就中文表述而言, 也不够通顺和合理。

回应:

感谢审稿专家的细心指出。我们对关于中介分析结果解读的表述进行了修改, 修改内容如下:

“与研究假设一致, 中介分析结果发现眼动指标能够中介决策任务对个体的选择是否符合EV预测的效应。在4个眼动指标中, MFD(反映信息加工复杂度的指标)和SMI(反映信息搜索方向的指标)的中介效应最强。相比于单次决策任务, 在多次决策任务和为所有人决策任务中, 被试的信息搜索深度和信息加工复杂度更高、更多采用基于选项的信息搜索模式, 从而导致其更可能选择EV值较大的选项。”

意见 11:

根据图6的注释, 图中的箭头代表的是期望理论预测的方向, 但是此处何为期望理论预测的方向, 以及期望理论为何有此预测并不清楚, 建议提供必要的解释, 以便读者理解。

回应:

根据审稿专家的建议, 我们在图6的图题中添加了对期望理论预测方向的解释, 并在引言中补充了关于期望理论预测推导的相关表述。

修改后的图题如下:

“图6 行为和眼动指标结果总结。注: 相比于启发式理论, 基于期望值最大化的理论预测个体的选择符合EV预测比例更高, 反应时更长, 任务内相似性分数更高, 信息获取深度更高, 信息加工复杂度更高, 更多采用基于选项的信息搜索方向。”

引言中修改后的段落如下:

“期望策略与启发式/非期望策略对个体的眼动指标有不同的预测。总的来说, 采用这两种不同策略会影响个体的整体扫视轨迹模式(Zhou et al., 2016)。具体来说, 采用这两种策略

会从三方面影响个体的信息搜索与加工：信息加工的深度、复杂度和方向(Su et al., 2013)。采用期望策略通常需要整合选项的所有可用信息，采取复杂的计算方法，进行基于选项的信息搜索；而采用启发式/非期望策略通常只需要有选择性地使用选项信息，采取简单的定性比较，进行基于维度的信息搜索。据此，本研究提出如下工作假设：

H₁：如果为所有人决策任务与多次决策任务采用相同策略，单次决策任务采用另一种策略，那么为所有人决策任务和多次决策任务的扫视轨迹模式应当更相似，但是与单次决策任务的扫视轨迹模式不同。

H₂：如果为所有人决策任务和多次决策任务基于期望策略，而单次决策任务基于启发式/非期望策略，那么前两个任务的信息获取深度和信息加工复杂度应当高于后者，且比后者更多采用基于选项的信息搜索模式。”

意见 12：

第 22 页最后一段首句中重复出现“理论”一词。

回应：

感谢审稿专家的细心指出，我们删去了重复出现的“理论”一词，并通读全文以避免类似的错误。

意见 13：

总讨论部分提到了“测不准的悖论”，不知这里的“测不准”具体是何含义。

回应：

在修改稿中我们将“测不准的悖论”修改为“不能解释的悖论”，防止读者产生困惑和误解。

第二轮

审稿人 1 意见：

意见 1：

感谢作者认真修改！修改后文章可读性更强，假设的推导和研究问题也更加清晰，三个实验组的设置理由充分，理论意义明确，我的多数问题都得到了解答。文章还存在以下小问题。

本文摘要以及研究问题在表述上均将探究期望值最大化理论不能适用于个体单次决策作为研究的主要目的。例如，“本研究采用眼动追踪技术，考察了为所有人发展的基于期望值最大化的理论是否能够适用于为单一个体决策的情况。”“本研究认为，基于期望值最大化的理论或许在描述为所有人决策或多次决策时是行得通的，但是却不能想当然地以为这些理论也能够描述单次为自己决策的情况。”但目前已有较多研究探讨了该问题，建议将行文重点放在为所有人决策上，以突出本研究的创新之处。

回应：

感谢审稿专家建议。根据审稿专家的建议，我们修改了审稿人提到的语句，并通读全文修改其他相关表述，以将行文重点放在为所有人决策上，所修改内容已用红色字体在正文中标出。审稿专家提到的 2 句话已修改为：

