“20%的概率获得蛋糕”=“获得蛋糕的20%”? 检验风险决策的期望法则假设

梁竹苑^①, 徐丽娟^②, 饶俪琳^①, 蒋田仔^②, 李纾^{①*}

① 中国科学院心理研究所行为科学重点实验室, 北京 100101;

② 中国科学院自动化研究所, 模式识别国家重点实验室, 北京 100190

* 联系人, E-mail: lishu@psych.ac.cn

2012-07-13 收稿, 2012-09-04 接受

国家重点基础研究发展计划(2011CB711000)、国家自然科学基金(71071150, 31170976)、中国科学院知识创新工程重要方向项目(KSCX2-EW-J-8)和北京市重点学科建设项目资助

摘要 风险决策主流理论以期望法则的计算为核心假设, 认为决策者需要进行“加权求和”的期望值计算过程. 为检验这一基本假设, 本研究采用相同的视觉材料设计了两类任务: 将“%”看成“概率”的概率决策任务(风险决策)和将“%”看成“比例”的比例决策任务(计算决策). 两任务均要求被试选择自己偏好的选项. 考虑到被试在比例决策任务中须执行“加权求和”的期望值计算, 方能使其收益最大化, 我们推测, 若被试在概率决策任务中也是根据“加权求和”规则做出决策, 我们应当会发现影响“期望值计算”的诸因素(如计算难度、算术能力)同时影响两类任务. 结果发现: 计算难度和算术能力只影响比例决策任务绩效(其反应时更长, 基于期望值选择的比例更高), 但不影响概率决策任务绩效. 相反, 与“期望值计算”无关的“概率能力”和“感觉寻求人格”只影响概率决策任务绩效, 但不影响比例决策任务绩效. 该结果表明, 概率能力和人格对风险决策的行为绩效起调节作用, 人们在风险决策中可能并未按照期望法则的精确计算方式做出决策. 期望法则家族理论将“加权求和”结果作为人类风险偏好的单一指数, 或许是一种人为创造的错误指数.

关键词

风险决策
期望法则
比例决策任务
概率决策任务
算术
概率能力
人格

所有生物, 从筑巢的蜜蜂到建模的工程师, 都必须对未来进行预测, 以便决定下一步的行动. 为了做出最佳选择, 既要考虑各行动结果的潜在价值, 又要考虑导致各行动结果的概率. 17 世纪数学家 Blaise Pascal 和 Pierre de Fermat 以通信的形式对赌博问题进行的讨论, 结合了这两种考虑因素, 形成了期望价值(expected value, EV)的概念. 在此基础上产生了经典的期望价值理论(expected value theory), 认为人们决策时需要计算各选项的期望价值, 从而选取 EV 最大的选项, 即: 一个风险选项的总价值, 是通过用每一可能结果的概率(probability)权衡该可能结果(possible outcome)后, 得到的乘积之和, 即

$$EV = \sum_{i=1}^n p_i v_i, \quad (1)$$

其中, i 表示事件的可能结果数, v_i 表示事件的某一可能结果, p_i 表示该可能结果发生的概率. 作为规范性决策模型的基础和核心, 期望价值的概念在经济学和心理学理论中都扮演着重要的角色^[1,2].

期望价值理论是风险决策理性理论的基础, 正是基于该理论, 研究人员发展出行为决策领域中风险决策的规范性理论(normative theory). 规范性理论旨在告诉人们理想上应当如何推理、判断和进行决策^[3]. 其理论基础是“无限理性”假设, 认为决策者是无限理性的, 其认知能力可以完成期望法则所需要

英文引用格式: Liang Z Y, Xu L J, Rao L L, et al. “20% probability to gain a cake” = “gain 20% of the cake”? Testing the expectation rule of risky decision making (in Chinese). Chin Sci Bull (Chin Ver), 2012, 57: 3421–3433, doi: 10.1360/972012-691

的计算. 在各种规范性决策理论中, 虽然采用了不同形式的结果函数或概率函数, 如期望价值理论、期望效用理论(expected utility theory)^[1,4], 以及主观期望效用理论(subjective expected utility theory)^[5,6]等, 但其本质依然是计算概率与结果函数的加权之和, 即期望法则. 因此, 可以把规范性决策理论归为期望法则家族理论.

尽管人们经常从实际选择中推导出期望值, 但研究者发现人们在实际决策中一再地违背规范性理论的基本公理(如独立性、不变性、可传递性公理). 为理解和解释人们决策中出现的各种偏差, 部分研究者发展了风险决策的描述性理论(descriptive theory), 即描述人们实际上如何进行思考的理论^[3]. 其中影响最大的是 Kahneman 和 Tversky 先后提出的预期理论(prospect theory)^[7]和累积预期理论(cumulative prospect theory)^[8]. 以预期理论为例, 该理论引入一个非线性的权重函数 $\pi(p)$ 替代了期望效用理论中的 p , 认为决策时人们用该函数值与结果的效用相乘, 选取乘积值较大的选项, 即 $\sum \pi(p)v(x)$. 可见, 在预期理论的躯壳中依然是期望法则的灵魂, 仍属于期望法则家族理论.

总结上述期望法则家族风险决策理论, 其共性是遵循补偿性(compensatory)规则, 即为解决决策冲突并揭示个体差异^[9], 该类理论采用一个累加后的价值函数, 将对概率、结果等多个维度的评估缩减到在“价值”这单一维度上进行评估^[9,10]; 价值函数对所有可能收益加权并求和, 从而对各选项分配一个单维的价值. 这样, 每一个选项都具有一个可用单一数值来度量的价值^[11]. 由此也产生了该类理论最大的优点: 风险条件下的决策理论都需要同时考虑选择结果及其概率, 而“期望法则”为将概率和结果整合为一个单一的“价值度量”提供了非常“简洁”的方法^[2], 使其成为经济学等应用领域中为人偏爱的建模工具. 为了使理论能更好地预测人们决策的实际行为, 这类理论不断改进其模型中的概率函数或结果函数, 但修正者并未从本质上对期望法则中核心的加权求和过程产生过怀疑.

因此, 检验风险决策中期望法则的首要问题, 就是检验其假设的“加权求和”过程是否真实存在. 虽然已有研究对该类模型进行了检验^[12], 但多采用结果预测(outcome prediction)或模型拟合(goodness-of-fitting)的方式进行^[13]. 该类方法的弊病在于, 不同决

策模型所预测的结果(个体的选择偏好)可能相同, 但其所假设的潜在认知过程却可能完全不同. 因此, 无法依据决策结果判断何种模型更优、更能真实地反映个体的决策过程^[14]. 且这些研究中没有进行关键的检验, 即决策者是否整合了概率和结果, 进行期望法则的计算^[14,15]. 据我们所知, 目前已有少数研究从决策过程的角度, 使用行为实验、眼动追踪、fMRI 等方法检验风险决策是否遵循补偿性规则^[16-20], 但这些研究多偏重检验期望法则中的“求和”过程, 鲜见研究直接检验期望法则中的“加权”过程.

期望法则的本质是可能的结果被概率(如期望价值和期望效用理论)或概率的单调函数(如预期理论)所加权^[21]. 从数学表达式上看, 这一加权过程等同于将概率或概率的单调函数与可能结果相乘. 即, 20%的概率获得一块蛋糕, 其期望价值等同于“获得这块蛋糕的 20%”. 由此可做如下推理: 假设某函数 $f(x)$ 与概率函数 $p(x)$ 等价, 则如果在期望法则的计算中以 $f(x)$ 替代 $p(x)$, 其作用应与 $p(x)$ 相同. 即, 假设求和过程不变, 当 $p(x)=f(x)$ 时, $\sum p(x)v(y)=\sum f(x)v(y)$. 因此, 可以将检验决策者是否遵循期望法则的加权相乘过程进行决策, 即 $\sum p(x)v(y)$, 转化为检验决策者的风险决策过程是否与 $f(x)$ 和可能结果相乘的过程等价, 即 $\sum f(x)v(y)$.

