



奈特不确定性下的动态价格情绪： 基于事件相关电位的研究

宋红娟^{1,2}, 蒋玉石², 李伟²

1 海南热带海洋学院 旅游学院, 海南 三亚 572022

2 西南交通大学 经济管理学院, 成都 610031

摘要: 随着学科的整合和技术的发展, 情绪研究在神经科学领域日益重要。奈特不确定性是指消费者用主观信念而不是客观概率估计未来购买结果, 处于不完美的信息状态。随着市场新定价机制的出现, 消费者在购买产品时大多处于信息不完美的状态, 总是做出不确定的决策。但由于人们获取和处理信息的能力、时间和精力有限, 往往在决策中采取情绪启发式判断。

基于感知评估理论, 应用事件相关电位技术记录贝叶斯更新和预测惊喜的脑波成分, 采用Brain Products公司生产的64导的Ag/AgCl电极帽记录相应的脑电, 电极位置分布遵照国际10-20系统; 选择晚期正电位表示情绪唤醒度, 设计一个行为价格形成的贝叶斯学习脑电实验, 模拟贝叶斯更新和预测惊喜的动态过程, 将不确定性产品质量信息与感知价格水平相结合, 探讨这些因素随着信息的累积对消费者价格情绪的影响。

研究表明, 不确定性产品质量信息扩大了感知高价格的消极情绪。具体来说, 与感知低价格相比, 不确定性和确定性信息下的感知高价格引起晚期正电位显著的振幅; 与确定性信息相比, 不确定性信息下感知价格水平引发的晚期正电位幅度也明显更大。随着信息的累积, 情绪在价格判断(即支付意愿)中贝叶斯更新阶段比预测惊喜阶段的渗透程度低, 支付意愿与晚期正电位振幅偏转成正向关系, 高水平的支付意愿引发更大的偏转幅度。

研究结果可以帮助零售商和市场营销人员更好地创新定价机制, 从而有意识地避免消费者的消极情绪, 提高消费者的支付意愿水平。此外, 这种研究方法也可以用来检验各种其他产品或服务环境中的价格判断形成过程, 提高购买转化率。

关键词: 奈特不确定性; 价格情绪; 贝叶斯学习; 晚期正电位; 事件相关电位

中图分类号: F713.55 **文献标识码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1672-0334.2021.01.009

文章编号: 1672-0334(2021)01-0113-17

引言

随着市场中不确定性定价机制的出现, 消费市场的不确定性逐渐提高, 消费者、价格和零售商的关系也发生了新的变化。在这样的消费市场中, 消费

者经常面临两种信息不确定问题: 一方面, 他们对产品的存在性认知有限; 另一方面, 消费者在消费前对产品的质量了解有限, 即消费者很难用概率去衡量购买产品的交易效用, 处于奈特不确定性决策环境。

收稿日期: 2018-05-02 **修返日期:** 2018-11-30

基金项目: 国家自然科学基金(71572156, 71801180)

作者简介: 宋红娟, 海南热带海洋学院旅游学院副教授、西南交通大学经济管理学院博士研究生, 研究方向为行为定价和旅游广告等, 代表性学术成果为“Consumers' Bayesian learning under Knightian uncertainty: an eye-tracking analysis”, 发表在2018年第6期《Journal of Consumer Behaviour》, E-mail: shj516@163.com

蒋玉石, 管理学博士, 西南交通大学经济管理学院副教授, 研究方向为网络广告等, 代表性学术成果为“大数据背景下行为定向广告(OBA)与消费者隐私关注问题的研究”, 发表在2015年第8期《管理世界》, E-mail: jys_a@sina.com

李伟, 西南交通大学经济管理学院博士研究生, 研究方向为市场营销等, E-mail: 1033725699@qq.com

针对市场上的不确定性,考虑到决策行为的复杂性,大量研究认同市场参与者的行为受到情绪的影响^[1]。不确定性信息引发的情绪作为影响价格评估的重要影响因素,对多数消费者来说是一个很大的威胁,在此情景下,消费者的决策需要动态的信息学习才能完成。

大脑如何基于变量感知信息对外界做出可靠和有效的推断,贝叶斯学习理论为解释这个推理过程提供了一个有用的理论框架^[2]。根据推断规则,贝叶斯学习者根据观测数据不断更新先验信念和后验信念。本研究尝试将不确定的产品质量信息与感知价格水平结合在一起,分析消费者随着信息的累积由两者结合带来的特定情绪并对价格评估带来的影响;使用事件相关电位(event-related potentials, ERP)的脑电活动研究不确定产品质量信息下感知价格水平与价格情绪的关系,即在时间锁定到不同刺激呈现的头皮表面处时测量的脑电信号模式。

1 相关研究评述

1.1 神经营销的出现

神经营销是神经学和市场营销学两个研究领域的结合。Brighthouse和SalesBrain等几家美国公司率先倡导使用来自认知神经科学领域的技术和知识,提供神经营销研究和咨询服务。神经营销基于营销学就像神经心理学基于心理学,神经心理学研究大脑与人类认知和心理功能之间的关系,而神经营销学则提倡从大脑的角度看待消费者行为。

随着科学技术的发展,人们越来越关注使用脑成像技术,例如,以血流动力学^[3]和神经电磁测量^[4]分析大脑对商业刺激的反应以及对购买态度的调查。迄今为止标准营销调查通常使用深度访谈或焦点小组访谈方法,消费者在前测或后测接触产品。然而,一些学者已经认识到口头报告预测受到调查者在访谈过程中激活的认知过程偏见的影响^[5]。另外,也有人认为访谈者对受访者的回忆可能有很大的影响^[6]。考虑到这些因素,神经科学家开始通过测量与认知和情绪接触有关的变量收集消费者在观看电视广告期间的大脑活动。实际上,神经影像技术可以解决营销人员面临的一些问题,例如,可以简化营销流程,通过在成本与收益之间提供更有效的折中方案来节省资金,并为企业提供通过使用传统访谈无法获得的消费者偏好的信息^[7]。

1.2 信息不确定性与情绪

信息不确定性在决策科学和经济科学领域中被广泛研究,可以进一步分为风险和奈特不确定性两种不同的类型^[8],风险指围绕完全信息(概率和收益)平均或高估预测未来结果的随机波动性;奈特不确定性指相关信息和潜在结果是部分或完全未知的,通过学习或直觉预测未来结果。两者之间的主要区别在于未来结果发生的概率是已知的还是未知的。在风险条件下,结果发生的可能性是已知的^[2]。例如,从一副扑克牌中选择任何一个“J”的选项比

选择任何一张大王的选项风险要小,因为每个结果的相对概率是已知的。奈特不确定性涉及完全缺乏关于特定结果发生概率的信息^[8],如选择去哪里度假、如何判断旅游产品质量并确定自己的支付意愿。

许多研究表明在评估不确定性时杏仁体活动会增加^[9-10],信息不确定性增加了恐惧和焦虑状态,并增加了人类和非人类灵长类动物的扁桃体活动^[11]。在更复杂的情况下,如在特定结果的可能性变化的赌博任务期间,杏仁体活动也随着不确定程度而增加。虽然不确定性与杏仁体活动相关的发现是令人信服的,但应该强调的是,杏仁体的高度活跃并不会直接增加负面情绪。虽然有时杏仁体活动表明了恐惧和焦虑的明显经历,但杏仁体活动对认知和情感体验的后果在很大程度上受前额皮质区域的控制^[12]。

最近神经影像学研究的元分析发现,在信息不确定性的操控之后,参与刺激评估的神经反应明显被改变了。研究表明不确定信息会激活前扣带回亚区和眶额叶皮层^[13],激活前扣带回是一个边缘结构,涉及错误检测、强化学习以及调节认知能力和情绪反应。当情绪刺激呈现在信息不确定性条件下时,激活前扣带回活动增加,并与更高水平的生理唤醒直接相关^[14-15],对事件相关电位的研究也已经证明类似的结果^[8]。本研究的主要关注点是一个被称为晚期正电位(late positive potentials, LPP)的成分,即在时间锁定到情绪刺激呈现的头皮表面时测量的事件相关电位。晚期正电位是一个正向的慢波,在400~2500毫秒的潜伏期范围内,在中心顶部中线上是最大的^[16]。一些研究中,在情绪刺激呈现的整个持续时间中存在晚期正电位,甚至在刺激抵消后可以延长。晚期正电位振幅理论上反映了参与者对刺激持续的注意力分配和注意力分散引起的动机相关性。晚期正电位对于刺激意义的操控以及情绪评估过程的自上而下的调节敏感,并且有证据表明晚期正电位的早期时间窗口可能与刺激的动机更密切相关,而后期的时间窗口反映对刺激意义的认识和评价^[17]。

1.3 价格情绪

基于感知评估理论,BAGOZZI et al.^[18]将情绪定义为由事件或想法的认知评估产生的准备状态,进一步研究表明,评估是识别和解释,而情绪是根据人们对相关性的评估而产生的。因此,在本研究的背景下,评估性判断(如感知价格水平)和这些判断的相关性(如产品质量信息)导致不同的价格相关情绪。因此,价格相关情绪被定义为评估公司定价活动产生的情绪^[19]。对于感知价格水平,消费者经常通过内部参考价格(即支付意愿)作为参考点对市场价格进行判断,如果支付意愿大于市场价格,则感知低价格,代表获益;如果支付意愿小于市场价格,则感知高价格,代表损失^[20]。

在市场中,消费者经常感知到价格变化,价格上涨、折扣或与参考价格的偏差可能引起他们的愤怒、

快乐、悲伤或欣慰等情绪,价格情绪非常重要,因为情绪可能具有实质的行为相关性。研究表明,情绪调节认知与响应之间的关系,如态度、消费和品牌转换^[20-21]。在零售环节,与价格相关的情绪对态度、行为、忠诚度等产生重要影响^[20]。因此,零售商必须了解其定价活动的情绪后果,并应了解情绪形成过程中的个体差异,这是市场细分方法的重要基础。情绪在营销研究中已经受到关注^[22],然而只有少数研究者提到情绪在价格感知和处理中的作用,他们从理论上讨论了品牌 and 价格引发的感受^[23]以及价格相关情绪的前因后果^[24],分析情绪在解释价格公平性^[25]和价格接受度^[26]中的作用,或者将情绪作为零售商价格印象的一部分^[27]。

一些神经科学的研究阐明了价格水平与价格情绪之间的关系。KNUTSON et al.^[3]使用功能磁共振成像,发现积极的产品偏好激活了伏隔核,即与预期收益相关的大脑区域;高于个人支付意愿的价格激活了脑岛,即与预期损失有关的区域;在购买决定之前,低于个人支付意愿的价格激活了近中前额叶皮层,即与增益预测误差相关的区域。重要的是,来自这些区域的活动独立预测了后续购买决策。具体来说,在看到产品时,伏隔核被激活;在看到价格时近中前额叶皮层被激活,预测后续购买决策;而在预测期间看到价格后右侧脑岛被激活,随后决定不购买。因此,对于产品的价格是低于还是高于参考价格,作为购买决策基础的神经过程可能是不同的。