“本研究采用眼动追踪技术，系统考察了个体在为所有人决策与为自己决策时的风险决策行为及信息加工过程的差异。”

“本研究认为，与单次为自己决策(decision-for-self-single-play)的情况不同，基于期望值最大化的理论或许在描述为所有人决策或多次决策时是行得通的。”

意见 2:

在多次决策任务和单人任务中,对被试的激励非常明确。但是在为所有人决策任务中,文章中的表述是“在为所有人决策任务中,告知被试实验结束后会根据他们是否为大家选择了最优选项来确定其实验报酬”。这一表述比较模糊,被试可能会有不同的理解,建议写明给被试的具体指导语。

回应:

结合审稿专家 2 的第 1 条意见,我们已将实验中使用的原始指导语上传至补充材料,供审稿专家和读者查阅,以防止读者产生误解。如审稿专家所说,相比于单次和多次决策任务,为所有人决策任务的激励方式相对模糊。主要原因是,在指导语设置上须谨慎避免诱导被试采取某种特定决策策略(如期望策略),同时为了三个任务在激励设置上相匹配,因此我们采用了这一激励方式的表述。

意见 3:

我对中介分析有点疑问。中介分析旨在探究自变量影响因变量的原因。但是在本研究问题中,究竟是眼动影响决策策略,还是决策策略影响眼动?研究者的逻辑是“不同决策任务导致人们眼动不同,又因为眼动的不同而导致决策策略的不同”,但似乎被试的眼动指标与其选择是否符合 EV 策略是一回事,没有因果关系,只是在获取测量数据的时间上有先后之分,研究者先获得眼动指标,再获得行为结果。因此,这个中介好像不能说明任何机制。

回应:

非常抱歉,由于我们表述不清,引起了审稿专家的误解。对于审稿专家提到的眼动与决策策略之间的因果关系,我们深表认同。由于在上一稿中我们表述不清,可能使读者混淆了**选择与决策策略**,事实上两者是不同的。测量选择与眼动指标均是为了考察其背后的决策策略,眼动指标和选择结果都反映了背后的决策策略或心理机制。

对于眼动指标与决策行为之间的因果关系,目前有两种观点。一些理论认为决策过程为自上而下的加工方式,注视反映了决策者的信息加工过程,受到内生偏好的影响,即“决策反映于注视”;而另一些理论认为决策过程是一种自下而上的加工方式,视觉注视过程对决策行为存在因果效应,即“注视决定决策”(见刘洪志等, 2022)。近年来,一些研究者尝试操纵决策过程中的相关眼动指标(如注视时间、最后注视点等),发现操纵眼动指标可影响随后的决策行为(Ghaffari & Fiedler, 2018; Liu et al., 2020; Newell & Le Pelley, 2018; Pärnamets et al., 2015; Sui et al., 2020; 刘洪志等, 2022),从而支持了眼动影响决策这一因果假设。亦有研究者采用眼动追踪技术在风险决策领域验证这一因果假设。例如, Sui 等人(2020)操纵了风险决策过程中的相对注视时间,发现可显著影响个体的风险决策行为。又如, Liu 等人(2021)操纵了风险决策中的信息搜索方向,发现这一操纵亦可显著影响个体的风险决策。以上证据表明,在风险决策中,个体的相关眼动信息与其随后的风险决策行为或存在因果关系。因此,一些操纵注视的研究往往将眼动指标作为中介变量进行中介分析,以检验眼动指标对决策过程的解释机制(如, Liu et al., 2020; Liu et al., 2021; Sui et al., 2020)。

鉴于前人研究结果及通常所采用的分析方法,本研究进行了这一中介分析。结果部分中“3.3 眼动指标”一节的实验结果,事实上验证了中介模型的前半段路径(路径 *a*),而中介分析可进一步验证眼动指标与选择之间的关系(路径 *b*),从而更好地检验实验任务、眼动指标、风险决策行为之间的关系。希望审稿专家能理解本研究中中介分析的合理性。为防止读者误解,我们在引言关于假设 3 (H_3) 的论述部分补充了对中介分析的研究目的的相关表述,补充内容如下:

“为明确相关眼动指标在实验任务与风险决策之间的解释作用,本研究进一步检验如下假设:

H₃: 眼动指标(即信息获取深度, 信息加工复杂度和信息搜索方向)可中介决策任务对个体的选择是否符合 EV 预测(EV-consistent choice)的效应。”

参考文献:

- 刘洪志, 魏子晗, 盈嘉, 贺祉秋, 李东启. (2022). 因果与权重: 决策的眼动模型. *心理科学*, 45(1), 242–249.
- 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.
- 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.
- Newell, B. R., & Le Pelley, M. E. (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.
- Pärnamets, P., Johansson, P., Halla, 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.
- Sui, X. Y., Liu, H. Z., & Rao, L. L. (2020). The timing of gaze-contingent decision prompts influences risky choice. *Cognition*, 195, 104077.
- Liu, H. Z., Wei, Z. H., & Li, P. (2021). Influence of the manner of information presentation on risky choice. *Frontiers in Psychology*, 12.

意见 4:

章节 2.5 认真程度检测属于方法部分, 但是其中包含了结果, 这会让读者略感不顺。按第二位审稿人的意见, 似乎只要把瞳孔大小的测量及其原因放到方法部分, 结果仍放到结果部分。

回应:

根据审稿专家的意见, 在修改稿中我们将瞳孔大小的测量及原因放在方法部分, 将分析结果放在结果部分开头, 修改部分已在正文中用红色字体标出。

意见 5:

这段话读起来较难理解: “然而, 至今尚鲜有研究检验期望策略(即基于期望值最大化的策略)是否可足够好地描述为所有人做风险决策的情境。特别地, 在现实生活中, 我们至今不清楚‘指导我们制定一些政策/方案(如, 政府为所有公民制定应对重大公共卫生突发事件的政策、医生为所有病人制定标准的治疗方案等)的期望值最大化的策略’是否可满意地描述为所有人做风险决策的情境。”该段落的主旨是: 不清楚“指导我们制定政策的期望值最大化的策略”是否可描述为所有人做风险决策的情境。我的疑问是, “指导我们制定政策的期望值最大化的策略”就是说我们制定政策时基于期望值最大化策略, 既然如此, 为什么还不清楚期望值最大化策略能否描述制定政策的情景呢?

回应:

感谢审稿专家指出我们表达不清之处。事实上, 目前尚无足够证据表明人们在制定政策时基于期望值最大化策略。因此, 我们对这段话的相关表述进行了修改, 以避免表述不清引起读者误解。修改后的段落如下:

“现有的行为学和认知神经科学研究一致发现, EV 策略已经可以较好描述个体的多次风险决策情境(Klos et al., 2005; Li, 2003; Rao et al., 2013; Su et al., 2013), 这在一定程度上支持了本研究的推断(参见孙红月等, 2011)。然而, 尽管人们意识到相对于日常生活中为自己决策, 为所有人决策(如政府为所有公民制定应对重大公共卫生突发事件的政策、医生为所有病人制定标准的治疗方案等)其决策质量问题更事关重大、其决策后果

所产生的影响力更加深远,但至今尚鲜有研究检验期望策略(即基于期望值最大化的策略)是否可足够好地描述为所有人做风险决策的情境。此外,缺乏为所有人决策与为自己决策的差别的了解也阻碍我们理解现实中一些决策冲突发生的潜在机理。以医疗决策为例,医生为众多患者决策时或采用期望策略以降低“决策噪声”(Kahneman, et al., 2021),而为自己或家人进行医疗决策时可能采取某些启发式策略(Popovic, et al., 2019),这种由于不同决策目标、情境所产生的决策差异或可导致医患关系冲突问题。因此,考察为所有人决策的特点与心理机制不仅具有理论意义而且具有重要的现实应用价值。”

.....