根据以上崭新的分析思路, 我们设计了本研究, 以最简形式的单调函数——恒等函数为概率函数的等价函数. 为保证被试能够通过自动加工过程按照自己偏好做出决策, 我们设计了 2 个决策任务: 在概率决策任务(probability decision task)中, 被试进行常规的风险决策; 在比例决策任务(proportion decision task)中, 被试通过将比例与可能结果相乘做出决策. 我们认为, 比例决策任务中的比例是公式 1 中概率的等价函数, 因此, 如果被试在该任务中将比例与可能结果相乘, 选择了乘积最大的选项, 即代表着被试在按照加权求和的 $f(x)v(y)$ 规则, 即期望法则进行决策. 使用上述设计独特的实验任务, 我们将检验风险决策是否符合期望法则计算规则的过程, 转化为检验概率决策任务和比例决策任务所包含的心理过程是否等价. 由此我们推测, 若被试在概率决策任务中也是根据“加权求和”规则做出决策, 那么, 当概率决策任务与比例决策任务中的选项完全相同时, 决策者在两类任务中的绩效(如反应时、选择等)应当无差异.

为深入检验这一假设,我们根据认知心理学常用的双分离(double dissociation)逻辑^[22,23],设计了本研究的分实验内容。我们的检验逻辑是:如果两任务A和B包含同样的心理过程(在本研究中即期望法则计算过程),则影响被试在任务A中绩效的变量也应该影响其在任务B中的绩效;如果两任务包含的心理过程不同,则在影响任务绩效的变量上应出现双分离效应,即影响任务A的变量将只对A有作用,但对任务B无作用;反之亦然。根据上述检验逻辑,我们选择了两类操作变量。第一类变量应当与期望法则计算过程相关,即算术计算的难易程度,其表现在任务特征上为选项的计算难度;表现在被试的个体差异上,即个体的算术能力;第二类变量应当与期望法则计算过程无关,但与风险决策过程相关。我们选择了概率能力(numeracy 或 numerical ability)及风险决策相关的人格特质——感觉寻求(sensation seeking)。

概率能力,即理解和使用数字及概率信息的能力^[24]。研究发现,与低概率能力者相比,高概率能力者对风险的估计更准确^[25],更不易受偏差如框架效应的影响^[26,27],且概率能力的效应与一般智力^[27]、教育水平^[24]等无关。可见,概率能力与风险决策密切相关。另一方面,感觉寻求人格指个体对变化、新异和复杂感觉和经验的需要,及冒着体力、社会等风险去寻求这种经验的意愿^[28]。大量研究已经发现,自我报告的感觉寻求倾向与各种冒险行为间存在相关,包括犯罪行为、危险性行为、吸烟等^[29],尤其是与个体在金融、赌博等经济领域中的风险倾向相关^[30],且在中国文化中也发现了类型的结果^[31,32]。

由此可推测,若被试在概率决策任务中也是根据“加权求和”规则做出决策,那么我们应当会发现,影响“期望值计算”的因素(如计算难度和算术能力)应同时影响两类任务。相反,若被试在概率决策任务中的决策不依据期望法则,则计算难度和算术能力将仅影响被试在比例决策任务的绩效,而概率能力和感觉寻求人格将仅影响概率任务绩效。为简化任务难度,本研究中将仅对“加权”规则进行检验。

1 方法

1.1 被试

被试为北京市高校本科生或研究生66人(其中男性27人,平均年龄 21.86 ± 2.69 岁)。被试均为右利手,

无红绿色盲,视力或矫正视力正常。实验前被试均签署了知情同意书。

1.2 实验程序

本研究分实验和问卷部分。其中实验部分包括概率决策任务和比例决策任务。两任务均要求被试在2个涉及获得或失去一定数额金钱的选项中,按照自己的偏好进行选择。其差异在于,概率决策任务中操作了获得或失去金钱的概率,比例决策任务中操作了获得或失去金钱的比例。被试相隔2个星期完成2个任务,任务顺序随机。每个实验开始前,被试进行练习任务以熟悉任务形式,并完成测试,以检查其对实验任务的理解情况;每个实验结束后,被试填写实验任务评估问卷,对自己完成实验的情况进行评估。

为激励被试认真完成实验,每一实验后,被试可以从该实验的刺激中随机抽取1组。被试在该组中累计获得的钱数(乘以一定的比例),作为该被试报酬的一部分,与参加实验费用(¥20元)合计后支付。

其他问卷部分在2次实验任务完成后进行,包括中文修订版感觉寻求量表(sensation seeking scale, SSS-V)和概率能力量表(numeracy scale),及中国修订版韦氏成人智力量表(WAIS-RC)的算术(arithmetic)分测验。

1.3 实验任务与材料

为使概率决策任务和比例决策任务对等,我们匹配了两任务的指导语和刺激。首先,除一词外,两个实验任务的指导语内容完全相同,即比例决策任务的指导语为:“在每一个选项中,您都会按照某一比例(用百分数表示),获得或失去一定数额的金钱”;概率决策任务的指导语为:“在每一个选项中,您都会按照某一概率(用百分数表示),获得或失去一定数额的金钱”。其次,两个实验任务的刺激材料及呈现方式完全相同。

两任务均由1个练习block(含4个trial,不进入后续分析)和4个正式block(含120个trial,其中基线刺激24个trial)组成。完成一个实验任务约需35 min。两任务中,实验刺激均以饼图的形式通过计算机呈现(图1)。饼图的颜色代表选项的效价:红色为获得,绿色为损失,灰色为不失不得;饼图上方的数字,代表该选项涉及的金钱总数;饼图中彩色区域中的百分数,代表该选项结果发生的概率(概率决策任务),

图 1 概率与比例决策任务流程示意图

(a) 注视点; (b)和(c) 获得/损失效价的刺激呈现; (d)和(e) 获得/损失效价的比例决策任务反馈; (f)和(g) 获得/损失效价的概率决策任务反馈; (h) 黑屏

或选项结果的比例(比例决策任务). 在被试选择后, 反馈伪随机的结果, 使所有被试在每个 trial 中的输赢均相同.

为保证被试正确理解实验流程和刺激的含义, 我们分别在两任务的练习 block 后, 以测验的方式(各 9 题)检查了被试是否正确理解任务流程及含义. 概率和比例决策任务测验的通过率分别为 88.98%, 88.11%. 并由主试对测验中有错误回答的被试一一讲解, 直至被试正确理解并回答所有测验题目. 随后开始正式实验任务.

(i) 概率决策任务. 概率决策任务为被试内的 $2 \times 2 \times 3$ 设计: 结果效价(得, 失) $\times$ 风险选项数(1 个、2 个) $\times$ 计算难度(高、中、低). 结果效价即游戏是获得金钱或者损失金钱. 风险选项数指 2 个选项中含非 100% 概率选项的个数. 为更好地操作 2 个选项中涉及的计算量, 我们操作了选项的计算难度. 根据数字认知中的数值效应(magnitude effect), 数字越大, 其加工难度越高, 加工时间也越长^[33]. 因此, 我们按照选项中概率的数字大小, 定义了 3 种难度水平: 高、中、低. 每一水平含 2 种概率, 分别为: 0.80 和 0.70, 0.60 和 0.40, 0.30 和 0.20. 且风险选项数为 2 个时, 各条件下匹配选项的概率分别为 0.95, 0.50, 0.05.