综上所述,奈特不确定性的重要性已经引起学者的广泛关注,并且结合模型和实验法明确了风险与奈特不确定性决策引起的情绪差异,为决策偏差提供了理论解释。但由于“赌博范式”的风险研究长期主导行为决策研究领域,大部分学者忽视了除赌博之外的行为决策问题,尤其是市场营销领域的决策行为。随着市场定价机制的演变,消费者购买的不确定性越来越高。一些学者虽然对目前的不确定性市场定价机制的盈利能力进行评估,但忽视了这个情景中的不确定性带给消费者的影响,尤其是消费者对价格信息的加工引发的情绪神经机制。另外,目前的研究焦点是假设处于静态、封闭式的信息状态时,消费者对某单一价格信息的情绪反应。但随着消费者信息渠道的多元化,信息的动态变化引发消费者的选择焦虑,进而影响购买决策。因此,研究非理性状态下消费者在动态信息中的情绪反应模式成为必要,对这些问题的探究将丰富和优化消费者行为决策研究模式,同时提高企业与消费者的沟通效率。

2 理论分析和研究假设

根据感知评估理论,目标相关性和目标一致性在情绪形成中发挥重要作用^[18,23]。该理论认为情绪唤醒是由认知评价引发的,而不是刺激事件本身引发的,与个体目标一致的事件会引发个体产生强烈的积极情绪唤醒。低价格支持节省资金的目标,而

昂贵的价格违背了这一目标。由此可见,价格下降是一种目标一致或动机一致的事件,会引起更多的正面价格情绪和更少的负面价格情绪。类似地,感知高价格是目标不一致或动机不一致的事件,会导致更多的负面价格情绪和更少的正面价格情绪。晚期正电位成分是一种产生于刺激被评价之后的事件相关电位成分,该成分与情感加工过程特别是动机性的情感唤醒有关,动机性的情感唤醒越强,晚期正电位的振幅越大^[28]。

不确定性增加了情绪体验的生理唤醒和强度,这有时被认为是正面的^[12]。随着不确定事件的发生,愉快的经历被延长,人们似乎直观地利用这种方式来增加兴奋的愉快经历,如包装礼物、举办惊喜派对和寻求跳伞之类的危险刺激^[29],这是因为人们的兴奋被隐藏的未知性放大了。不确定性的经验已经显示出煽动性的反省和沉思^[30]以及关于未来不确定性结果的重要性,例如,考试或体育比赛中的不确定性可以引起促进性焦虑,导致人们更有效地准备和执行重要任务^[31]。

虽然不确定性存在积极的方面,但有时对精神健康产生有害后果。关于重要的、潜在的、厌恶的未来结果的不确定性可能损害绩效并削弱对未来进行规划的能力^[32]。当与一个潜在的厌恶结果配对时,不确定性几乎被普遍认为是厌恶的,暴露于无法控制或不可预测的事件与抑郁症的表现有关。例如,暴露于不可预测的冲击模式与可预测的冲击模式的人相比,对实验环境焦虑的基线水平升高,并且在临床试验中这些基线在焦虑与不焦虑的人之间的差异很大^[33]。

综上所述,本研究提出假设。

H₁ 相对于确定性信息,不确定性信息下消费者的感知价格水平引发的情绪唤醒更强,在事件相关定位上表现为更大振幅的晚期正电位成分。

在不确定性信息下,消费者在形成支付意愿的贝叶斯学习中,认知过程可以分为贝叶斯更新和预测惊喜两个阶段^[34-35]。贝叶斯更新表示在当前观察情况下隐藏状态产品质量信念的变化引起的情绪,即无信息状态下先验支付意愿隐性估计与给定当前观测值的状态下后验支付意愿估计之间的差异,本研究将不同信息状态的支付意愿估计标记为信念分布;预测惊喜代表了基于当前观测信息估计的支付意愿结果对未来观测信息估计的支付意愿结果的变化,即先前的支付意愿估计与给定当前观测信息的后验支付意愿估计之间的差异。基于观察值或预测分布的支付意愿分布取决于信念分布,使信念分布和预测分布都依赖于贝叶斯学习理论。基于人类是完美信息者的假设,贝叶斯更新和预测惊喜这两个阶段都属于理性推理过程,但现实中人类的知识、时间和信息处理能力是有限的^[28],同时市场一直处于不确定的动态更新中,消费者需要借助外部信息不断更新对价格的判断。

每当消费者遇到新的产品或服务时,通常都会

从内存中获取充足的信息。因此,消费者更可能依赖他们的感受,因为感受通常在接触到新的刺激时立即引发^[36]。换句话说,对刺激的情绪反应比认知反应要快得多。与这种观点相一致的是,一些研究论述了一种基于情绪的推理,称为“我感觉如何”的启发式判断,即顾客可以根据他们的价格情绪决定支付意愿水平^[37]。

启发式判断也与情绪渗透模型^[38]中概述的策略有关。情绪渗透是指情绪负荷信息成为判断过程的一部分进入理性的建设性思维过程并最终影响判断结果。情绪渗透模型采用以认知为导向的方法描述情感在判断过程中的作用,因此与当前研究的决策环境相符。对于第一次体验的消费者,应该借助他们记忆中存储的很少的价格相关信息做出判断,这时他们会选择依靠情绪输入^[39]。然而,随着贝叶斯学习的出现,消费者获得越来越多的关于产品或服务的价格信息和产品质量信息,消费者可以回想起此前的信息以帮助他们做出价格判断。一些研究发现以前的信息和价格判断影响后续的价格评估^[40],并且逐渐抵制情绪的渗透。

因此,当消费者在信息收集初期面临不确定信息、需要更高层次的理性处理进行判断时,本研究预计情绪对价格判断产生更大的影响。情绪更可能影响特定情景的价格评估,而不是信息累积后的价格判断^[39]。相应地,随着信息的更新,序列实验情绪的事件相关电位成分在不同的时间点和头皮的不同区域呈现不同的晚期正电位振幅。

本研究旨在运用贝叶斯学习模型比较贝叶斯更新和预测惊喜解释序列实验情绪事件相关电位成分在不同的时间点和头皮的不同区域变化的能力。因此,本研究提出假设。

H_{2a} 消费者在贝叶斯学习过程中,在确定性信息和不确定性信息下,感知高价格和感知低价格在贝叶斯更新与预测惊喜的情绪唤醒度存在差异,在事件相关定位上表现为晚期正电位振幅的差异;

H_{2b} 消费者在贝叶斯学习过程中,支付意愿(调整幅度的高低)直接影响消费者的情绪唤醒度,即晚期正电位振幅,并呈现正向关系。

3 研究方法

3.1 被试

面向社会招募脑电实验被试35名,17名男性,18名女性,效能达到0.800,但由于不遵守程序或者EEG信号质量差,有10名被试的数据不可用,最终有25名被试,13名男性,12名女性。年龄在18岁~40岁,平均年龄为32岁,年龄标准差为1.300。所有被试都为右利手,视力或矫正视力正常,没有神经和精神疾病史。2017年10月1日至10日在西南交通大学经济管理学院人因认知工程实验室进行实验,在开始正式实验前每一位被试都签署该实验的知情同意书,实验过程符合西南交通大学经济管理学院人因认知工程实验室伦理委员会核准要求。

3.2 实验设计

在旅游市场中,由于邮轮旅游产品频繁升级和退出,消费者面临两种信息不确定问题:一方面,他们对产品的存在性认知有限;另一方面,消费者在消费前对邮轮旅游产品的质量了解有限,特别是面对新的不确定定价形式,消费者很难用概率去测量邮轮旅游产品的交易效用,处于奈特不确定性决策环境,符合本研究的情景。因此本研究选择邮轮旅游产品购买情景作为研究典型。

3.2.1 实验程序

实验情景假设为消费者通过网络购买邮轮旅游产品。为了更好地匹配实验,被试在实验前要自由回答选择确定性问题,每个选择集使用问卷判断产品确定性问题,随后在分析中用于测量选择确定性。问卷采用Likert 5点评分法,1为非常不确定,5为非常确定。本研究采用重复选择实验设计,实验分为贝叶斯更新和预测惊喜两个阶段。被试在每个实验阶段完成两个选择集。每个选择集包括两个替代方案:一个替代品方案是采用不确定性产品,另一个替代方案显示了标准的“常规”邮轮旅游产品广告,具有确定性的产品质量信息。本研究中不确定性产品信息指广告中只允许消费者提供预算,其余的信息如出发时间和行程天数等由商家帮其选择,但享受折扣的优惠,消费者只有付款后才知道旅游航线细节;确定性产品信息指正常的产品销售信息,消费者有权利选择出发时间、出发地点和行程天数,并知晓航线的细节信息。

实验呈现程序采用E-prime软件编制,通过BP64通道脑电记录仪记录被试的脑电数据,采用组内设计。有确定性和不确定性两种类型的邮轮旅游产品信息,记为 u , $u=1$ 为确定性产品信息, $u=2$ 为不确定性产品信息。可以通过产品质量信息(Q)和价格水平(P)在两种信息类型上的分布区分产品,构成两个刺激,记为 k , $k=1$ 为产品质量信息, $k=2$ 为价格,每个刺激呈现50次。为了构建贝叶斯信息更新环境,在贝叶斯更新实验阶段随机播放两个刺激100次之后,呈现旅游形象广告,再进入预测惊喜实验阶段。

实验信息包括两个产品质量信息水平和两个价格水平的阶乘组合, Q_H 为确定性产品质量信息, Q_L 为不确定性产品质量信息, P_H 为高价格信息, P_L 为低价格信息。在进行正式实验之前,先用蜂花洗发水洗头,保持头皮干净,然后佩戴电极帽,使每个电极的阻抗降到5K欧姆以下。随后,请被试进入隔音、隔光的人因工程实验室,并请被试舒适地坐在靠椅上。被试需要想象他们正计划进行一次邮轮旅游,需要通过网络购买邮轮旅游产品,并且要通过广告信息不断更新支付意愿。刺激呈现在距离被试90cm的电脑屏幕上。

在开始实验之前,每位被试在实验者的监督下完成一次产品购买测试,以熟悉该任务。每个练习实验的画面由一组确定性产品质量信息和一组不确定性产品质量信息组成,以产生统一的产品质量信