审稿人 2 意见:

意见 1:

作者在回复另一位审稿人的意见时,呈现了用于多次决策任务和为所有人决策任务的中文指导语。阅读之后,发现存在一些问题。并且对比初稿的补充材料中提供的信息之后发现,存在不一致之处。首先,根据作者在答复审稿意见时提供的文本,在多次决策任务的指导语中,特别强调了是有放回抽样,但是在为所有人决策任务的指导语中,并没有强调是有放回抽样。相反,此处使用的关键指导语是“你可以想象这样一个情境:一个电动摇奖机里面装了 100 个球,每个球都有 1 个编号,从 1 到 100。有 100 个人来参加摇奖,每个人摇奖时,从摇奖机里摇出一个球。”这样的文本,有可能会让被试理解为无放回抽样,基于这样的理解,所说的一个电动摇奖机里的 100 个球,会被 100 个人来参加抽奖的人全部用完,因此,采用 EV 方式进行决策,就变成了明显的最优方案。换言之,此处所使用的特定的指导语,可能诱发了 EV 策略(或者等价的求和策略),而不是反映了自然情境下被试的实际策略。此外,这里还提到了想象有 100 个人来参加抽奖,这个想象的数量,和多次决策任务中的决策次数是一样的,可能提升为所有人决策和多次决策两种任务的同质性。此外,这和作者在回应中提到的,为所有人决策任务的指导语中并没有明确指出“所有面临该选择的人”的具体信息也有不符之嫌。由于存在这些问题,我又去看了初稿的英语补充材料,希望得到更明确的信息。阅读之后发现,英文表述的指导语,和作者在回应评审意见时提供的中文指导语又存在差异。在英文表述的指导语中,提到的是 100 个摇奖机,每个人使用 1 个摇奖机。这样的指导语可以避免被试认为是无放回抽样的可能性。但是,在文本中提到 100 个人和 100 个摇奖机,仍然会导致为所有人决策和多次决策存在同质描述的问题。最后,针对单次决策和多次决策的指导语中,要求被试报告的是“偏好的”选项,而在为所有人决策任务中,要求被试报告的是“最优的”选项并且会根据是否做出最优选择进行激励(英文版中用的是 more optimal 和 based on whether you select the optimal options for everyone 这样的表述)。虽然如正文中所言,要求报告“最优”选项并不等价于要求使用期望策略,但是“最优的”和“偏好的”这两种提法显然存在差异,前者暗示存在正确答案,而后者无此种暗示,这可能导致为所有人决策任务中被试倾向于采取 EV 策略,而不是反映了他们在自然情况下就会采用 EV 策略。作者需要解释,为什么在为所有人决策任务中,要使用“最优的”而非“偏好的”选项这一说法。无论是何种情况,建议作者检查实际使用的指导语,并在下一轮评审中提供详细的中文表述的指导语,以便澄清相关疑问。

回应:

感谢审稿专家认真细致的意见。一方面,审稿专家的意见帮助我们修改了论文中一些表述不准确的地方,显著提高了文章质量;另一方面,审稿专家的一些意见也使我们深入理解了相关概念,使我们学到了很多。

(1) 我们详细检查了实验中实际使用的指导语。非常抱歉由于整理文档的疏忽,我们在之前的补充材料中遗漏了部分信息。在为所有人决策任务中,实际使用的指导语并非“每

人使用 1 个摇奖机”，而是有放回地使用同一个摇奖机摇奖。在实际使用的指导语中，我们强调了“请注意：每人开奖后把球放回，然后下一个人再进行摇奖。”以避免被试产生误解。根据审稿专家的建议，我们已将实验中实际使用的原始指导语 pdf 版本上传至补充材料，供审稿专家审阅。

另外，在为所有人决策任务中，以“100 人摇奖”情境举例并非是要被试在决策时想象只有 100 人并为他们决策，而是为了帮助被试理解任务要求。在实际使用的指导语中，在“100 人摇奖”情境后，还会向被试强调所有人并非只有 100 人。具体指导语如下：

“为了帮助你理解实验要求，请想象：

- (1) 假设有 10 个人面临以下选择，请为他们进行选择；
- (2) 假设有 100 个人面临以下选择，请为他们进行选择；
- (3) 假设有 1000 个人面临以下选择，请为他们进行选择；
- (4) 假设所有人都面临以下选择，请为他们进行选择。

本次任务要求你按照第 (4) 个要求，即假设所有人都面临以下选择，请为他们进行选择。”