为控制 EV 值大小对被试的选择的可能影响, 我们匹配了两个选项的 EV 值, 使其近似相等(四舍五入取整, 相差 0~2 元). 所有实验材料的 EV 值范围为 10~15 元. 为检查被试是否认真完成任务, 我们操作了基线刺激, 使其两个选项均含 100% 概率. 为平衡选项呈现位置的可能影响, 所有刺激重复呈现 2 次(左右位置平衡). 每个 block 中实验刺激呈现顺序伪随机, 使得其在含基线刺激数量、结果效价、计算难度、风险选项数及选项位置(左/右)等条件上均匹配.

(ii) 比例决策任务. 比例决策任务为被试内的 $2 \times 2 \times 3$ 设计: 结果效价(得、失) $\times$ 非整比例选项数(1 个、2 个) $\times$ 计算难度(高、中、低). 其中, 非整比例选项数即选项中含有非 100% 比例的个数. 计算难度与概率任务类似, 其值与概率决策任务中的概率值相同. 所有实验材料(含基线刺激)的数值与概率决策任务完全相同.

(iii) 问卷. 实验任务评估问卷: 为检验被试对实验任务的理解及完成任务情况, 2 次实验任务后分别施测了自编的实验任务评估问卷. 每一问卷各含 3 题, 包括: 在 7 点量尺上评定(1, 非常不相信; 7, 非常相信)是否相信自己会按照本次实验说明获得报酬; 报告在刚刚完成的实验中, 通过计算(或直觉)完成选

择的百分比(2题)。

感觉寻求量表:测量被试的感觉寻求倾向,共40题。题型为二选一的迫选题^[31]。包括4个分量表:寻求激动(TAS)、新异体验(ES)、厌恶单调(BS)和摆脱抑制(DIS)。最高分为40分。本研究中感觉寻求量表的 $\alpha = 0.724$ 。

概率能力量表:测量被试对概率的理解能力,共11题^[24]。题型为单选题或自由回答问题,最高分11分。例如,“如果得某种疾病的机率是每100人中有20人患病,这相当于有百分之几的可能性患有该病?”本研究中概率能力量表的 $\alpha = 0.534$ 。

韦氏成人智力量表算术分测验:测量被试的数字运算能力,共14题^[34]。由一名主试单独施测。最高分16分。

2 结果

研究使用SPSS18.0统计软件进行了数据整理和统计分析。根据基线刺激(2个选项均含100%比例或100%概率)中的错误率(被试选择获得金额更小的选项或失去金额更大的选项),检验被试是否认真完成实验任务,删除错误率大于10%的被试2人;删除韦氏量表中未认真回答被试(3次以上要求主试重复题目)1人。有效被试63人(男性26人,平均年龄 21.73 ± 2.48 岁)。

2.1 概率与比例决策任务的比较

我们将概率决策任务与比例决策任务从被试选择反应时和被试选择结果2个指标上进行了比较。

反应时分析的主要目的:一是检测实验操作的主要变量“计算难度”的操作是否成功;二是从决策过程所需时间的角度,检验两任务是否包含同样的心理过程。其检验逻辑是:在需要计算的数字与难度均相同的前提下,如果被试在概率决策任务中遵循期望法则做出决策,则其反应时应与其在比例决策任务中的反应时无显著差异。对被试的选择结果分析的目的,是从决策结果的角度检验两任务的心理过程是否相同。其逻辑是:当比例和概率决策任务中各选项的数值均相同时,如果被试在概率决策任务和比例决策任务中均遵循期望法则做出决策,则二者的选择结果应无显著差异。

按照该分析逻辑,我们将获得和损失结果效价中被试选择的反应时及选择结果作为因变量,分别

进行了任务类型(概率、比例) $\times$ 计算难度(大、中、小) $\times$ 风险/非整比例选项数(1个、2个)3因素重复测量方差分析(ANOVA)。为控制施测顺序的可能影响,施测顺序也作为组间因素加入了方差分析。

(i) 反应时结果。对反应时结果的分析发现:在获得结果中,任务类型、选项数、计算难度因素的主效应显著, $F_{\text{任务}}(1,61) = 152.18$, $F_{\text{选项}}(1,61) = 123.84$, $F_{\text{难度}}(2,122) = 41.56$, $P_s < 0.001$, $\eta^2 = 0.71, 0.67, 0.41$;且任务类型与选项数、计算难度的交互作用显著, $F_{\text{任务类型} \times \text{选项}}(1,61) = 26.40$, $F_{\text{任务类型} \times \text{难度}}(2,122) = 61.34$, $P_s < 0.001$, $\eta^2 = 0.30, 0.50$;三阶交互作用显著: $F(2,122) = 6.68$, $P = 0.002$, $\eta^2 = 0.10$ 。Bonferroni事后比较发现(见图2):在各选项数及计算难度条件下,比例决策任务中被试的反应时长于概率决策任务($P_s < 0.001$),说明被试在比例任务中需要花更长的时间进行决策;在两任务中,2个风险/非整比例选项条件下被试的反应时均长于1个选项条件($P_s < 0.001$),说明风险/非整比例选项数越多,被试反应时越长;且比例任务中,除2个非整比例选项条件下高、中难度间无显著差异($P > 0.50$)外,计算难度越大,被试的反应时越长($P_s < 0.001$),说明在比例任务中,对计算难度的操作成功,随着需要计算的比例数字增大,被试的反应时变长。但概率任务中,无论风险选项数多少,不同计算难度水平间被试的反应时无显著差异($P_s > 0.05$)。施测顺序未发现任何显著效应($P > 0.10$),对被试选择的分析中得到了类似结果($P > 0.10$)。

在损失结果中得到了类似的结果,3个因素的主效应显著, $F_{\text{任务类型}}(1,61) = 121.675$, $F_{\text{风险/非整比例选项}}(1,61) = 158.35$, $F_{\text{难度}}(2,122) = 78.92$, $P_s < 0.001$, $\eta^2 = 0.67, 0.72, 0.56$;任务类型与风险/非整比例选项数、计算难度及后二者间的二阶交互作用显著, $F_{\text{任务类型} \times \text{风险/非整比例选项}}(1,61) = 44.60$, $F_{\text{任务类型} \times \text{难度}}(2,122) = 26.89$, $F_{\text{风险/非整比例选项} \times \text{难度}}(2,122) = 15.04$, $P_s < 0.001$, $\eta^2 = 0.42, 0.31, 0.20$ 。三阶交互作用显著: $F(2,122) = 6.41$, $P = 0.002$, $\eta^2 = 0.10$ 。Bonferroni事后比较发现(图2):无论风险/非整比例选项数或计算难度如何,比例决策任务中被试的反应时均长于概率决策任务($P_s < 0.001$);两任务中,2个风险/非整比例选项条件下被试的反应时均长于1个选项条件($P_s < 0.001$);且在比例任务中,无论非整比例选项数多少,计算难度越大,被试的反应时越长($P_s < 0.001$);但概率任务中,除被试在低难度水平时的反应时显著短于高、中难度水平时(1个风险选项,

图2 比例与概率决策任务中的平均反应时($M \pm SE$)

(a) 获得; (b) 损失

$P < 0.001$, $P = 0.002$; 2个风险选项, $P_s < 0.001$)外, 不管风险选项数的多少, 其他难度水平间被试的反应时无显著差异($P_s > 0.10$).