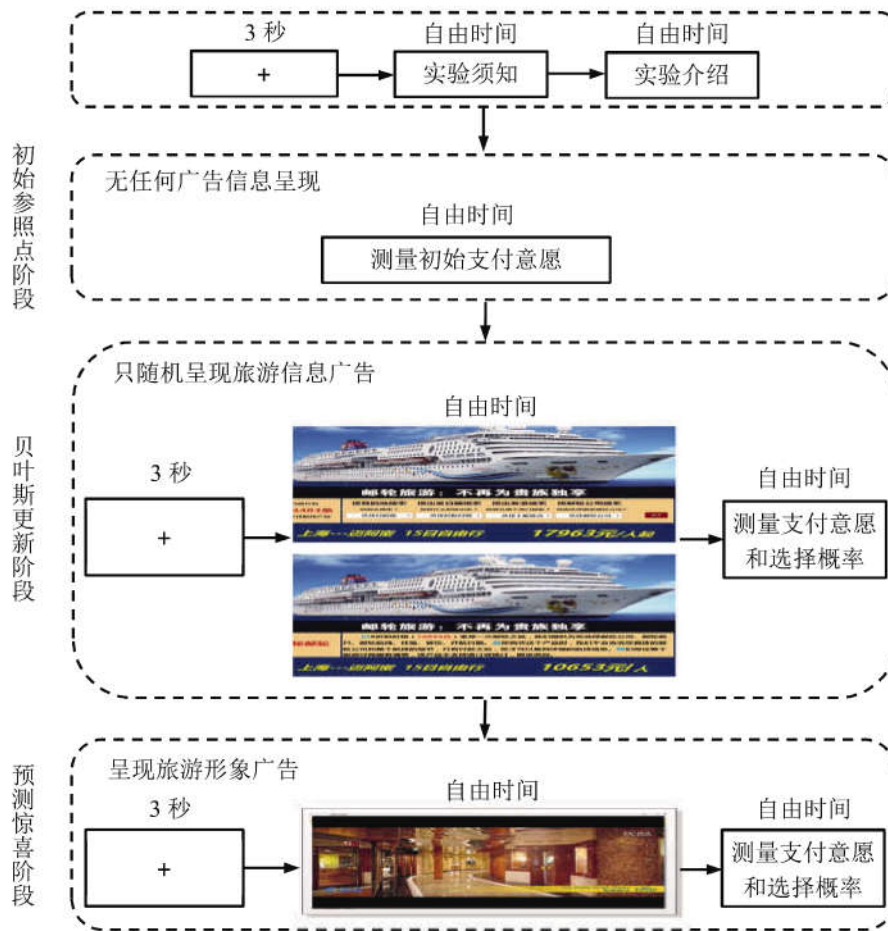


图1 实验流程

Figure 1 Experimental Procedure

息。成功完成这些练习,证明被试理解了实验程序和他们的任务。

实验流程见图1。由图1可知,实验包括3个阶段,在每个实验阶段,首先在屏幕中央呈现一个“+”号,用于提示被试集中注意,持续时间为3秒;为了减少时间限制对被试决策的影响,每个实验阶段都设置了自由时间,被试通过点击鼠标进入实验的下一个阶段。

初始参照点阶段,实验的目的是获得被试认知更新前的参照数据。首先要求被试根据已有的知识估计上海-迈阿密的邮轮旅游产品价格,作为支付意愿初始值。

贝叶斯更新阶段,随机播放两个实验刺激,即确定性邮轮产品信息广告和不确定性邮轮产品信息广告。被试在看完信息广告后,记录其脑电指标数据,并要求其分别报告产品的选择概率和支付意愿。

预测惊喜阶段,播放携程网提供的邮轮旅游产品形象广告,记录被试脑电更新数,目的是获取被试进行情绪更新并调整其支付意愿后的数据,构建被试在信息更新后的情绪唤醒度。在经过信息更新后,要求被试再次分别给出产品的选择概率和支付

意愿。

3.2.2 变量测量

对每位被试施用所有条件,在旅游形象广告播放之前,首先向被试展示包含产品质量信息和价格水平的旅游信息广告,接着测量被试的支付意愿和选择概率,以此代表先验质量信息和价格水平,先验质量信息和价格水平允许被试通过信念更新形成对价格的反应。每阶段以刺激序列组成:① O 为观察信息,两种产品信息中的一个被随机选择以形成信息状态 $s, s = u$,并且每个刺激以观察信息 $O(n)$ 的形式一个接一个地显示, $O(n) = k, n$ 为阶段;② 通过问卷测量消费者的支付意愿和选择概率;③ 被试必须在当前信息抽样中选择某种信息类型的产品,即以某个产品信息类型构成状态。

被试以广告产品选择的百分比表示自己的选择,即产品信息类型的状态,分别为 $s = u = 1$ 和 $s = u = 2$ 。刺激-反应映射在被试之间是平衡的,即左手或右手反应指示对 $s = 1$ 和 $s = 2$ 的选择无区别。每个实验阶段采样的持续时间大约在600秒~900秒之间,采样的持续时间包括产品刺激样本的呈现、支付意愿响应的收集以及最终的产品选择。在实验过程中既没有

反馈也没有奖励。另外,由于消费者对产品的评价不是依赖绝对价格信息而是依赖主观感知价格水平^[41],被试在实验阶段的感知价格水平取决于采取的行动和当前状态。基于此,本研究把感知价格分为两个水平,如果支付意愿大于市场价格,为感知低价格 P_L^* ;如果支付意愿小于市场价格,则为感知高价格 P_H^* 。因此,本研究产生4个实验条件,分别为 $Q_c P_H^*$ 、 $Q_c P_L^*$ 、 $Q_u P_H^*$ 和 $Q_u P_L^*$, $Q_c P_H^*$ 为确定性先验质量信息下的感知高价格, $Q_c P_L^*$ 为确定性先验质量信息下的感知低价格, $Q_u P_H^*$ 为不确定性先验质量信息下的感知高价格, $Q_u P_L^*$ 为不确定性先验质量信息下的感知低价格。

先验质量信息由确定性和不确定性两类产品信息构成。在确定性先验质量信息条件下,包含 $u=1$ 类型的产品信息,即 $Q(s=1) = \text{确定性}$, $P(s=1) = 17\,963$ 元。在不确定性先验质量信息条件下,包含 $u=2$ 类型的产品信息,即 $Q(s=2) = \text{不确定性}$, $P(s=2) = 10\,693$ 元。在确定性先验质量信息的感知价格条件下,产品信息类型包含确定性产品质量信息和价格水平,即 $P_L^*(O=1|s=1) = \text{感知低价格}$, $P_H^*(O=2|s=$

$1) = \text{感知高价格}$ 。在不确定性先验质量信息的感知价格条件下,产品信息类型包含不确定性产品质量信息和价格水平,即 $P_L^*(O=1|s=2) = \text{感知低价格}$, $P_H^*(O=2|s=2) = \text{感知高价格}$ 。

实验中每个阶段的问卷主要是为了获得被试动态变化的支付意愿和产品选择状态,问卷题项见表1。消费者确定支付意愿时可能受不确定性因素影响,使用区间概率比使用点概率更能刻画变量的不确定性特点,进而包含更多的变量信息,用它估计参数、预测因变量未来取值将更可信。因此,本研究问卷中使用区间概率表示被试在每个实验阶段的产品选择结果。

3.3 脑电数据记录和分析

3.3.1 定位脑电通道数据

西南交通大学经济管理学院人因工程实验室安静隔音且能屏蔽电磁辐射,实验采用Brain Products公司生产的64导的Ag/AgCl电极帽记录相应的脑电,电极位置分布遵照国际10-20系统。有2个活动电极分别对左眼眶下侧的垂直眼电和两眼外侧的水平眼电进行记录,参考电极TP1和TP2置于双侧乳突位置(即

表1 变量测量
Table 1 Questionnaire Items

变量名称	测量题项
收集初始支付意愿数据	
初始支付意愿	1. 您参加过邮轮旅游活动吗? 2. 您认为上海到美国迈阿密的邮轮旅游费用大概为多少? 如果您参加过邮轮旅游活动,请您停止参与实验,谢谢!
贝叶斯更新阶段	
支付意愿	请您观看电脑屏幕上的旅游信息广告,您认为上海-迈阿密的邮轮产品价格应该为多少?
情绪唤醒度	回答支付意愿题项的同时记录情绪脑电数据。
产品选择 ($s = u$)	选择 A 方案的概率为_____ a. 0~25%; b. 26%~50%; c. 51%~75%; d. 76%~100% 选择 B 方案的概率为_____ a. 0~25%; b. 26%~50%; c. 51%~75%; d. 76%~100% 主要原因是什么? 同时记录情绪脑电数据。
预测惊喜阶段	
支付意愿	请您观看邮轮旅游视频广告 http://v.youku.com/v_show/id_XNjYxMjM1NjA0.html?spm=a2h0k.8191407.0.0.yys9nm&from=s1.8-1-1.2 , 请问您现在认为上海-迈阿密的邮轮产品价格应该为多少?
情绪唤醒度	回答支付意愿题项的同时记录情绪脑电数据。
产品选择 ($s = u$)	选择 A 方案的概率为_____ a. 0~25%; b. 26%~50%; c. 51%~75%; d. 76%~100% 选择 B 方案的概率为_____ a. 0~25%; b. 26%~50%; c. 51%~75%; d. 76%~100% 主要原因是什么? 同时记录情绪脑电数据。

双耳突起位置),接地电极在FCz和Fz之间的中点位置。实验过程中电极与头皮的接触电阻保持在5 kΩ以下,告知被试有关非脑部伪影的问题,并鼓励他们减少运动伪影的发生。

3.3.2 删除无用数据和滤波

在计算两个乳突数据的平均值之前对数据进行谨慎手动清洗,以放弃在眼动或任何其他非脑部伪影以外的试验期间发生的眨眼。平均眼电图(electro-oculogram,EOG)波形中的偏差很小,表明实验期间在人工伪影排除过程中被试姿势相对固定并保持良好的。脑电(electroencephalogram,EEG)通道采用0.01 Hz~30 Hz之间的带通滤波和500 Hz采样率的数字化处理。

3.3.3 基线校正

本研究使用Matlab 2013a和Eeglab 12.0.2.6b两个数据处理软件对脑电图数据进行离线处理,选择实验刺激呈现之前的100 ms作为基线,持续脑电被分成持续时间为2 600 ms的时间窗,创建事件相关电位波形。使用刺激呈现前的间隔[-100 ms,0 ms]作为基线校正时间窗,使用Eeglab提供的自动检测算法检测并删除不良通道,使用对异常值、分布、光谱和线性趋势敏感的本地Eeglab伪影检测算法检测并拒绝包含非典型伪影的时间窗。

3.3.4 重新参考

采用Brain Vision Analyzer Version 2.0.1软件对脑电图数据进行初步离线分析,因为不同电极位置的参考会对数据造成一定的影响,根据经验和已有研究,本研究在离线分析脑电数据时将两个乳突数据的平均值作为参考数据。

3.3.5 独立主成分分析

在排除被阵发性伪影污染的时间段后,首先,使用Infomax算法的独立主成分分析校正连续脑电信号中剩余的伪影。对剩余的干净数据做第2次独立主成分分析,以提高独立主成分分析的质量,并推导出更多的独立主成分分析的成分以解释神经来源。将通过第2次独立主成分分析的电极重新参考两侧乳突,并导回到原始的未经过滤的连续脑电数据中。然后,从连续脑电信号中提取感兴趣的数据时间窗口(-1 000 ms~2 500 ms价格刺激)以捕获晚期正电位脑电波。使用MARA算法对感兴趣的时间窗口进行基线校正,并从连续脑电信号中检测和删除代表伪迹的主成分分析的成分。最后,由于脑电数据都是微伏级别的,超过±75 μV的信号都属于伪迹,所以被删除。

3.4 评估方法

为了更好地测量消费者在贝叶斯学习过程中不同阶段的支付意愿与事件相关电位响应变量的关系,本研究使用SPM软件中的参数经验贝叶斯方案spm_PEB.m^[42]中实现的线性分层模型,比较不同阶段的脑电模型。这些经验贝叶斯模型是一个简单的一般线性标准模型,该模型进行高层级设计,对第1级的参数估计施加约束。每个模型的证据用一个变分

自由能边界来近似,这个边界由精度和复杂度组成^[43]。这种近似可以用来以通常的方式计算贝叶斯因子和脑电记录证据。本研究使用log-Bayes因子ln BF表示脑电数据与支付意愿分布的拟合程度,其等于支付意愿模型与通用参考空模型之间的对数差异^[44],即

$$\ln BF_{i-null} = \ln \frac{WTP(Y|s_i)}{WTP(Y|s_{null})} = F_i - F_{null} \quad (1)$$