(2) 我们上一稿中回应审稿专家 1 关于“所有面临该选择的人是谁”的疑问时回应说“并未向被试明确指出所有面临该选择的人的具体信息”，指的是未向被试提供面临选择的人的相关信息（如这些人是被试的朋友还是陌生人）。非常抱歉由于我们表述不清引起了审稿专家的误解。

(3) 在实际使用的中文指导语中，告知被试的指导语为“假设你所选择的方案将成为所有面临该选择的人的选择方案，哪一个方案是你所认为的最优方案？”之所以使用“最优”而非“偏好”作为任务要求，是考虑到“偏好”一词可能诱导被试基于自身的偏好特点进行决策。而在本研究中，为所有人决策任务的目的是为了模拟理论家在发展适用于所有面临抉择的个体的理论模型时的初衷。因此我们认为，“为所有面临该选择的人选择最优方案”与本研究目的更加契合，希望审稿专家能理解本研究使用“最优”而非“偏好”的合理性。

意见 2:

引言第 2 段修改后的文本有如下表述：“并累加所有加权后的效用值（即期望值）”。此处括号中的注释可能引发误解，期望值是累加的结果，而非被累加的对象，建议将括号中的内容改为“即获取期望值”。

回应:

感谢审稿专家的细心建议。根据审稿专家的建议，我们在修改稿中将“期望值”修改为“获取期望值”。

意见 3:

引言第三段中修改的部分提到，许多启发式理论，如最大值最大启发式(maximax heuristic, MH) (Savage, 1951)、齐当别(equate-to-differentiate, ETD)抉择模型(Li, 2004, 2016)、占优启发式(priority heuristic) (Brandstätter et al., 2006)等，均假设个体在风险决策时首先会识别选项间各个维度的差异，比较这些差异，并基于关键的单一维度进行决策。对于 MH 和占优启发式而言，有时只需要识别一个维度上的差异即可做出决策，无需识别各个维度的差异，更无需要对这些差异进行比较，建议修改。

回应:

根据审稿专家的建议，我们对这一表述进行了修改。修改后的句子如下：

“许多启发式理论，如最大值最大启发式(maximax heuristic, MH) (Savage, 1951)、齐当别(equate-to-differentiate, ETD)抉择模型(Li, 2004, 2016)、占优启发式(priority heuristic)

(Brandstätter et al., 2006)等, 均假设个体在风险决策时首先会识别并比较选项间多个维度(或单一维度)的差异, 并基于关键的单一维度进行决策。”

意见 4:

引言第五段中对大数定律的阐述有误, 接近于事件发生概率的是事件发生的“相对频数”而非频数。

回应:

感谢审稿专家的细心指出。根据审稿专家的建议, 我们在修改稿中将对大数定律的阐述中的“频数”修改为“相对频数”。

意见 5:

文中多次提到“风险博弈”这一概念, 并且似乎将这一概念同“风险决策”交替使用。从博弈论的角度来说, 博弈这一概念是有特定含义的, 必须包含至少两个行动方, 且各自的最终结果既取决于己方的选择, 也取决于对方的选择。建议作者统一使用“风险决策”一词。

回应:

感谢审稿专家的细心指出。事实上我们想表达的并非博弈论的“博弈”, 而是“gambling”。为了防止读者误解, 我们已按照专家的建议, 在修改稿中统一使用“风险决策”这一表述。

意见 6:

假设 1, 2 和 4 的陈述不妥。实际检验的假设并非一个条件命题, 而是该条件命题的后件, 应当像假设 3 那样去陈述。

回应:

根据专家的建议, 我们将假设 1、2 和 4 进行了重新表述, 不再使用条件命题的形式。修改后的假设如下所示:

“H₁: 为所有人决策任务和多次决策任务的扫视轨迹模式的相似性应高于为所有人决策任务和单次决策任务的相似性。”

“H₂: 为所有人决策任务和多次决策任务的信息获取深度和信息加工复杂度应当高于单次决策任务, 且比单次决策任务更多采用基于选项的信息搜索模式。”