这一结果说明, 即使计算选项数相同且刺激完全相同, 从决策过程所需时间来看, 被试在概率决策任务中的决策过程与符合期望法则的比例决策任务存在显著差异: 与比例决策任务相比, 被试在概率决策任务中的决策过程耗时更短, 因而可能更加简捷. 且在比例决策任务中, 被试的反应时受计算难度高低的影响, 计算难度越高, 被试的反应时越长; 但在概率决策任务中, 其反应时基本不受计算难度的影响.

(ii) 选择结果. 我们对2个任务中被试的选择结果进行了编码: 被试按照EV规则选择(即选择了EV更大的选项)时, 计为1, 否则为0. 若两选项的EV值相等, 无论选择如何, 均计为1.

对被试选择结果的分析发现: 首先, 被试在比例决策任务中有近90%的比例按照EV规则进行了选择($M_{获得} = 86\%$, $M_{损失} = 87\%$), 说明本研究对比例决策任务的操作成功, 该任务可以作为符合EV规则的基线任务.

方差分析的结果则发现: 在获得结果中任务类型、风险/非整比例选项数、计算难度3个因素的主效应均显著, $F_{任务类型}(1,61) = 183.09$, $F_{风险/非整比例选项}(1,61) = 66.14$, $F_{难度}(2,122) = 35.29$, $P_s < 0.001$, $\eta^2 = 0.75$, 0.52 , 0.37 ; 且任务类型与计算难度的二阶交互作用及三阶交互作用均显著, $F_{任务类型 \times 难度}(2,122) = 12.30$, $P < 0.001$, $\eta^2 = 0.17$, $F_{任务类型 \times 风险/非整比例选项 \times 难度}(2,122) = 7.74$, $P = 0.001$, $\eta^2 = 0.11$. Bonferroni事后比较发现(图3): 不论风险/非整比例选项数及计算难度水平如何, 比例决策任务中被试按照EV选择的比例均高于概率决策任务($P_s < 0.001$), 被试在比例任务中更多地选择了价值更大的选项. 且在两任务中, 风险/非整比例选项数多时, 被试按照EV选择的比例均低于选项数少时($P_s < 0.001$). 具体而言, 比例决策任务中, 除高与中难度水平间无显著差异($P > 0.05$)外, 计算难度越小, 被试按照EV选择的比例越高(1个非整比例选项条件, $P_s < 0.001$; 2个非整比例选项, $P = 0.001$, $P < 0.001$), 说明在比例任务中, 计算难度影响被试按照EV规则选择的比例, 难度越低, 被试越倾向于选择符合EV最大规

图3 比例与概率决策任务中的平均选择结果($M \pm SE$)

(a) 获得; (b) 损失

则的选项。但在概率任务中,除中等难度水平时被试按照EV规则选择的比例低于高或低难度水平外(1个风险选项条件, $P_s < 0.001$; 2个风险选项条件,仅高难度, $P < 0.001$),无论风险选项数多少,不同计算难度水平间被试按照EV规则选择的比例无显著差异($P_s > 0.07$),说明被试是否按照EV规则做出选择不受选项计算难度大小的影响。

在损失结果中得到了类似的结果,3个因素的主效应显著, $F_{\text{任务类型}}(1,61)=193.60$, $P < 0.001$, $\eta^2=0.76$, $F_{\text{风险/非整比例选项}}(1,61)=8.65$, $P=0.005$, $\eta^2=0.12$, $F_{\text{难度}}(2,122)=25.13$, $P < 0.001$, $\eta^2=0.29$; 且任务类型与风险/非整比例选项数的交互作用及3阶交互作用显著, $F_{\text{任务类型} \times \text{风险/非整比例选项}}(1,61)=18.59$, $P < 0.001$, $\eta^2=0.23$, $F_{\text{任务类型} \times \text{风险/非整比例选项} \times \text{难度}}(2,122)=7.73$, $P=0.001$, $\eta^2=0.11$ 。Bonferroni事后比较发现(图3),不论风险/非整比例选项数及计算难度水平,比例决策任务中被试的按照EV选择的比例均高于概率决策任务($P_s < 0.001$); 比例任务中,一个非整比例选项时按照EV选择的比例高于2个选项时($P < 0.001$),而概率任务中二者无显著差异($P > 0.40$); 具体来看,比例决策任务中,除高与中难度水平间无显著差异($P > 0.10$)外,计算难度越低,被试按照EV选择的比例越高(1个非整比例选项条件,仅小与中难度条件间差异显著, $P=0.001$; 2个选项条件, $P_s < 0.001$)。但概率任务中,除1个风险选项条件下低难度水平时被试选择的比例高于高、中难度水平($P_s < 0.001$)外,无论风险选项数多少,不同难度水平间被试的选择比例无显著差异($P_s > 0.40$)。

这一结果说明,当选项完全相同时,被试在概率决策任务中的选择与比例决策任务存在显著差异:被试仅在平均约64%的选项中按照EV最大的规则进行了选择,而比例决策任务中该选择比例约达90%。更重要的是,在比例决策任务中,被试按照EV规则选择的比例受到计算难度大小的影响,但在概率决策任务中,其选择比例相对更不受该因素的影响。

2.2 算术能力、概率能力及感觉寻求人格对概率与比例决策任务的作用

为进一步检验概率决策和比例决策任务间的差异,我们分析了算术与概率能力及感觉寻求人格等个体差异变量对两个任务的作用。我们推测,算术能力与EV规则计算相关,而概率能力和感觉寻求人格与EV规则计算无关。因此,如果比例决策任务与概

率决策任务包含同样心理过程,那么算术能力将同时影响被试在2个任务中的任务绩效;反之,若两任务未包含同样心理过程,则在影响任务绩效的个体差异变量上将出现双分离效应:影响比例决策任务的个体差异变量将只对该任务有作用,但对概率决策任务无作用;反之亦然。

按照上述逻辑,我们分别以算术能力、概率能力和感觉寻求人格为协变量,对比例和概率决策任务在获得和损失结果效价中被试选择的反应时及选择结果,进行了计算难度(大、中、小) $\times$ 风险/非整比例选项数(1个、2个)两因素重复测量的协方差分析(ANCOVA)。由于未发现施测顺序的效应,协方差分析中未纳入该变量。

(i) 任务后自评问卷及各量表的描述统计结果。对被试自评问卷及计算与概率能力及感觉寻求人格量表得分的描述统计见表1。可见,被试对于两任务后得到报酬的信心均高于5,说明被试相信自己会按照实验说明获得相应的报酬。在同一任务中,被试通过计算与通过直觉做出决策的比例显著负相关, $r_{\text{概率}}=-0.98$, $r_{\text{比例}}=-0.996$, $P_s < 0.001$ 。因此在后续分析中,我们仅分别使用了概率任务和比例任务的计算比率2个变量。各问卷/量表间的相关见表1。

(ii) 算术能力对比例与概率决策任务的作用。为检验算术能力的作用,我们在比例决策任务和概率决策任务中,以算术能力为协变量,分别对反应时和选择比例2个因变量进行了协方差分析(ANCOVA)。考虑到两任务中被试通过计算做出选择的比率(以下简称计算比率)可能影响算术能力的作用,我们将计算比率也作为协变量加入了协方差分析中。