其中, i 为信息状态阶段; $null$ 为通用参考空模型的标记; BF_{i-null} 为以 $null$ 为参照原点 i 信息状态阶段的贝叶斯因子; s_i 为给定信息状态, $s_i \in \{u=1, u=2\}$; s_{null} 为信息状态的通用参考空模型; $WTP(Y|s_i)$ 为给定信息状态 s_i 的数据 Y 诱发的支付意愿价值; F_i 为 i 信息状态阶段的支付意愿模型; F_{null} 为支付意愿的通用参考空模型。由于使用了一个通用的参考模型,所有的模型都可以相互比较。

4 实验结果

4.1 行为数据

由于不同消费者感知低价格(或感知高价格)的程度不同,为了使不同消费者的支付意愿具有可比性,将支付意愿的调整幅度作为因变量,并进行标准化处理。本研究将支付意愿的调整幅度定义为支付意愿的变化率与相对于支付意愿的感知低价格(或感知高价格)的变化率的比值,即

$$I(n+1) = \frac{w_0(n+1) - w_0(n)}{p_j(n) - w_0(n)} \quad p_j(n) \neq w_0(n) \quad (2)$$

其中, I 为支付意愿的调整幅度, $w_0(n)$ 为消费者形成的支付意愿, $p_j(n)$ 为 j 产品的广告价格。当 $n=1$ 时, $w_0(n)$ 表示消费者在初始参照点阶段形成的支付意愿, $p_j(n)$ 表示消费者在初始参照点阶段 j 产品的广告价格, $w_0(n+1)$ 表示消费者在贝叶斯更新阶段形成的支付意愿;当 $n=2$ 时, $w_0(n)$ 表示消费者在贝叶斯更新阶段形成的支付意愿, $p_j(n)$ 表示消费者在贝叶斯更新阶段 j 产品的广告价格, $w_0(n+1)$ 表示消费者在预测惊喜阶段形成的支付意愿。根据(2)式,当消费者感知低价格后, $I>0$ 表明消费者降低了支付意愿, $I<0$ 表明消费者提高了支付意愿;当消费者感知高价格后, $I>0$ 表明消费者提高了支付意愿, $I<0$ 表明消费者降低了支付意愿。 $I=0$ 表示 $w_0(n+1) = w_0(n)$,即支付意愿不受外部信息的影响,消费者支付意愿在一定时间段内保持不变。另外, I 的绝对值越大表明支付意愿的调整幅度越大。

为了验证研究假设,首先根据被试在贝叶斯更新阶段实验中的支付意愿将其划分为感知高价格和感知低价格两个类型。实验前对于选择确定性问题的回答结果表明,被试能够认识到选择方案在不确定性程度上存在差异,因此将贝叶斯更新阶段实验中支付意愿小于市场价格的被试划为感知高价格型,支付意愿大于市场价格的被试划为感知低价格

表2 支付意愿调整幅度
Table 2 Adjustment Rate of Willingness to Pay

产品质量信息	感知低价格				感知高价格			
	均值	极大值	极小值	标准差	均值	极大值	极小值	标准差
贝叶斯更新阶段								
不确定性	3.761	27.144	-13.023	6.522	0.271	1.482	-13.913	1.522
确定性	0.133	1.912	-3.061	1.063	0.173	1.931	-13.911	2.753
预测惊喜阶段								
不确定性	0.601	15.311	-8.652	2.911	1.661	81.080	-14.732	13.364
确定性	0.792	7.663	-7.661	2.662	-0.020	1.691	-4.911	1.212

型。本研究将每位被试均视为独立的决策主体,具有不同的感知价格水平。支付意愿调整幅度的描述性统计结果见表2。

4.2 脑电数据

为了测试电位、时间窗和刺激条件对晚期正电位振幅的影响,本研究采用横位电极、侧位电极、时间窗和刺激条件的 $5 \times 3 \times 3 \times 4$ 重复测量实验,横位电极包括额叶(F3, Fz, F4)、额叶中央(FC3, FCz, FC4)、中央(C3, Cz, C4)、中央顶叶(CP3, CPz, CP4)、顶叶(P3, Pz, P4),侧位电极包括左侧(F3, FC3, C3, CP3, P3)、中线(Fz, FCz, Cz, CPz, Pz)、右侧(F4, FC4, C4, CP4, P4),时间窗包括早期时间窗500 ms~1 000 ms、中期时间窗1 500 ms~2 000 ms、晚期时间窗2 001 ms~2 500 ms,刺激条件为确定性感知高价格、确定性感知低价格、不确定性感知高价格、不确定性感知低价格,使用限制最大似然估计进行测试。

4.2.1 奈特不确定性信息下的价格情绪

(1)主要效应。横位电极, $F(4, 204) = 297.841, p < 0.0001$;侧位电极, $F(2, 102) = 14.402, p < 0.0001$;时间窗, $F(2, 102) = 79.481, p < 0.0001$;刺激条件, $F(3, 153) = 112.143, p < 0.0001$ 。与预期相同,①横位电极的主要效应表明,随着电极位置变得更加偏后,晚期正电位振幅在每个横位电极的水平显著增加, $p < 0.0001$ 。②侧位电极的主要效应表明,左侧电极的晚期正电位振幅显著低于中线电极和右侧电极, $p < 0.0006$;右侧电极和中线电极没有显著差异, $p < 0.872$ 。③时间窗的主要效应揭示了3个窗口的显著差异,中期时间窗具有比早期时间窗和晚期时间窗更高的晚期正电位幅度, $p < 0.0001$;晚期时间窗的正向晚期正电位振幅显著高于早期时间窗, $p < 0.0001$ 。④刺激条件的主要效应表明,晚期正电位振幅对感知高价格敏感。不管产品质量信息类型如何,与感知低价格相比,感知高价格显著引发更高的晚期正电位振幅,确定性感知低价格的均值为1.521,标准差为3.702;不确定性感知低价格的均值为1.521,标

准差为4.220,均为 $p < 0.0001$;确定性感知高价格的均值为2.742,标准差为4.391;不确定性感知高价格的均值为3.091,标准差为5.153。重要的是,在不确定性信息下感知高价格比确定性信息下感知高价格引发显著高的晚期正电位振幅, $p < 0.012$,表明不确定性信息扩大了感知高价格引发的晚期正电位振幅。在不确定性信息和确定性信息条件下,感知低价格没有观察到显著差异, $p < 0.771$ 。

(2)交互效应。横位电极与时间窗存在显著的相互作用, $F(8, 408) = 103.861, p < 0.0001$ 。在早期时间窗,额叶、额叶中央和中央脑区晚期正电位振幅显著小于中期时间窗和晚期时间窗, $p < 0.0001$ 。在中央和中央顶叶,早期时间窗和中期时间窗的晚期正电位振幅显著高于后期时间窗, $p < 0.050$,在早期时间窗与中期时间窗之间晚期正电位振幅没有差异。在顶叶区,与中期时间窗相比,晚期正电位振幅在早期时间窗较大, $p < 0.0001$ 。

侧位电极与时间窗具有显著的相互作用, $F(4, 204) = 4.882, p < 0.0009$ 。在早期时间窗内,中线电极的晚期正电位振幅显著高于左侧和右侧电极, $p < 0.001$ 。左侧和右侧电极在早期时间窗内的晚期正电位振幅没有差异。在中期时间窗内,中线电极位点具有显著高于左侧和右侧电极的晚期正电位振幅, $p < 0.0001$,并且存在显著的半球差异,右侧电极具有较大晚期正电位振幅, $p < 0.005$ 。在晚期时间窗内,右侧优势持续:与左侧电极相比,中线和右侧电极的晚期正电位幅度更大, $p < 0.0001$,但中线与右侧电极之间没有显著差异, $p < 0.174$ 。

横位电极与刺激条件的相互作用表明,不同刺激条件在横位不同电极处的晚期正电位振幅存在显著差异, $F(12, 612) = 5.283, p < 0.0001$ 。在额叶区,刺激条件对晚期正电位振幅没有显著差异, $p < 0.582$ 。然而从额叶中央到顶叶的横位电极区域,确定性和不确定性信息下感知高价格比同信息条件下感知低价格引起较高的晚期正电位振幅, $p < 0.0001$ 。在中

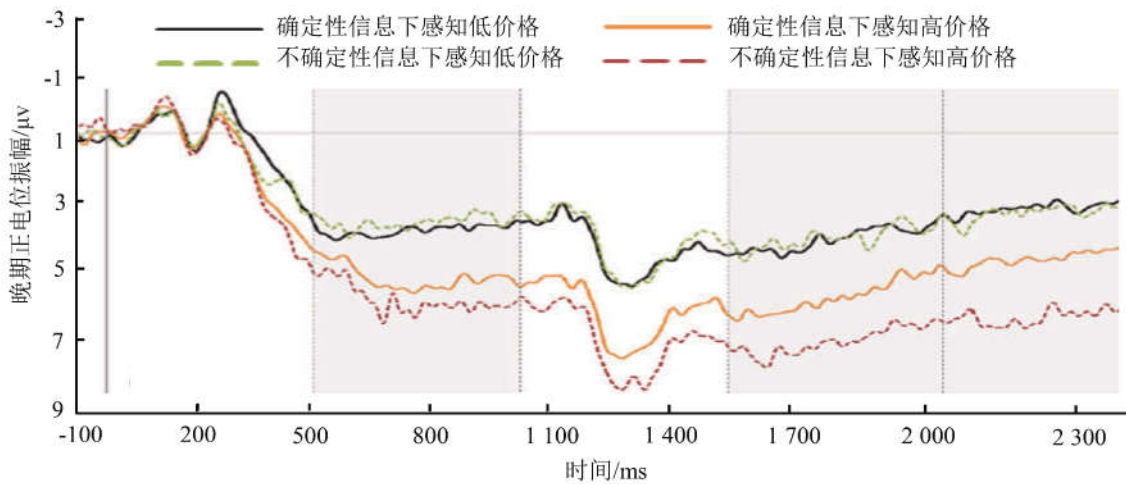


图2 不同刺激条件下电极CPz处的不同时间窗的晚期正电位振幅
Figure 2 Late Positive Potentials Amplitude of Different Time Windows at Electrode CPz under Different Stimulation Conditions

中央顶叶,晚期正电位对感知高价格的反应被不确定性放大,其中CPz电极处对刺激条件最敏感。图2给出不同实验刺激条件下电极CPz处的不同时间窗的晚期正电位振幅。在中央顶叶电极上,不确定性信息下感知高价格引发的晚期正电位振幅明显高于确定性信息下感知高价格,均值为4.112,标准差为4.001, $p < 0.012$,这种效应在其他头皮区域没有出现。确定性信息和不确定性信息下感知低价格对任何脑区的晚期正电位振幅没有显著影响。

侧位电极与刺激条件有显著的相互作用, $F(6, 306) = 4.241, p < 0.0004$ 。在侧位所有电极位置,确定性信息和不确定性信息下的感知高价格引发的晚期正电位振幅显著高于同条件下的感知低价格, $p < 0.0003$;感知低价格在确定性信息和不确定性信息下引发的晚期正电位振幅没有差异。在右侧区域,不确定性信息下的感知高价格引发的晚期正电位振幅显著大于确定性信息下的感知高价格, $p < 0.053$ 。三向和四向交互效应都不显著, $p > 0.181$ 。