“H₄: 结果维度差异的量级(简称结果差异)应当影响单次决策任务的信息加工过程(如信息获取深度), 而选项间 EV 值差异的量级(简称 EV 差异)不会有此效应; EV 差异应当影响为所有人决策任务和多次决策任务的信息加工过程(如信息加工复杂度), 而结果差异不会有此效应。”

意见 7:

新增的模型预测分析(表 1)中提到, 对于 CPT, 使用了针对个体的极大似然估计, 但是并没有指出选择函数或者似然值的计算方式。而且, 考虑到最后的分析指标是模型预测的正确率, 将预测正确率而非似然值作为极大化的对象更为合理, 建议修改。此外, 所引用的文献重点介绍的是对 CPT 参数的层级贝叶斯分析方法, 而非个体水平分析方法, 需要澄清具体使用的到底是哪种拟合方式。

回应:

感谢审稿专家的建议。在上一稿中, 我们采用了最大似然估计的方式估计 CPT 参数, 是参考了 Glöckner 和 Pachur (2012) 所采用的估计方法, 在该项研究中 CPT 的参数是采用最大似然估计的方式进行估计的, 并比较了不同模型的预测力。根据审稿专家的建议, 我们将预测正确率作为极大化的对象重新计算了 CPT 的预测力, 发现采用新的估计方法后 CPT

的预测力显著提高。我们基于新的结果修改了“3.1.1 模型预测”的结果，修改后的内容已在正文用红色字体标出详见修改稿。

此外，我们删去了审稿专家所指出的不合适的参考文献，并在表 1 中澄清具体使用的拟合方式。表 1 中修改后的内容如下所示：

“基于公式 $\sum \pi(p_i) \cdot v(x_i)$ 计算加权结果的总和，并选择加权求和总值最高的选项。其中 $\pi(p_i) = p_i^\gamma / [p_i^\gamma + (1 - p_i)^\gamma]^{1/\gamma}$, $v(x_i) = x_i^\alpha$ 。本研究采用正确率最大化的方法在个体水平估计参数值，即对于每一个体，估计出 CPT 模型对该个体预测正确率最高的一组参数值。”

同时，我们在讨论中补充了对 CPT 预测力的相关讨论。补充内容如下：

“值得指出的是，虽然在单次决策任务中，CPT 的预测准确率($M = 72\%$)显著高于其他模型，但是这一预测力是采用极大化正确率的方法进行参数估计得出的，使得该模型在预测正确率上相较于其他模型具有较大优势，同时牺牲了模型的简约性。此外，也有研究者质疑 CPT 是否属于期望值最大化的理论，例如有研究者发现 CPT 也可很好地适配由启发式模型所生成的决策数据模式(Pachur et al., 2017)。”

参考文献：

Glöckner, A., & Pachur, T. (2012). Cognitive models of risky choice: Parameter stability and predictive accuracy of prospect theory. *Cognition*, 123(1), 21–32.

意见 8：

同一张表里对于 ETD 的描述是根据维度内“效用”差异最大的维度进行决策。此处的“效用”怀疑有误，是否是“客观结果”？如果的确是效用，对应的效用函数是如何确定的？

回应：

非常抱歉由于我们表述不清引起了审稿专家的误解。我们采用的是 Su 等人（2013）在考察 ETD 模型的预测力时所使用的对数效用函数形式： $u(x_i) = \log(x_i)$ 。在修改稿中，我们补充了对 ETD 的相关描述。修改后的描述如下：

“Equate-to-differentiate (ETD) model: 根据在维度内效用差异最大的维度(最好可能结果维度或最差可能结果维度)进行决策，选择在此维度上获益更大的选项。本研究采用对数效用函数的形式： $u(x_i) = \log(x_i)$ (Su et al., 2013)。”

参考文献：

Su, Y., Rao, L. L., Sun, H. Y., Du, X. L., Li, X., & Li, S. (2013). Is making a risky choice based on a weighting and adding process? An eye-tracking investigation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 39(6), 1765–1780.