对比例决策任务的分析发现了算术能力对被试选择比例的显著作用。获得结果中,算术能力与计算难度的交互作用,及损失结果中算术能力的主效应显著: $F_{\text{算术能力} \times \text{难度}}(2,120)=3.28$, $F_{\text{算术能力}}(1,60)=4.76$, $P_s=0.041$, 0.033 , $\eta^2=0.05$, 0.07 。但将被试按照算术能力的平均数分为两组($M_{\text{低分组}}=10.64 \pm 1.66$, $M_{\text{高分组}}=14.49 \pm 1.12$, $t(1,61)=-10.94$, $P < 0.001$)后进行事后比较发现,对于反应时,除获得结果中低算术能力被试的反应时在高、中计算难度时无显著差异($P=1.00$)外,计算难度越大,被试反应时越长(获得:低算术能力组, $P_s < 0.001$, 高算术能力组, $P_s < 0.01$; 损失,低算术能力组, $P_s < 0.005$, 高算术能力组, $P_s < 0.005$)。对于被试选择比例,被试在低难度时选择EV规则的比例高

表 1 任务后评定问卷及各量表的描述统计和相关系数(r)^{a)}

问卷/量表	M(SD)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
获得报酬的信心										
1 比例任务	5.76(1.47)	—								
2 概率任务	5.27(1.41)	0.36**	—							
通过计算选择的比率										
3 比例任务	79%(24%)	0.17	-0.16	—						
4 概率任务	36%(29%)	0.21	0.25*	0.38**	—					
能力										
5 算术能力	12.78(2.37)	0.18	0.07	-0.05	0.09	—				
6 概率能力	9.87(1.40)	-0.03	-0.13	-0.08	-0.25*	-0.21	—			
感觉寻求										
7 寻求激动	4.83(2.24)	0.06	0.18	-0.30*	-0.17	0.05	-0.03	—		
8 新异体验	3.73(1.98)	-0.06	0.15	-0.14	0.03	0.12	-0.20	0.40**	—	
9 摆脱抑制	4.24(1.97)	-0.12	-0.01	-0.23	0.00	-0.15	0.04	0.43**	0.29*	—
10 厌恶单调	2.97(1.74)	-0.05	0.10	-0.29*	-0.03	-0.02	-0.17	0.08	0.11	0.17

a) *, $P < 0.05$; **, $P < 0.01$

于高、中难度条件(获得: 低算术能力组, $P_s < 0.001$, 高算术能力组, $P_s < 0.01$; 损失, 高、低算术能力组, $P_s < 0.001$). 这说明, 算术能力不同的被试, 随着计算难度的改变, 其反应时和按照 EV 规则选择的比率均发生变化. 计算比率对两个因变量均有显著作用, 对于被试选择比例, 无论获得或损失结果效价, 其主效应显著, $F_{\text{计算比率}}(1,60)=31.46, 29.89, P < 0.001, \eta^2=0.34, 0.33$; 对于反应时, 获得结果中, 其与难度及风险/非整比例选项数的交互作用显著, $F_{\text{计算比率} \times \text{难度}}(2,120) = 6.81, F_{\text{计算比率} \times \text{风险/非整比例选项}}(1,60)=4.17, P_s=0.002, 0.045, \eta^2=0.10, 0.07$; 损失结果中, 仅与计算难度的交互作用显著, $F_{\text{计算比率} \times \text{难度}}(2,120)=9.89, P < 0.001, \eta^2=0.14$. 说明被试的计算比率越大时, 其选择 EV 更大的选项比例越高; 但仅在高难度条件下, 其反应时更长.

但对概率决策任务的分析则只发现了计算比率对两个因变量的显著作用. 类似地, 对于选择比例, 仅发现损失结果中其主效应显著, $F_{\text{计算比率}}(1,60)=4.97, P=0.029, \eta^2=0.08$. 对于反应时, 在获得与损失结果中其均与计算难度存在交互作用, $F_{\text{计算比率} \times \text{难度}}(2,120)=6.24, 3.79, P_s=0.003, 0.025, \eta^2=0.09, 0.06$.

这一结果说明, 在控制了被试自我报告通过计算进行决策的比率后, 算术能力仅影响被试在比例决策任务中的任务绩效, 对概率决策任务则没有影响作用.

(iii) 概率能力和感觉寻求人格对比例与概率决策任务的作用. 为检验概率能力和感觉寻求人格的作用, 我们进行了与上文类似的协方差分析. 唯一的

差异在于, 将概率能力和感觉寻求人格(4 个分量表得分)作为协变量加入了协方差分析.

对概率决策任务的分析发现: 首先, 概率能力对 2 个因变量均有显著作用. 对于反应时, 发现了概率能力的显著主效应及其与计算难度(获得结果)或难度和风险/非整比例选项数(损失结果)的显著交互作用: 获得, $F_{\text{概率能力}}(1,57)=11.90, F_{\text{概率能力} \times \text{难度}}(2,114)=5.28, P_s=0.001, 0.006, \eta^2=0.15, 0.09$; 损失, $F_{\text{概率能力}}(1,57)=11.90, F_{\text{概率能力} \times \text{难度}}(2,114)=5.11, F_{\text{概率能力} \times \text{风险/非整比例选项}}(2,114) = 6.28, P_s=0.001, 0.008, 0.015, \eta^2=0.17, 0.08, 0.10$. 但对于被试选择比例, 仅发现获得结果中概率能力的主效应显著, $F_{\text{概率能力}}(1,57)=6.75, P=0.012, \eta^2=0.11$. 损失结果中, 其与计算难度的交互作用虽然并未达到显著性水平, 但均存在同样的趋势, $F_{\text{概率能力} \times \text{难度}}(2,114)=2.68, P=0.073$. 将被试按照概率能力平均数分为两组($M_{\text{低分组}}=8.00 \pm 1.14, M_{\text{高分组}}=10.62 \pm 0.49, t(1,61) = -12.87, P < 0.001$)后进行事后比较发现, 概率能力越低的被试, 其反应时越长, 高难度条件下该效应最大(获得, $P_s=0.007$; 损失, $P_s=0.006$), 且其 EV 规则选择的比率越高(获得, $P_s=0.003$; 损失, 仅在低难度条件, $P=0.060$).

其次, 感觉寻求人格对 2 个因变量也存在类似的显著作用. 对于反应时, 发现了新异体验分量表得分的显著主效应(获得与损失), 以及新异体验与风险/非整比例选项数的显著交互作用(仅在损失结果): 获得, $F_{\text{新异体验}}(1,57)=5.50, \text{损失}, F_{\text{新异体验}}(1,57)=6.07, F_{\text{新异体验} \times \text{风险/非整比例选项}}(2,114) = 4.31, P_s = 0.023, 0.017,$

0.042, $\eta^2=0.09$, 0.10, 0.07. 被试分组比较的结果说明, 被试的新异体验得分越高, 其反应时越长(获得与损失: $P_s=0.014$, 0.013); 且损失结果中, 该效应在 2 个风险选项条件下更强. 但对于被试选择比例, 仅发现获得结果中寻求激动分量表得分与计算难度的交互作用显著, $F_{\text{寻求激动} \times \text{难度}}(2,114)=4.09$, $P=0.019$, $\eta^2=0.07$; 损失结果中, 该交互作用虽然并未达到显著性水平, 但均存在同样的趋势, $F_{\text{寻求激动} \times \text{难度}}(2,114)=2.46$, $P=0.090$. 被试分组比较的结果说明, 被试的寻求激动得分越高, 在中等难度条件下其选择 EV 规则的比例越低(获得与损失, $P_s=0.027$, 0.037).