总之,上述结果表明,在产品质量信息处理过程中,感知价格在中央顶叶和顶叶区域引发的晚期正电位响应最大,并且不确定性放大了这种反应, H_1 得到验证。图3给出(CPz)电极不同时间窗内每隔100 ms的不同感知价格水平之间晚期正电位振幅的差异,图4给出CP4电极不同时间窗内每隔100 ms不同产品质量信息条件之间的感知高价格晚期正电位振幅的差异。由图3和图4可知,在早期时间窗期间,晚期正电位振幅最大并且对中央顶叶中线(CPz)的刺激条件最敏感。在中期时间窗,晚期正电位开始在CP4呈现右半球优势,但在幅度和刺激条件敏感度方面与CPz在统计学上相当。

4.2.2 贝叶斯学习中的价格情绪

贝叶斯学习动态过程与晚期正电位振幅之间存在相关性。表3给出被试在电极位置CPz处在贝叶斯

更新和预测惊喜两个阶段支付意愿调整幅度相关的情绪唤醒度,即晚期正电位振幅。由整个时间窗的结果可知,无论是贝叶斯更新阶段还是预测惊喜阶段,感知低价格水平下,晚期正电位振幅均小于0.145,但在感知高价格水平下,不确定性促使晚期正电位振幅分别提高到0.213和0.212,随着信息的累

表3 贝叶斯学习动态过程中支付意愿与晚期正电位振幅的相关性
Table 3 Correlation between Willingness to Pay and Late Positive Potentials Amplitude in Dynamic Process of Bayesian Learning

	晚期正电位振幅			
	确定性信息 感知低价格	不确定性信息 感知低价格	确定性信息 感知高价格	不确定性信息 感知高价格
贝叶斯更新阶段				
早期	0.223	0.261	0.311*	0.311*
中期	-0.802	0.092	0.091	0.161
晚期	0.052	0.083	0.171	0.262
整个时间窗	0.054	0.124	0.172	0.213
预测惊喜阶段				
早期	0.182	0.161	0.181	0.181
中期	0.033	0.122	0.151	0.182
晚期	0.154	0.221	0.232	0.291*
整个时间窗	0.143	0.142	0.123	0.212

注:*为 $p < 0.050$ 。

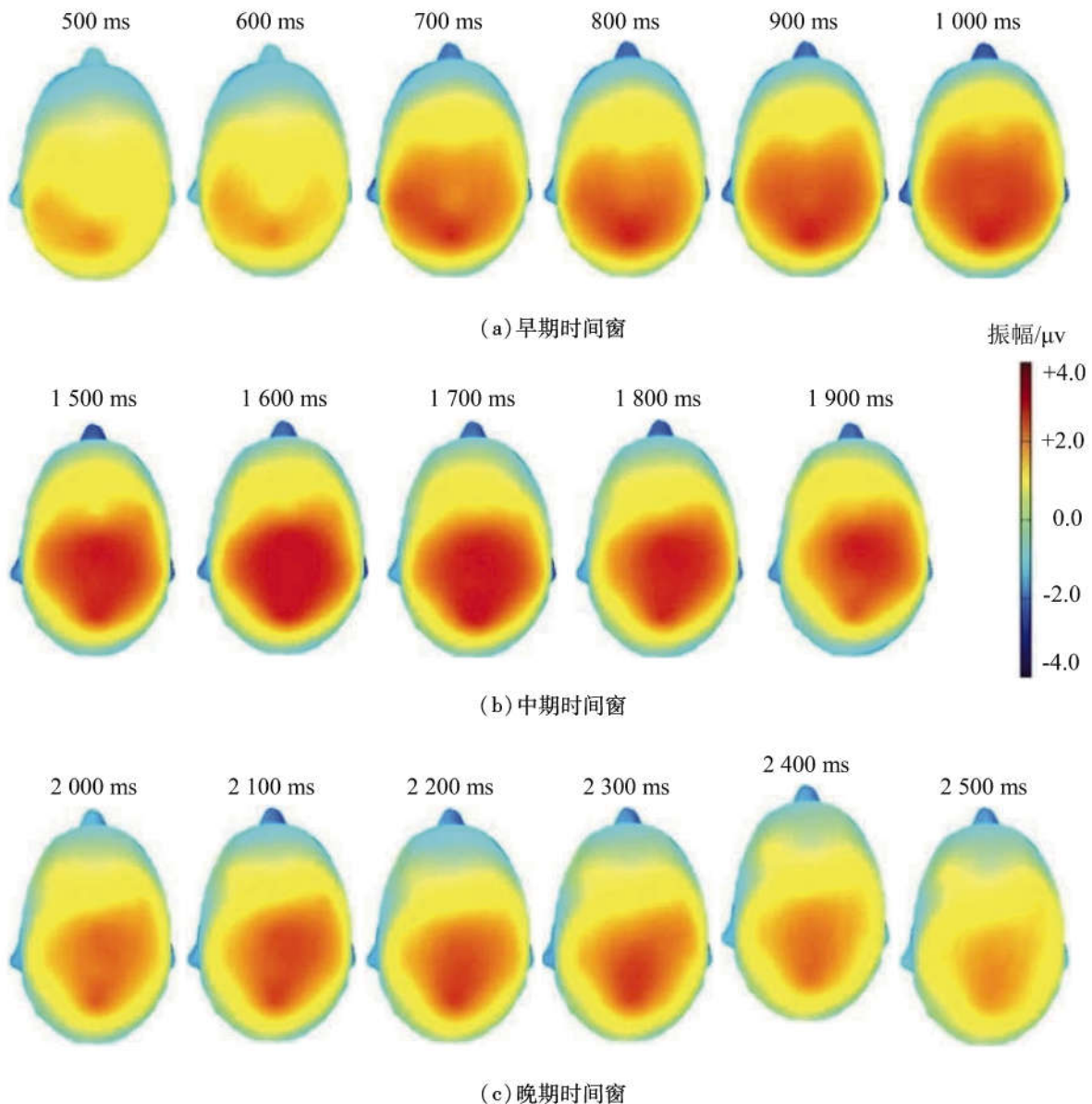


图3 不同时间窗内每隔100 ms的不同感知价格水平之间晚期正电位振幅的差异

Figure 3 Differences in Late Positive Potentials Amplitude between Different Perceived Price Levels Every 100 ms Interval during Different Time Windows

积,与预测惊喜阶段相比,在贝叶斯更新阶段情绪在价格判断(支付意愿)中的渗透程度低,支付意愿与晚期正电位振幅呈正向关系,高水平的支付意愿引发更大的幅度。分阶段看,贝叶斯更新阶段和预测惊喜阶段晚期正电位都在早期时间窗呈现正振幅但存在差异,表明较高的支付意愿与晚期正电位较大的偏差有关。对于贝叶斯更新阶段,与感知低价格相比,这种正向关系在确定性信息和不确定性信息下感知高价格时表现更强, $p < 0.050$, 预测惊喜阶段这种正向关系逐渐减弱。

对于不同的信息条件,贝叶斯更新阶段感知高

价格引发的晚期正电位振幅在早期时间窗存在显著差异,而预测惊喜阶段在早期时间窗晚期正电位振幅逐渐衰减,变得不显著,表明情绪唤醒度逐渐减弱。但在预测惊喜阶段的晚期时间窗对于不确定性信息下感知高价格引发显著的晚期正电位振幅,说明情绪在消费者最后决策时起到一定的作用。

图5给出基于支付意愿估计的贝叶斯更新和预测惊喜两个阶段支付意愿更新引发的情绪唤醒度与时间和电极的拟合程度。红色和蓝色代表支付意愿更新与不同实验阶段测量的事件相关电位成分之间拟合程度的高低,红色代表拟合程度高,蓝色代表拟