意见 9：

3.1 节最后一段提到，虽然在本研究中 EV 和 EU 理论的预测力无显著差异，但在模型的简约性(parsimony)上 EV 模型更优(Kline, 1998)。EU 和 EV 在模型简约性上是否存在差异，取决于 EU 是否比 EV 包含更多的自由参数。一般情况下的确如此，但在本研究所使用的 EU 中，效用函数并不包含自由参数，所以此处不宜认为 EV 比 EU 更简约，建议删除这一论述。

回应：

根据审稿专家的建议，我们在修改稿中删除了这一论述及对应的参考文献。

意见 10：

10.3.2 节第一段提到，N-W 算法可同时考虑注视长度和注视点时长，请解释这里的“注视长度”和“注视点时长”之间的差异。

回应：

抱歉由于我们表述不清，引起了审稿专家的困惑。传统的字符编辑算法一般只考虑注视长度（fixation length），而 N-W 算法可同时考虑注视长度和注视点时长（fixation duration）。正如 Zhou 等人（2016）所述：“Compared with traditional string-editing algorithms, the N-W algorithm can take the fixation length and fixation duration into account.” 引用 Cristino 等人（2010）的示例，对于包含 3 个注视点的序列：A（100 ms）→ C（210 ms）→ B（260 ms）。若不考虑注视点时长，所得注视序列即为：ACB。若考虑注视点时长，以 50 ms 的间隔（bin）对注视点进行切分，所得注视序列即为：AACCCCB BBBB。如图 S1 所示。

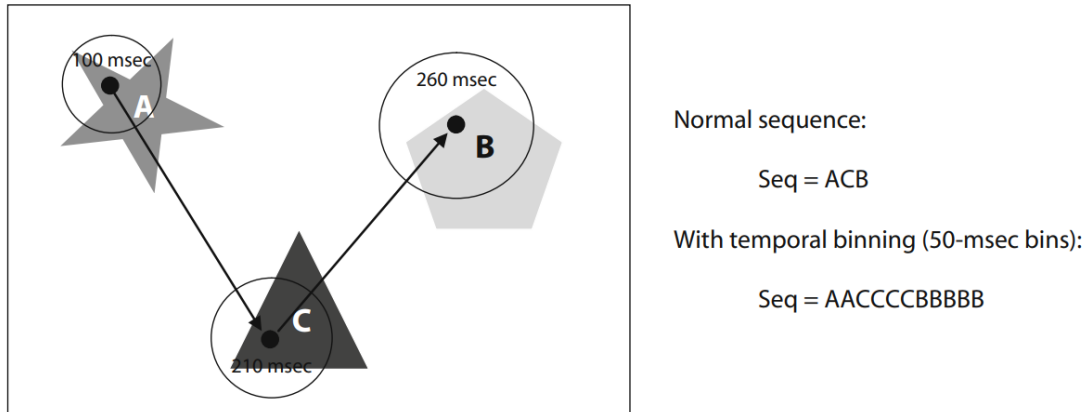


图 S1 基于注视点生成眼动序列示例（引自 Cristino 等, 2010）

为了更清晰地表述注视长度和注视点时长的差异，我们修改了正文中的相关表述，修改后的句子如下所示：

“与只考虑注视点序列的传统字符编辑(string-editing)算法相比，N-W 算法可进一步考虑注视序列中的注视点时长，将注视点基于时长进行分割，从而提高注视序列相似性比较的灵敏度，此外，这一算法亦可基于刺激的兴趣区进行编码(Zhou et al., 2016)。”

参考文献：

Cristino, F., Mathot, S., Theeuwes, J., & Gilchrist, I. D. (2010). ScanMatch: A novel method for comparing fixation sequences. *Behavior Research Methods*, 42(3), 692–700.

Zhou, L., Zhang, Y. Y., Wang, Z. J., Rao, L. L., Wang, W., Li, S., . . . Liang, Z. Y. (2016). A scanpath analysis of the risky decision-making process. *Journal of Behavioral Decision Making*, 29(2–3), 169–182.