但对比例决策任务的分析则未发现类似的效应. 首先, 未发现概率能力有任何显著作用($P_s>0.05$); 其次, 感觉寻求人格为协变量时, 对反应时的分析未发现任何显著的协变量作用($P_s>0.05$); 最后, 对于选择比例, 仅发现获得结果中, 摆脱抑制分量表与风险/非整比例选项数的二阶交互作用, 及厌恶单调分量表与风险/非整比例选项数和计算难度的三阶交互作用显著, $F_{\text{摆脱抑制} \times \text{风险/非整比例选项}}(1,57)=7.29$, $F_{\text{厌恶单调} \times \text{风险/非整比例选项} \times \text{难度}}(2,114)=3.76$, $P_s=0.009$, 0.026, 0.006, $\eta^2=0.11$, 0.06; 损失结果中, 则发现新异体验分量表与风险/非整比例选项数和计算难度的三阶交互作用显著, $F_{\text{新异体验} \times \text{风险/非整比例选项} \times \text{难度}}(2,114)=4.71$, $P=0.001$, $\eta^2=0.08$.

这一结果说明, 概率能力和感觉寻求人格对被试在概率决策任务中的绩效均有显著影响: 概率能力高的被试, 其反应时更短, 但按照 EV 选择的比例更低; 高感觉寻求人格的被试, 其反应时更长, 且在中等难度水平下更少选择符合 EV 规则的选项. 但二者对被试在比例决策任务中的绩效却无影响.

3 讨论

本研究设计并使用了 2 个独特的任务范式: 符合期望法则规则的比例决策任务和符合自主风险决策的概率决策任务. 通过比较决策者在两任务中的任务绩效, 重点检验了期望法则的“加权”过程. 研究结果表明, 被试在比例决策任务中的绩效符合期望法则规则的预测, 且将其与被试在概率决策任务中的绩效相比, 二者存在显著差异: 被试在后者中做出选择的反应时更短, 按照 EV 规则进行选择的比例也更少. 更重要的是, 两任务绩效表现出了双分离效应: 影响期望法则计算的因素, 如计算难度和算术能力

会影响被试的比例决策任务绩效, 但不影响其在概率决策任务中的绩效; 而与期望法则计算无关的因素, 如概率能力和感觉寻求人格却会影响被试的概率决策任务绩效, 但不影响其在比例决策任务中的绩效. 这一结果意味着, 被试在进行自主风险决策时, 由于认知能力、参与程度及任务特征和情境因素等因素的限制, 并未遵循期望法则进行加权相乘的计算过程; 且个体差异因素可调节被试在风险决策任务中的任务绩效. 此外, 我们的研究结果也表明, 比例决策任务与概率决策任务匹配的这一实验范式, 可以有效地应用于风险决策的理论模型检验中.

3.1 符合期望法则的比例决策过程

从 Allias 悖论被提出以来, 几十年间, 各种违背其公理的悖论一直在挑战着期望法则家族的风险决策理论. 虽然该派理论在不断修正其概率函数和结果函数, 以求更加符合人们的实际决策行为, 但究其根本, 基于对概率和结果的进行权衡(tradeoff)和整合(integrate)的期望法则过程假设依然没有改变. 原因之一是以往模型检验方法主要基于决策结果的一致性, 并非从决策过程出发去检验决策者的实际决策过程是否符合模型的预测^[13,19]. 受限于决策过程的黑箱(black box)属性, 研究者难以从决策过程上模拟出符合期望法则的风险决策过程, 因而也无法从决策过程的角度检验期望法则.

本研究使用了一个设计独特的任务——比例决策任务, 作为符合期望法则规则的决策任务. 该任务有创意地模拟了符合期望法则的决策过程及结果. 从比例决策任务中被试选择的结果看, 无论在获益或损失结果中, 被试的选择更符合 EV 规则的预测(近 90%的选择符合 EV 规则); 从被试任务后自我报告的选择方式看, 被试在比例决策任务中平均有 79%的选择是通过计算做出的, 而自我报告通过直觉做出决策的比例仅有 21%. 从被试的反应时看, 在比例决策任务中, 当两个选项均为非整比例的选项时, 被试的反应时长于有一个非整比例选项时, 这符合期望法则对于加权过程的预测: 当其中一个选项含有 100%比例时, 被试仅需要对另一非 100%比例的选项进行加权相乘的过程, 因而反应时较短; 而在两个选项均为非 100%比例时, 被试需要对两个选项均进行加权相乘的计算过程, 选择时间因此更长. 结合这些证据可以说明, 在比例决策任务中, 无论是被试的决

策过程、决策结果或对决策方式的自我评价均符合期望法则的预测, 存在加权相乘的加工过程。

此外, 本研究使用的比例决策任务比以往研究者尝试模拟期望法则决策过程所使用的“迫选规则法”存在更多的优势。“迫选规则法”的主要思想是要求被试在决策中, 按照预先学习过的期望法则规则进行决策^[13,19]。该任务的优点是可以通过增加训练时间等方法, 降低对规则熟悉度的可能干扰效应。但其缺点是, 当被试所偏好的决策过程或决策规则与其所迫选的决策规则不一致时, 被试使用的更可能是控制加工(controlled processing)过程, 而非自动加工(automatic processing)过程。而二者的认知及生物机制均存在根本差异^[35-37]。与该任务范式相比, 比例决策任务并未强制要求被试按照某一规则进行决策, 而是通过任务的操作, 使被试使用了更符合其偏好的自动加工方式来进行决策。因此, 从认知系统的角度上, “比例决策任务”比“迫选规则法”更接近于被试自主进行决策的过程。

而且, 即使对于符合期望法则的比例决策任务, 被试的任务绩效也不符合该规则所隐含的“完全理性”假设的预测, 而是更符合决策的“有限理性”假设^[38]: 决策者的决策过程及结果受其认知能力以及与认知能力相关联的任务特征、参与程度等因素的影响, 因而无法完全进行期望法则所假设的加权相乘过程, 表现在: 当计算难度增加时, 不仅被试的反应时更长, 按照 EV 规则选择的比例也降低了。此外, 被试的算术能力及被试自我报告通过计算做出决策的比率, 均可以影响或调节被试按照 EV 规则选择的比例。算术能力越低的被试, 及其自我报告的计算比率越低, 按照 EV 规则选择的比例也越低。这说明, 在符合期望法则规则的决策过程中, 受被试认知能力及其相关因素的影响, 被试进行的更可能是一种基于“有限理性”的“近似”期望法则最大化决策。这与近期一些基于风险决策过程研究提出的观点一致: 即, 个体并非依赖精细计算来进行决策, 而是进行部分的自动加工的过程^[16,17]。

3.2 自主风险决策过程

以比例决策任务为符合期望法则决策过程的基础, 我们检验了被试的自主风险决策是否符合期望法则假设的加权相乘过程的预测。

我们的研究结果发现, 被试的自主风险决策与

期望法则的预测存在显著差异, 说明被试并未按照加权相乘的过程做出决策。从概率决策任务中被试选择的结果看, 无论在获益或损失结果中, 被试的选择与 EV 规则的预测相差较远, 也远低于比例决策任务(仅有约 64% 的选择符合 EV 规则); 从被试任务后自我报告看出, 被试在概率决策任务中通过计算或直觉做出选择的情况与比例决策任务中恰恰相反, 仅有约 36% 的选择通过计算做出, 而通过直觉做出选择的比例却高达 63%。从被试的反应时看, 概率决策任务中被试的反应时小于期望法则假设的加权相乘过程的预测, 仅约为比例决策任务中决策时间的 60% ($M_{\text{概率}}=2.56$, $M_{\text{比例}}=4.36$), 说明在风险决策中, 该反应时可能并不足以让被试做出同样精确的加权相乘过程。最后, 从比例决策任务看, 选项的计算难度和个体的算术能力均可以显著影响期望法则计算过程和结果, 但在概率决策任务中, 计算难度与算术能力对于被试任务表现均无显著影响。虽然存在一个特例, 中等难度水平时被试选择 EV 更大选项的比例小于高、低难度时, 但该差异与期望法则的预期矛盾: 即计算难度越高时, 选择的比例越小。结合这些证据可以看出, 在被试自主决策的概率决策任务中, 无论是被试的决策过程、决策结果或对决策方式的自我评价及其影响因素均不符合期望法则的预测。这意味着决策者采用的或是一个非加权相乘的加工过程。