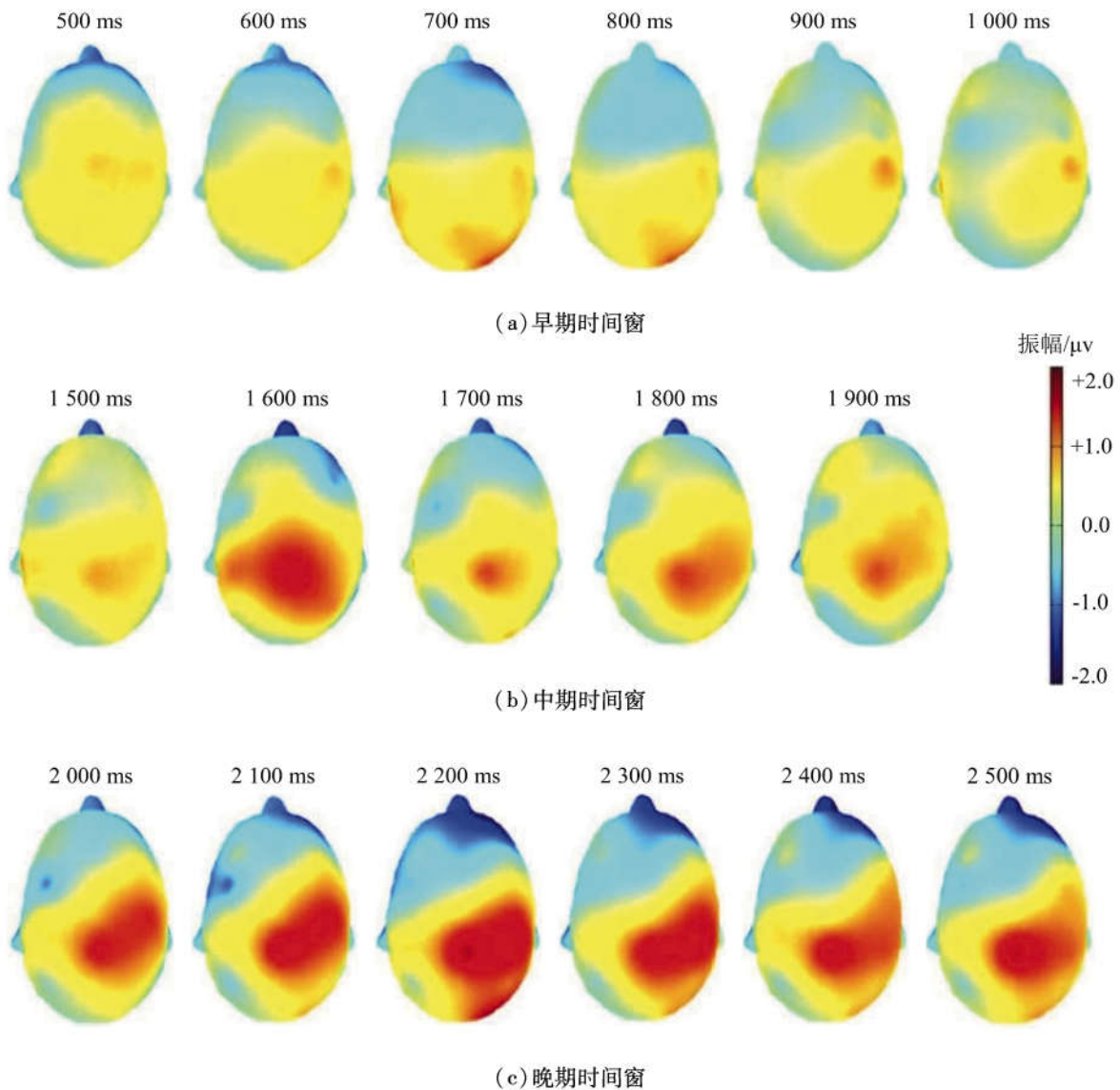


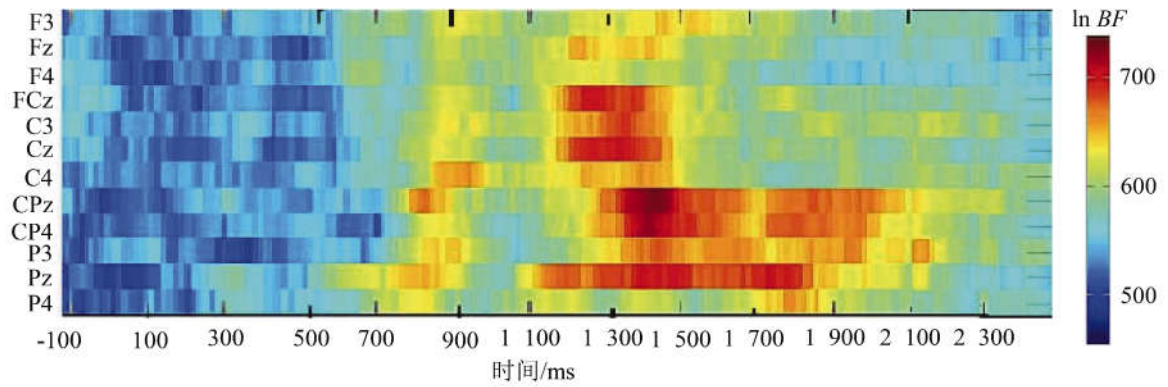
图 4 不同时间窗内每隔 100 ms 不同产品质量信息条件下的感知高价格晚期正电位振幅的差异
Figure 4 Differences in Late Positive Potentials Amplitude between Perceived High Prices
under Different Product Quality Information Conditions Every 100 ms in Different Time Windows

合程度低。图 5 中没有显示的电极主要是边缘电极,在这些电极上没有显示任何重要的波形信息。贝叶斯更新和预测惊喜似乎可以提供实际数据的准确近似值,侧位电极(F3,Fz,F4)的激活程度低于横位电极,主要集中在晚期正电位中期时间窗内。横位电极额叶中央区(FC3,FCz,FC4)的高度激活主要集中在晚期正电位早期时间窗内,中央顶叶区(CPz,CP4)的高度激活主要集中在晚期正电位中期时间窗内,顶叶区(P3,Pz,P4)的高度激活主要集中在晚期正电位晚期时间窗内。

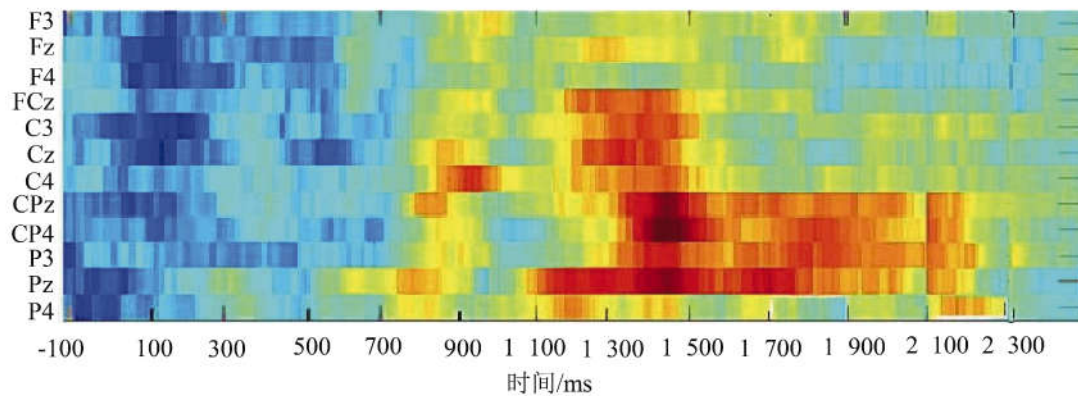
图 6 分别给出晚期正电位早期时间窗、中期时间窗和晚期时间窗的 log-Bayes 因子的脑地形图。由整个脑地形图可知,晚期正电位早期时间窗脑地形图显示了额叶中央区的特定焦点和脑左侧区斑点;对

于晚期正电位中期时间窗,出现更后方(顶叶区)和广泛分布的焦点;晚期正电位晚期时间窗相对被严格限制在顶叶区和左侧脑区。结合表 3、图 5 和图 6 的结果,证明确定性信息和不确定性信息下感知高价格和感知低价格在贝叶斯更新和预测惊喜阶段情绪唤醒度(即晚期正电位振幅)存在差异, H_{2a} 得到验证。

图 7 给出在 $Q_c P_H^*$ 、 $Q_c P_L^*$ 、 $Q_u P_H^*$ 、 $Q_u P_L^*$ 实验条件和跨越 3 个连续的广告刺激下,消费者在支付意愿贝叶斯更新和预测惊喜两个阶段学习中,支付意愿变化与脑皮层激活在电极 CPz 和 CP4 测量的试验性晚期正电位振幅条件下的相关性。图 7(a)和图 7(b)给出每个阶段贝叶斯学习结果,图 7(c)~图 7(f)给出被试在电极 CPz 和 CP4 处仅对第 3 个旅游形象广告刺激响



(a) 贝叶斯更新阶段



(b) 预测惊喜阶段

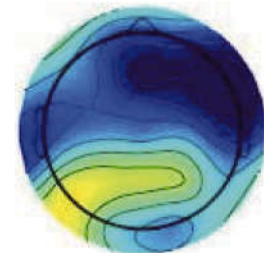
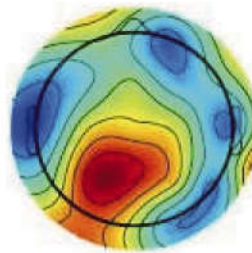
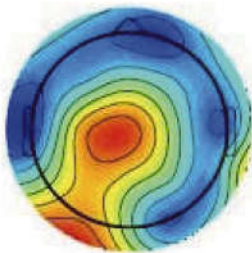
图 5 不同贝叶斯学习阶段支付意愿与电极和时间的拟合程度

Figure 5 Fit Degree of Willingness to Pay, Electrodes and Time in Different Bayesian Learning Stages

晚期正电位早期时间窗

晚期正电位中期时间窗

晚期正电位晚期时间窗

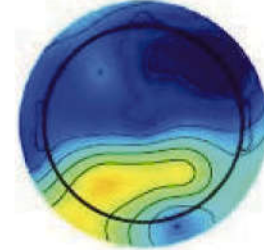
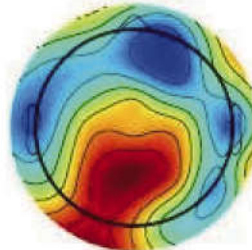
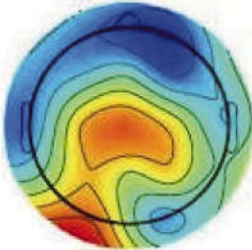


(a) 支付意愿贝叶斯更新阶段

晚期正电位早期时间窗

晚期正电位中期时间窗

晚期正电位晚期时间窗



(b) 支付意愿预测惊喜阶段

图 6 晚期正电位不同时间窗内的 log-Bayes 因子脑地形图

Figure 6 Scalp Maps of Log-Bayes Factors for Different Time Windows for Late Positive Potentials

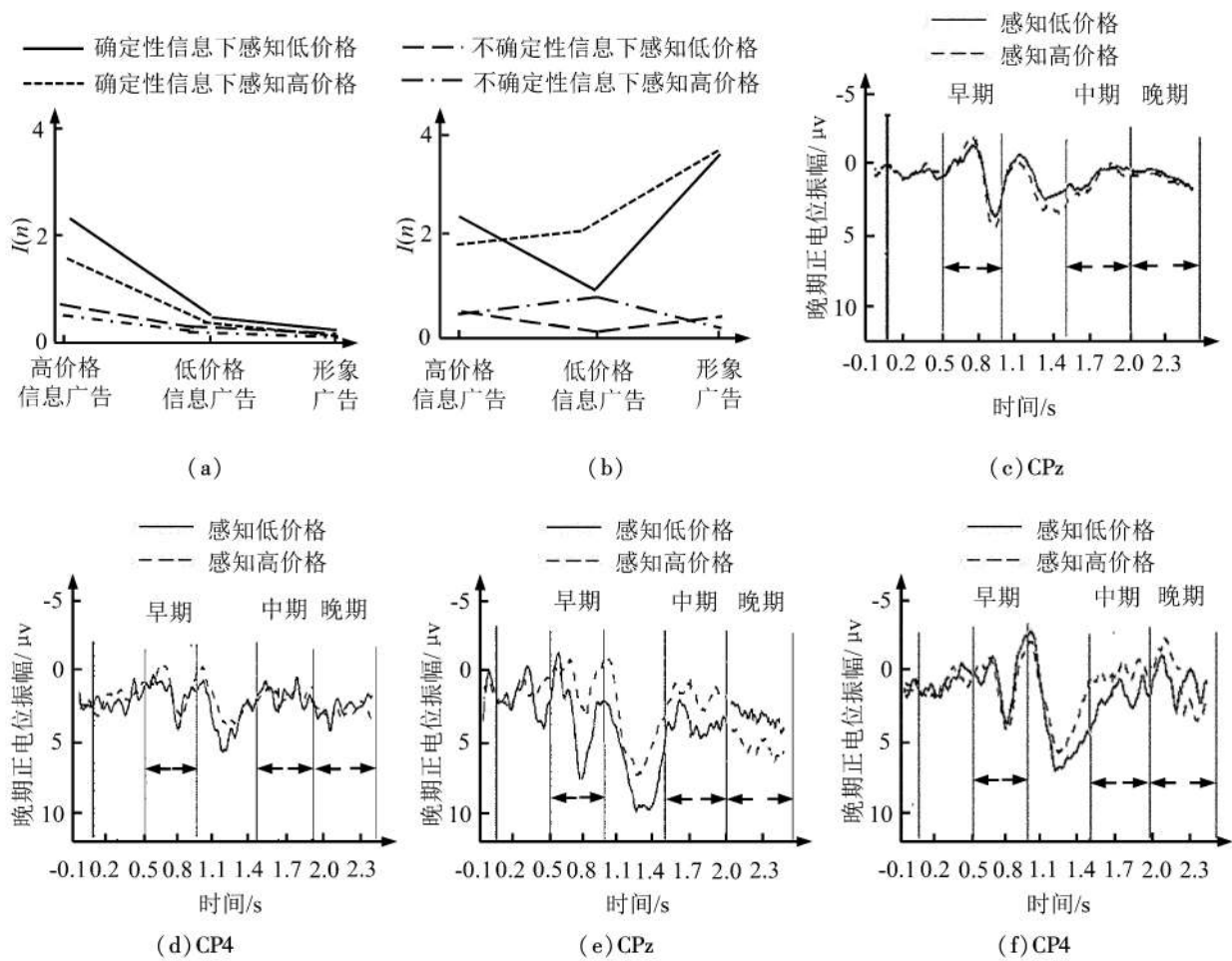


图7 4个实验条件下支付意愿调整幅度与脑皮层激活的关系
 Figure 7 Relationships between Adjustment Rate in Willingness to Pay and Cortical Activation under Four Experimental Conditions