意见 11：

讨论的第二段结尾处提到，行为和眼动指标结果均支持本研究关于“被试在为所有人决策任务和多次决策任务中更可能采用期望策略，而在单次决策任务中更可能采用启发式/非期望策略”的假设，最后这一论述和实际分析结果反映的情况不符。根据图 2 中的 c 图和正文内容，对于单次决策，启发式策略的预测准确性并没有统计上显著地高于期望策略，而且所考虑的所有 6 种模型的预测准确性都不高，甚至接近或者低于随机水平(即 50%)。因此，不宜使用“在单次决策任务中更可能采用启发式/非期望策略”这样的论述。所有分析中，唯一明确说明在单次任务中更可能使用启发式策略的结果是关于 SMI 的结果，但仅凭这一结果，还不足以得出上述结论。建议修改。

回应：

感谢审稿专家的细心指出，在上一稿中我们修改了行为结果，导致对应的结论表述不够准确。根据专家的建议，我们修改了讨论第二段结尾处的结论。修改后的句子如下：

“总之，行为和眼动指标结果均表明，相比于单次决策任务，被试在为所有人决策

任务和多次决策任务中更可能采用期望策略。”

意见 12:

图 6 中对于何为期望理论预测方向的解释整体而言是合理的,但是对于扫视路径模式的任务内相似性分数这一指标,似乎不能做出文中所做的论述。相比于使用期望策略,为什么在使用启发式策略的时候,任务内相似性分数会较低呢?

回应:

感谢审稿专家的细心指出,我们认同审稿专家的意见。经过综合考虑,我们决定将任务内相似性分数这一指标从图 6 中删去,以避免读者产生误解。

意见 13:

第 38 页第 3 行有重复的“悖论”一词。

回应:

感谢审稿专家的细心指出。在修改稿中我们去掉了重复的“悖论”一词,并通读修改稿,以避免类似的错误。

意见 14:

结论的第二点是,为所有人决策任务和多次决策任务的扫视轨迹模式更相似,但与单次决策任务的扫视轨迹模式不同,这一论述有言过其实之嫌。此处实际分析的对象是任务间相似性的差异。分析结果表明,为所有人决策任务和多次决策任务的相似性,高于为所有人决策任务和单次决策任务的相似性。后者相似性低,并不意味着比较的两个对象在扫视轨迹模式上存在不同,如果可以认为它们存在不同,那么同样可以认为为所有人决策和多次决策的扫视轨迹模式不同。建议将上述论述修改为“就扫视轨迹模式而言,为所有人决策任务和多次决策任务的相似性,高于为所有人决策任务和单次决策任务的相似性”。

回应:

感谢审稿专家的建议,使得这一表述更加精确。根据审稿专家的建议,我们将第 2 点结论进行了修改。修改后的句子如下所示:

“(2) 就扫视轨迹模式而言,为所有人决策任务和多次决策任务的相似性,高于为所有人决策任务和单次决策任务的相似性。”

同时,前言中的假设 H_1 我们也对应地进行了修改,修改后的假设如下所示:

“ H_1 : 为所有人决策任务和多次决策任务的扫视轨迹模式的相似性应高于为所有人决策任务和单次决策任务的相似性。”

第三轮

审稿人 1 意见:

作者已很好解决了我提出的所有问题,稿件质量达到《心理学报》发表要求,建议发表。

回应:

感谢审稿专家的辛勤付出和鼓励。

审稿人 2 意见:

作者已经较好地回复了我之前的评审意见,同意发表。

回应：

感谢审稿专家的辛勤付出和鼓励。

编委意见：

首先感谢两位评审人深入细致的意见，在阅读完评审意见和作者的反馈后，我认为该文的理论和实验数据之间结合得更好，建议考虑发表。

回应：

感谢编委专家的认可与鼓励。

主编意见：

该研究针对所有人决策和单个自我决策的理论模型差异进行了比较，有利于丰富人们对决策过程的认知；而且还借用了眼动分析的方法。两位匿名评阅人非常认真地把关，从方法细节、表述句子和用词等方面都进行了严格地评审，经过两轮的修改和完善，尽管篇幅较长，但是，从可读性、规范性方面都达到了《心理学报》发表的要求和水平，同意发表。建议：在不影响阅读的情况下，适当减少篇幅。

回应：

感谢主编的认可与鼓励。我们按照主编的建议，在不影响阅读的情况下，缩短了文章的篇幅。将文章从 1.9 万字缩短至 1.65 万字。