其次, 我们发现了个体的自主风险决策过程受其概率能力和人格等个体差异因素的影响, 这揭示了个体的风险决策与其对风险的认知能力和风险偏好存在密切关联。我们发现概率能力越高的个体在概率决策任务中的反应时越短, 说明他们对风险决策中的概率信息有更强的理解和加工能力, 这与前人研究较为一致^[26,27]。尤其是, 我们发现低概率能力被试按照 EV 规则进行选择的比较高, 这可能是由于这类个体报告的风险知觉程度更高; 而高概率能力被试对风险的判断和估计更准确^[39], 与低概率能力被试相比, 他们可能由于“更关注于数字的细节”而做出更少理性的反应^[27], 从而更少地选择 EV 最大的选项。此外, 我们发现了高感觉寻求人格的被试, 由于其风险感知的阈限更高^[40,41], 因而反应时更长, 风险寻求的倾向性更高。尤其表现在, 当概率为中等程度大小时, 获得结果的不确定性更高, 因此高感觉寻求被试更不倾向于按照 EV 规则做出理性的选择。

更重要的是,决策者的自主风险决策过程与符合期望法则的风险决策过程可能存在着本质的差异.本研究发现了符合期望法则的比例决策任务与符合自主决策的概率决策任务间存在双分离效应,这暗示着二者可能包含截然不同的心理过程.近期有研究表明:当风险选项比较简单,容易进行认知加工时,个体会进行精确的“加权求和”;当风险选项比较复杂,需要较多的耗费认知资源时,个体在有限的时间内通常无法花费过多的认知资源进行精确的认知加工,他们会借助“启发式”对各个风险选项进行大致的模糊判断,从而做出最后的决策.此时,个体的认知表现即为“部分的自动加工”^[16,17].结合决策与判断中双加工系统(dual-process theory)的假设^[42-46],我们推测:对于期望家族理论所要求的“加权求和”风险决策过程,因其需要进行期望值的精确计算,需要占用更多的认知资源,可能更依赖于基于有意识(reflective)、深思熟虑(deliberate)加工过程的系统2.而对于决策者的自主风险决策过程,可能使用的是符合决策者偏好的自动加工方式,未进行精确计算,对认知资源要求也较少,因此可能更依赖于基于直觉(intuitive)、自动(automatic)加工过程的系统1.从加工速度上看,系统2加工速度慢,系统1速度快,这与本研究发现的比例决策任务反应时长于概率任务一致;从个体差异上看,系统2可能与一般智力相关,而系统1独立于一般智力^[47,48],这也与本研究发现的算术能力可以影响比例决策任务绩效,但不影响概率任务相一致.

3.3 研究的不足与展望

需要特别指出的是,在检验风险决策中的期望法则假设上,本研究是一个采用新方法的尝试.且研究设计中存在一些不足,可能对结果的推广产生一定影响.例如:(1)为了降低实验任务的复杂程度,

本研究使用了比例与概率决策任务对比的范式,这仅检验了期望法则中的加权相乘过程,并未检验该法则中的另一个重要成分——期望值求和的过程.因此,该任务范式是否可适用于检验期望值求和过程尚需未来进一步的研究论证.(2)本研究的主要指标均为行为指标,其中包含的信息量较为有限.因此,本研究更多地证明了决策者的风险决策过程并非期望法则过程,回答的是风险决策“不是什么”的问题,但对于风险决策究竟“是什么”的问题,仅提供了一些间接证据.例如,风险决策过程与个体的风险偏好及概率能力相关.因此,在未来研究中,应尝试使用过程追踪法,ERP, fMRI 等技术手段,从基因、行为到脑的多个层面,深入探讨风险决策的心理及神经机制^[49].(3)本研究在实验设计的部分细节上存在不足,可能对研究结果有一定干扰作用.例如,在实验材料的选择上,实验刺激中2个选项EV值相等的比例较高,可能提高了被试按照EV选择的比例,从而产生地板效应.需要在日后的研究进行更细致的控制.

尽管存在上述不足,本研究具有重要的理论和现实意义.由于期望法则家族理论在经济学及其相关学科,如公共管理、政治学、法学等结果的深远影响,当代社会中各公共管理机构(如政府、法院等)和重要服务性行业(如金融、保险、医疗等)普遍使用了以期望法则为潜在理论指导的风险分析与风险管理模型.本研究检验了期望家族风险决策理论的核心假设:概率和结果的加权相乘(权衡)过程.研究结果可以加深学界对风险决策理论的了解,为决策的理性之争提供有力证据.更重要的是,虽然按照期望法则提出的种种单一的风险偏好指数,简化了人类对风险的分析、管理和建模工作,但我们的研究结果表明,期望法则家族理论所描述的、基于 $\sum f(p)g(x)$ 加权求和过程的人类风险偏好指数,或许是一种人为且错误的指数.

致谢 张雨青提供了中文版感觉寻求量表,周媛对研究设计提出了宝贵意见,苏寅、卫星、廉冲、魏楚光在实验过程提供了帮助,谨此感谢.

参考文献

- 1 von Neumann J, Morgenstern O. Theory of Games and Economic Behavior. Princeton: Princeton UP, 1944
- 2 Starmer C. Developments in non-expected utility theory: The hunt for a descriptive theory of choice under risk. J Econ Lit, 2000, 38: 332-382