应的晚期正电位振幅。由图7中支付意愿调整幅度 $I(n)$ 的变化和脑电波的振幅变化可知,支付意愿(调整幅度的高低)直接影响情绪唤醒度(即晚期正电位振幅),并呈现正向关系, H_{2b} 得到验证。

5 讨论

本研究通过一个行为价格序列实验产生的脑电生理信号探索不确定市场中消费者在贝叶斯学习过程中引发的价格情绪的神经相关性。

(1)不确定性信息下不同感知价格水平引发的情绪唤醒度(晚期正电位振幅)大于确定性信息下的感知价格水平。首先,已有研究使用皮肤电流反应^[2]和神经影像学测量^[4]证明,不确定性信息可以放大对厌恶情绪刺激的生理唤醒,而本研究利用脑电实验扩展了这项工作市场营销中的应用。当产品质量信息不确定时,相对于确定性的产品质量信息,由感知高价格引起的情绪唤醒度被放大,即晚期正电位振幅增强。

(2)消费者在贝叶斯学习过程中,在不确定性信息和确定性信息下不同感知价格水平在贝叶斯更新

和预测惊喜两个阶段引发的晚期正电位振幅存在差异。贝叶斯更新通常反映两个支付意愿估计之间的差异,代表隐藏状态下信念的变化,因为新的观察值等于不同产品类型信息播放时消费者贝叶斯更新阶段支付意愿与初始阶段的支付意愿之间的调整幅度。相比之下,预测惊喜表示在给定新观察值的情况下对未来事件的预测变化,等于消费者预测惊喜阶段支付意愿与贝叶斯更新阶段支付意愿之间的调整幅度。已有研究证明在相似的时间段内有意识判断可以显著减少愉快和不愉快的情绪刺激引发的晚期正电位反应^[45],而与支付意愿不一致的特征放大了晚期正电位反应。本研究中,随着产品质量信息的更新,消费者可能改变其购买产品的预期情绪并影响下一步的价格评估过程。例如,产品质量信息可能影响被试在旅游广告显示之前和期间调用注意力的努力程度。考虑到注意力与事件相关电位成分的密切联系,消费者注意力差异可能会反映在晚期正电位振幅的变化中,当外部信息曝光于消费者时,他们更可能避免感知高价格产品并转移注意力。本研究结果表明,不论信息条件如何,消费者感知高价

格时,贝叶斯更新与早期时间窗晚期正电位振幅变异性有关;在不确定性信息下感知高价格时,预测惊喜波形最能预测晚期时间窗晚期正电位振幅变异性。另外,不论信息条件如何,感知低价格引发晚期正电位振幅在贝叶斯更新与预测惊喜阶段没有显著差异。

(3)支付意愿的动态更新对应于不同的时间窗的晚期正电位成分。虽然在所有模型中时间窗没有显著影响晚期正电位幅度,但支付意愿在早期时间窗内对晚期正电位振幅有最强大的影响力。基于本研究结果,贝叶斯学习过程引发的情绪模式基本上反映了晚期正电位3个时间窗口,晚期正电位三分区的贝叶斯学习情绪模型见图8。

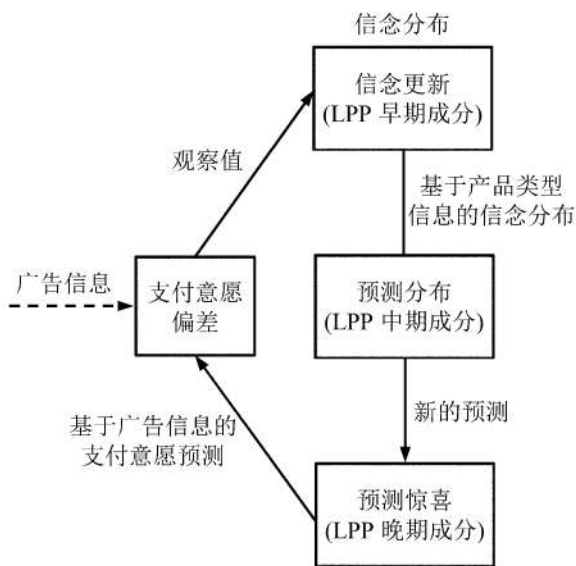


图8 晚期正电位三分区的贝叶斯学习情绪模型
Figure 8 An Outline of Bayesian Learning Affect Model of the Tri-partitioned Late Positive Potentials

由图8可知,贝叶斯学习模型假设存在一个贝叶斯学习单元,它以互惠的方式与传入环境信息的情感系统进行交互^[44]。此外,贝叶斯学习模型推测学习单元不能进行贝叶斯最优更新。首先,它估计先验信息和观察信息共同影响的后验信念分布,其中信念更新与早期时间窗晚期正电位振幅变化相关。其次,未来观测值的预测分布由后验分布估计,其中预测分布与序列实验中期时间窗晚期正电位振幅变化相关。在它的输出分支上,新出现的学习单元预测对情绪过程的预适应偏好施加控制^[46],而学习中信念更新则基于传入的紧急观察。进一步注意到,预测惊喜与序列实验晚期时间窗晚期正电位振幅变化相关,可以被认为是由情感处理流中的预适应性偏差处理引起的预测误差的大小。预测惊喜也可以被看作决策变量的演变,即从偏见水平到决策门槛的证据积累^[47]。

在早期时间窗晚期正电位来源于前额皮层区域

而中期时间窗晚期正电位来自顶叶区的背景下,本研究结果表明了脑区域网络如何引起贝叶斯的情绪学习,晚期时间窗晚期正电位的枕部头皮地形反映了情绪预适应性偏差的设置和更新。

该模型假定存在贝叶斯学习单元,其与处理传入环境信息的情感系统相互作用^[44]。学习单元通过直觉估计、保留和更新两个可区分的支付意愿分布,分别是隐藏状态(信念)和可观察事件(预测)。贝叶斯学习推测信念更新(贝叶斯更新)和预测惊喜,分别与试验早期时间窗晚期正电位和晚期时间窗晚期正电位振幅变化相关。新出现的学习单元预测为启发式决策设置了情绪预适应性偏差,而学习单元信念更新则基于这些决策中出现的观察结果。

首先,本研究根据感知评估理论讨论目标不一致性和一致性如何影响价格情绪形成过程。具体而言,当判断基于不确定性信息或信息不一致时感知高价格,消费者的情感因素尤其重要且显著。在这些情况下,认知信息具有不稳定的预测效果,因此客户不太可能依赖此信息。这一发现强调了识别经验的模式或性质如何影响价格情绪以及管理客户体验的重要性。其次,本研究开发一个在严格控制的、现实的环境中研究这些动态效应的脑电测量程序,以对行为价格研究的方法论具有一定的贡献,这种方法也可以用来检验各种其他产品或服务环境中的价格判断形成过程。

6 结论

本研究以不确定性邮轮旅游产品为例,设计一个行为价格形成的非介入性贝叶斯学习脑电实验,模拟贝叶斯更新和预测惊喜的动态过程,将不确定性产品质量信息与感知价格水平相结合,探讨这些因素随着信息的累积对消费者价格情绪的影响。本研究应用事件相关电位记录贝叶斯更新和预测惊喜的脑波成分晚期正电位。研究结果表明,相对于确定性信息下呈现的价格刺激,脑电数据表明不确定性信息增加了相同刺激引发的晚期正电位振幅,同时消费者在贝叶斯学习过程中信息的不确定性可以对情绪评估过程产生有力的后验分布影响。具体来说,与感知低价格相比,不确定性信息和确定性信息下的感知高价格引起晚期正电位显著的振幅;与确定性信息相比,不确定性信息下感知价格水平引发的晚期正电位幅度也明显更大。随着信息的累积,情绪在价格判断中贝叶斯更新阶段比预测惊喜阶段的渗透程度低,支付意愿与晚期正电位振幅偏转呈正向关系,高水平的支付意愿引发更大的偏转幅度。

本研究将情绪引入行为价格研究,探讨不确定性信息下消费者价格情绪的神经机制,解决了研究者们一直模糊的问题:外部信息、情绪与价格的动态关系。将即时情绪纳入未来研究可能使行为价格学者能够更详细地了解消费者对价格信息的处理,有助于完善对消费者超出价格认知的行为预测,如价格公平认知或物有所值的判断。本研究开发一个在

严格控制的、现实的环境中研究这些动态效应的脑电测量程序,对行为价格研究的方法论具有一定的贡献,这种方法也可以用来检验其他产品或服务环境中的决策形成过程。就实践启示而言,价格信息是情绪的源泉,情绪又推动消费者行为,这对卖家和零售商都是一个挑战。卖家和零售商可以通过创新价格信息而获益,即所有其他条件均相等的情况下,价格信息可转化为更积极的情绪或更少的负面情绪。因此,营销人员需要了解哪些价格信息为消费者提供了更享乐的购物和消费体验。目前的研究结果也会对零售环境的设计产生影响,当消费者处于消费情景时,目标一致的价格信息(如广告价格促销)更容易获得积极的而非消极的情绪状态。因此,零售环境中诱发消费者更积极情绪的线索可能提高广告价格促销的有效性。

本研究的目标样本量预计为35名被试,但由于被试在实验中的不可控因素影响,有效样本只有25名被试。因此,目前的研究可能具有高于理想水平的第一类错误率,造成该研究的统计效能不足。也就是说,本研究中一些没有达到统计显著性的效应可能在足够的样本量下被检测到。未来研究可以增加样本量,对本研究结果进行复制性研究,便于促进本研究的结论更广泛的应用。另外,邮轮旅游属于高价值产品,被试未参加过的概率很大,同时高价值产品自身具有消费壁垒,也许其对实验结果会造成一定的偏差。未来研究可通过常规旅游产品(低价值产品)的实验,验证产品价值不同是否也对实验结果产生影响。

参考文献:

- [1] VECCHIATO G, CHERUBINO P, MAGLIONE A G, et al. How to measure cerebral correlates of emotions in marketing relevant tasks. *Cognitive Computation*, 2014, 6(4): 856–871.
- [2] AL-NAJJAR N I, WEINSTEIN J. A Bayesian model of Knightian uncertainty. *Theory and Decision*, 2015, 78(1): 1–22.
- [3] KNUTSON B, RICK S, WIMMER G E, et al. Neural predictors of purchases. *Neuron*, 2007, 53(1): 147–156.
- [4] POZHARLIEV R, VERBEKE W J M I, BAGOZZI R P. Social consumer neuroscience: neurophysiological measures of advertising effectiveness in a social context. *Journal of Advertising*, 2017, 46(3): 351–362.
- [5] 王建明, 王丛丛, 吴龙昌. 绿色情感诉求对绿色购买决策过程的影响机制. *管理科学*, 2017, 30(5): 38–56.
WANG Jianming, WANG Congcong, WU Longchang. Mechanism of green emotional appeals impacting on the green purchase decision-making process. *Journal of Management Science*, 2017, 30(5): 38–56.
- [6] KINGDON M. The mental world of brands: mind, memory and brand success. *Journal of Brand Management*, 2002, 9(6): 485–486.
- [7] RAMPL L V, OPITZ C, WELPE I M, et al. The role of emotions in decision-making on employer brands: insights from functional magnetic resonance imaging (fMRI). *Marketing Letters*, 2016, 27(2): 361–374.
- [8] KNIGHT F H. *Risk, uncertainty and profit*. Iowa City: Houghton Mifflin Company, 1921: 682–690.
- [9] PESSOA L. A network model of the emotional brain. *Trends in Cognitive Sciences*, 2017, 21(5): 357–371.
- [10] 郭鑫, 位东涛, 张猛, 等. 杏仁核对自我概念清晰性的预测: 来自VBM的证据. *科学通报*, 2017, 62(13): 1377–1385.
WU Xin, WEI Dongtao, ZHANG Meng, et al. Self-concept clarity is predicted by amygdala: evidence from a VBM study. *Chinese Science Bulletin*, 2017, 62(13): 1377–1385.
- [11] KAAG A M, LEVAR N, WINGEN G A V, et al. Hyperreactivity of the amygdala and insula during the acquisition of fear in regular cocaine users: an fMRI study. *European Neuropsychopharmacology*, 2015, 25(S1): S73.
- [12] WHALEN P J. The uncertainty of it all. *Trends in Cognitive Sciences*, 2007, 11(12): 499–500.
- [13] LEITE J, CARVALHO S, BATTISTELLA L R, et al. The role of primary motor cortex as a marker and modulator of pain control and emotional-affective processing. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2017, 11: 1–3.
- [14] GRUPE D W, NITSCHKE J B. Uncertainty and anticipation in anxiety: an integrated neurobiological and psychological perspective. *Nature Reviews Neuroscience*, 2013, 14: 488–501.
- [15] LIN H Y, GAO H W, YOU J, et al. Larger N2 and smaller early contingent negative variation during the processing of uncertainty about future emotional events. *International Journal of Psychophysiology*, 2014, 94(3): 292–297.
- [16] 张凤华, 张玉婷, 向玲, 等. 模糊决策的认知神经机制. *心理科学进展*, 2015, 23(3): 364–374.
ZHANG Fenghua, ZHANG Yuting, XIANG Ling, et al. The cognitive and neural mechanism of ambiguity decision-making. *Advances in Psychological Science*, 2015, 23(3): 364–374.
- [17] HUANG Y J, SHANG Q, DAI S Y, et al. Dread of uncertain pain: an event-related potential study. *Plos One*, 2017, 12(8): e0182489–1–e0182489–12.
- [18] BAGOZZI R P, GOPINATH M, NYER P U. The role of emotions in marketing. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 1999, 27(2): 184–206.
- [19] PEINE K, HEITMANN M, HERRMANN A. Getting a feel for price affect: a conceptual framework and empirical investigation of consumers' emotional responses to price information. *Psychology & Marketing*, 2009, 26(1): 39–66.
- [20] ZIELKE S. Exploring how perceived store price-level and customer characteristics influence price-related emotions. *Advances in Consumer Research*, 2009, 36: 325–331.
- [21] RAVAJA N, SOMERUORI O, SALMINEN M. Predicting purchase decision: the role of hemispheric asymmetry over the frontal cortex. *Journal of Neuroscience, Psychology, and Economics*, 2013, 6(1): 1–13.
- [22] BORDERS A L, KEMP E A. Editorial on the role of emotions in B2B marketing. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 2017, 33(1): 1–2.
- [23] XIE C Y, BAGOZZI R P, GRØNHAUG K. The role of moral

- emotions and individual differences in consumer responses to corporate green and non-green actions. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 2015, 43(3):333-356.
- [24] ZIELKE S. Shopping in discount stores; the role of price-related attributions, emotions and value perception. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 2014, 21(3):327-338.
- [25] RATCHFORD M. Perceptions of price (un) fairness in a channel context. *Marketing Letters*, 2014, 25(4):343-353.
- [26] SOMERUVUORI O, RAVAJA N. Purchase behavior and psychophysiological responses to different price levels. *Psychology and Marketing*, 2013, 30(6):479-489.
- [27] HAMILTON R, CHERNEV A. Low prices are just the beginning: price image in retail management. *Journal of Marketing*, 2013, 77(6):1-20.
- [28] 谢莹. 外部线索对奢侈品价格接受的影响研究: 决策神经科学视角. 杭州: 浙江大学, 2016:157-158.
XIE Ying. *Influence of external cues on luxury price-taking behavior: from decision neuroscience perspective*. Hangzhou: Zhejiang University, 2016:157-158.
- [29] MILOYAN B, SUDDENDORF T. Feelings of the future. *Trends in Cognitive Sciences*, 2015, 19(4):196-200.
- [30] DIJKSTRA A. The persuasive effects of personalization through name mentioning in a smoking cessation message. *User Modeling and User-adapted Interaction*, 2014, 24(5):393-411.
- [31] BAHARUM N D, ARIFFIN K. Anxiety in learning English among low achievers; the questions of gender, language preference and academic performance // *Proceedings of the International Conference on Science, Technology and Social Sciences (ICSTSS)*. Germany: Springer, 2012:299-308.
- [32] 李嘉, 唐洁, 蒋玲, 等. 在线健康咨询市场中的价格溢价研究. *管理科学*, 2018, 31(1):15-32.
LI Jia, TANG Jie, JIANG Ling, et al. Price premiums in the online health consultation market. *Journal of Management Science*, 2018, 31(1):15-32.
- [33] SHIBA Y, SANTANGELO A M, ROBERTS A C. Beyond the medial regions of prefrontal cortex in the regulation of fear and anxiety. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 2016, 10(12):1-10.
- [34] 周丽莉, 段明红, 丁东洋. 奈特不确定性下的贝叶斯学习行为模型. *统计与决策*, 2016, 32(19):16-19.
ZHOU Lili, DUAN Minghong, DING Dongyang. Bayesian learning behavior model under Knightian uncertainty. *Statistics & Decision*, 2016, 32(19):16-19.
- [35] KOPP B, SEER C, LANGE F, et al. P300 amplitude variations, prior probabilities, and likelihoods: a Bayesian ERP study. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 2016, 16(5):911-928.
- [36] VÄSTFJÄLL D, SLOVIC P, BURNS W J, et al. The arithmetic of emotion; integration of incidental and integral affect in judgments and decisions. *Frontiers in Psychology*, 2016, 7:325-1-325-8.
- [37] KOSCHATE-FISCHER N, WULLNER K. New developments in behavioral pricing research. *Journal of Business Economics*, 2016, 87(6):809-875.
- [38] FORGAS J P. Mood and judgment; the affect infusion model (AIM). *Psychological Bulletin*, 1995, 117(1):39-66.
- [39] 李芳. 情绪一致性编码与情绪一致性提取的非对称性研究. *心理与行为研究*, 2017, 15(4):440-448.
LI Fang. The asymmetric relationship between encoding and retrieval in emotion congruent memory. *Studies of Psychology and Behavior*, 2017, 15(4):440-448.
- [40] ADAVAL R. The utility of an information processing approach for behavioral price research. *Academy of Marketing Science Review*, 2013, 3(3):130-134.
- [41] CHENG L L, MONROE K B. An appraisal of behavioral price research (part 1): price as a physical stimulus. *Academy of Marketing Science Review*, 2013, 3(3):103-129.
- [42] KOLOSSA A, KOPP B, FINGSCHIEDT T. A computational analysis of the neural bases of Bayesian inference. *NeuroImage*, 2015, 106:222-237.
- [43] PENNY W D. Comparing dynamic causal models using AIC, BIC and free energy. *NeuroImage*, 2012, 59(1):319-330.
- [44] HAYKIN S, FUSTER J M. On cognitive dynamic systems: cognitive neuroscience and engineering learning from each other. *Proceedings of the IEEE*, 2014, 102(4):608-628.
- [45] BROWN K W, GOODMAN R J, INZLICHT M. Dispositional mindfulness and the attenuation of neural responses to emotional stimuli. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2013, 8(1):93-99.
- [46] FUSTER J M. The prefrontal cortex makes the brain a preadaptive system. *Proceedings of the IEEE*, 2014, 102(4):417-426.
- [47] 谢远俊. 工作记忆多感觉信息编码的认知神经机制研究. 重庆: 第三军医大学, 2017:46-48.
XIE Yuanjun. *Cognitive neuropsychological mechanism of multisensory encoding during the working memory processing*. Chongqing: Third Military Medical University, 2017:46-48.

Dynamic Price Affect under Knightian Uncertainty: An Event-related Potential Study

SONG Hongjuan^{1,2}, JIANG Yushi², LI Wei²

1 School of Tourism, Hainan Tropical Ocean University, Sanya 572022, China

2 School of Economics and Management, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China

Abstract: Knightian uncertainty dictates that, rather than objective probabilities, subjective beliefs are the main factor for the consumers to perceive the purchase results in a state of asymmetric information. With the emergence of new market pricing mechanisms, consumers often purchase products with asymmetric information that frequently leads to the making of uncertain decisions. Moreover, due to their limited ability, time, and energy in obtaining and processing information, consumers are usually inclined to heuristic judgments in decision-making.

With the integration of disciplines and development in technology, research on emotion, such as the study of emotional process in decision-making, by using event-related potential (ERP) technology, has become essential in neuroscience. In this study, ERP technology is used to record Bayesian updating and brain wave components of surprise predicting. The 64-channel Ag/AgCl electrode cap produced by Brain Products is used to record the corresponding EEG, with electrodes arranged in the international 10-20 system. The late positive potential is used to express the degree of emotional arousal, and a Bayesian learning EEG experiment of behavioral price formation is designed to simulate the dynamic process of Bayesian updating and surprise predicting. Uncertain product quality information and price perception levels are combined to explore the impact of these factors on consumers' emotion of perceiving prices as they accumulate information.

The ERP analysis shows that uncertain product quality information increases the negative emotion of perceiving high prices. Specifically, compared with low price perception, high price perception with uncertain and assured information causes a significant amplitude of the late positive potential. Compared with assured information, the price perception levels with uncertain information also causes a higher amplitude of the late positive potential. As information accumulates, emotion permeates the price judgment or willingness to pay (WTP) less in the Bayesian updating phase than in the surprise predicting phase. The WTP is positively correlated with the deflection of the late positive potential amplitude and high levels of WTP can trigger a higher deflection amplitude.

The results of this study can help retailers and marketers to create pricing system, avoid stirring the negative emotion of consumers and improve their WTP. In addition, this research method can also be used to examine the process of forming price judgments in various products or services and increase the purchase conversion rate.

Keywords: Knightian uncertainty; price affect; Bayesian learning; late positive potentials; event-related potentials

Received Date: May 2nd, 2018 **Accepted Date:** November 30th, 2018

Funded Project: Supported by the National Natural Science Foundation of China (71572156, 71801180)

Biography: SONG Hongjuan, is an associate professor in the School of Tourism at Hainan Tropical Ocean University and is a Ph. D candidate in the School of Economics and Management at Southwest Jiaotong University. Her research interests include behavioral pricing and tourism advertising. Her representative paper titled "Consumers' Bayesian learning under Knightian uncertainty: an eye-tracking analysis" was published in the *Journal of Consumer Behaviour* (Issue 6, 2018). E-mail: shj516@163.com

JIANG Yushi, doctor in management, is an associate professor in the School of Economics and Management at Southwest Jiaotong University. His research interest focuses on online advertising. His representative paper titled "Online behavioral advertising and consumer privacy concerns based on big data" was published in the *Journal of Management World* (Issue 8, 2015). E-mail: jys_a@sina.com

LI Wei is a Ph. D candidate in the School of Economics and Management at Southwest Jiaotong University. His research interest focuses on marketing. E-mail: 1033725699@qq.com

□