- 3 Baron J. Thinking and Deciding. 4th ed. New York: Cambridge University Press, 2008
- 4 Bernoulli D. Exposition of a new theory on the measurement of risk. *Econometrica*, 1954, 22: 23–36
- 5 Edwards W. The theory of decision making. *Psychol Bull*, 1954, 51: 380–417
- 6 Savage L J. The Foundations of Statistics. 2nd ed. New York: Dover, 1954
- 7 Kahneman D, Tversky A. Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica*, 1979, 47: 263–291
- 8 Tversky A, Kahneman D. Advances in prospect theory: Cumulative representation of uncertainty. *J Risk Uncertainty*, 1992, 5: 297–323
- 9 Anderson C J. The psychology of doing nothing: Forms of decision avoidance result from reason and emotion. *Psychol Bull*, 2003, 129: 139–166
- 10 Oral M, Kettani O, Lang P. A methodology for collective evaluation and selection of industrial R&D projects. *Manage Sci*, 1991, 37: 871–885
- 11 Katsikopoulos K V, Gigerenzer G. One-reason decision-making: Modeling violations of expected utility theory. *J Risk Uncertainty*, 2008, 37: 35–56
- 12 Brandstätter E, Gigerenzer G, Hertwig R. The priority heuristic: Making choices without trade-offs. *Psychol Rev*, 2006, 113: 409–432
- 13 饶娜琳, 梁竹苑, 李纾. 规范性和描述性风险决策理论的检验: 期望价值理论和齐当别抉择模型. *心理学报*, 2009, 41: 726–736
- 14 Johnson E J, Schulte-Mecklenbeck M, Willemsen M C. Process models deserve process data: Comment on Brandstätter, Gigerenzer, and Hertwig (2006). *Psychol Rev*, 2008, 115: 263–273
- 15 Weber E U, Johnson E J. Mindful judgment and decision making. *Annu Rev Psychol*, 2009, 60: 53–85
- 16 Glöckner A, Betsch T. Do people make decisions under risk based on ignorance? An empirical test of the priority heuristic against cumulative prospect theory. *Organ Behav Hum Dec*, 2008, 107: 75–95
- 17 Glöckner A, Herbold A K. An eye-tracking study on information processing in risky decisions: Evidence for compensatory strategies based on automatic processes. *J Behav Decis Making*, 2011, 24: 71–98
- 18 Rao L L, Zhou Y, Xu L, et al. Are risky choices actually guided by a compensatory process? New insights from fMRI. *PLoS One*, 2011, 6: e14756
- 19 汪祚军, 欧创巍, 李纾. 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*, 2010, 42: 821–833
- 20 汪祚军, 李纾. 对整合模型和占优启发式模型的检验: 基于信息加工过程的眼动研究证据. *心理学报*, 2012, 44: 179–198
- 21 Kahneman D, Tversky A. Choice, values, and frames. *Am Psychol*, 1984, 39: 341–350
- 22 Teuber H L. Physiological psychology. *Annu Rev Psychol*, 1955, 6: 267–296
- 23 Shallice T. From Neuropsychology to Mental Structure. New York, NY: Cambridge University Press, 1988
- 24 Lipkus I M, Samsa G, Rimer B K. General performance on a numeracy scale among highly educated samples. *Med Decis Making*, 2001, 21: 37–44
- 25 Reyna V F, Nelson W L, Han P K, et al. How numeracy influences risk comprehension and medical decision making. *Psychol Bull*, 2009, 135: 943–973
- 26 Peters E, Levin I P. Dissecting the risky-choice framing effect: Numeracy as an individual-difference factor in weighting risky and risk-less options. *Judgm Decis Mak*, 2008, 3: 435–448
- 27 Peters E, Västfjäll D, Slovic P, et al. Numeracy and decision making. *Psychol Sci*, 2006, 17: 407–413
- 28 Zuckerman M. Sensation Seeking: Beyond the Optimal Level of Arousal. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1979
- 29 Boyer T W. The development of risk-taking: A multi-perspective review. *Dev Rev*, 2006, 26: 291–345
- 30 Zaleskiewicz T. Beyond risk seeking and risk aversion: Personality and the dual nature of economic risk taking. *Eur J Personality*, 2001, 15(Suppl): S105–S122
- 31 张雨青, 陈仲庚. 感觉寻求量表对我国被试的测定及因素分析. *心理科学*, 1990, 2: 1–6
- 32 Wang W, Wu Y X, Peng Z G, et al. Test of sensation seeking in a Chinese sample. *Pers Individ Differ*, 2000, 28: 169–179
- 33 Van Oeffelen M P, Vos P G. A probabilistic model for the discrimination of visual number. *Atten Percept Psycho*, 1982, 32: 163–170
- 34 龚耀先. 中国修订韦氏成人智力量表(WAIS-RC)手册. 长沙: 湖南地图出版社, 1992
- 35 Schneider W, Chein J M. Controlled & automatic processing: Behavior, theory, and biological mechanisms. *Cogn Sci*, 2003, 27: 525–559
- 36 Schneider W, Shiffrin R M. Controlled and automatic human information processing: I. Detection, search, and attention. *Psychol Rev*, 1977, 84: 1–66
- 37 Shiffrin R M, Schneider W. Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning, automatic attending and a general theory. *Psychol Rev*, 1977, 84: 127–190
- 38 Simon H A. Invariants of human behavior. *Annu Rev Psychol*, 1990, 41: 1–20
- 39 Dieckmann N F, Slovic P, Peters E M. The use of narrative evidence and explicit likelihood by decision makers varying in numeracy. *Risk Anal*, 2009, 29: 1473–1488

- 40 Zuckerman M. Behavioral Expressions and Biosocial Bases of Sensation Seeking. New York: Cambridge University Press, 1994
- 41 Zuckerman M, Kuhlman D M. Personality and risk-taking: Common biosocial factors. *J Pers*, 2000, 68: 999–1029
- 42 Slovic A. The empirical case for two systems of reasoning. *Psychol Bull*, 1996, 119: 3–22
- 43 Stanovich K E, West R F. Individual differences in reasoning: Implications for the rationality debate? *Behav Brain Sci*, 2000, 23: 645–665
- 44 Evans J St B T. Dual-processing accounts of reasoning, judgment, and social cognition. *Annu Rev Psychol*, 2008, 59: 255–278
- 45 Evans J St B T. Logic and human reasoning: An assessment of the deduction paradigm. *Psychol Bull*, 2002, 128: 978–996
- 46 Evans J St B T. In two minds: Dual-process accounts of reasoning. *Trends Cogn Sci*, 2003, 7: 454–459
- 47 Stanovich K E, West R F. On the relative independence of thinking biases and cognitive ability. *J Pers Soc Psychol*, 2008, 94: 672–695
- 48 Stanovich K E. Who is Rational? *Studies of Individual Differences in Reasoning*. Mahwah: Erlbaum, 1999
- 49 马庆国, 沈强, 李典典, 等. 经济决策的神经化学与遗传基础. *科学通报*, 2010, 55: 3089–3096

“20% probability to gain a cake” = “gain 20% of the cake”? Testing the expectation rule of risky decision making

LIANG ZhuYuan¹, XU LiJuan², RAO LiLin¹, JIANG TianZi² & LI Shu¹

¹Key Laboratory of Behavioral Science, Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

²National Laboratory of Pattern Recognition, Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

Mainstream theories of risky decision making assume that decision maker employs the expectation rule - computing expected value or utilities by summing all the weighted risky outcomes. To test this general hypothesis, the present research developed two tasks by using visually identical experimental materials: Probabilistic Decision (PROB) task and Proportional Decision (PROP) task, in which the same sign “%” denotes probability or proportion respectively. Participants were asked to choose the option they preferred in both tasks. Given that choosing the option with greatest value in PROP tasks requires an expectation computation, we speculated that, if participants do follow the same rule to make a risky decision in PROB tasks, the factors that affect expected value or utility computation, such as computational difficulty and arithmetic ability, should affect their performance in both tasks. We found that the resulting responses to the two tasks did not consistently fit the prediction of the expectation rule: participants’ response times were shorter in PROB task than in PROP tasks, and proportions of their expected value (EV)-based choices were lower in PROB task than in PROP tasks. We also found that participants’ task performances in the two tasks were moderated by disparate variables, indicating that the underlying mechanisms were different in these two tasks. In particular, the arithmetic ability moderates performance of PROP tasks, but not of PROB tasks, whereas, the numeracy ability and sensation-seeking trait moderates performance of PROB tasks, but not of PROP tasks. These results suggested that individuals might not make risk decisions by performing an expectation computation as predicted by the expectation rule, and that using an EV-based index to prescribe human risky preferences appears to be an artificial or false index of risk preference.

risky decision making, expectation rule, probabilistic decision task, proportional decision task, arithmetic, numeracy, personality

doi: 10.1360/972012-691