

· 问题讨论 · 文章编号: 1000-8934(2021)04-0106-06

DOI: 10.19484/j.cnki.1000-8934.2021.04.019

贝叶斯推理谬误分析

——基于因果联结与信念形成的解释进路

霍雨佳

(山西大学 教育科学学院 太原 030006)

摘要: 贝叶斯推理是概率推理的一种重要形式,但是在推理过程中会出现“先验概率忽视”和“证据质量忽视”的谬误,以往认为前者是由于人们在推理过程中采用了代表性启发式策略而产生的,而后者是由于缺乏相关的专业知识所造成的,但是前一解释在理论基础、前提假设和解释范围三个方面都存在问题,而后一解释又与实证研究结果不相符合。基于休谟的“因果联结原则”和斯宾诺莎的“信念形成模式”经过对两种谬误进行分析,并提出减少这两种谬误的方法,从而对专家直觉的可靠性提出了质疑。

关键词: 贝叶斯推理; 谬误; 因果联结; 信念形成

中图分类号: N031 文献标识码: A

概率推理是指以统计数据为基础,根据概率演算法则,对概率进行估计的一种归纳推理方式。贝叶斯推理是概率推理的一种重要形式,是指以统计数据为基础,根据贝叶斯法则,对概率进行估计的一种概率推理形式。贝叶斯法则则是托马斯·贝叶斯(Thomas Bayes)在1763年首次提出的,其形式如下:设 B_1, B_2, \dots, B_n (n 为有限或无穷)是样本空间 Ω 中的一个完备事件群(又称为 Ω 的一个分划), A 为 Ω 中的一个事件,且 $P(A) > 0, P(B_i) > 0(i = 1, 2, \dots, n)$,则 $P(B_j | A) = P(A | B_j) \cdot P(B_j) / (P(A | B_1) \cdot P(B_1) + P(A | B_2) \cdot P(B_2) + \dots + P(A | B_j) \cdot P(B_j))$ ($j = 1, 2, \dots, n$),其中 $P(B_i)$ 称为先验概率,表示在不知道 A 发生的情况下,人们对 B_1, B_2, \dots, B_n 发生概率的认识, $P(B_j | A)$ 称为后验概率,表示知道 A 发生后,人们对 B_1, B_2, \dots, B_n 发生概率的新认识。当样本空间 Ω 只包含 B 与 $\neg B$ 时,因为 $B \cap \neg B = \emptyset$,且 $B \cup \neg B = \Omega$,所以 B 与 $\neg B$ 是 Ω 的一个完备事件群,这时的贝叶斯公式为 $P(B | A) = P(A | B) \cdot P(B) / (P(A | B) \cdot P(B) + P(A | \neg B) \cdot P(\neg B))$,如果将 A 看做结果,把 B_1, B_2, \dots, B_n 看作导致 A 发生的可能原因,就可以计算出哪个原因导致 A 发生的概率最大,因此贝叶

斯定理是由果推因的重要数学工具。贝叶斯定理被广泛应用在科学和哲学推理中,能有效解决迪昂问题和亨普尔悖论等诸多哲学难题。^[1]但是,人们在进行贝叶斯推理时,也会出现一些谬误,对这些谬误进行归纳和分析,不仅能够减少谬误的发生,而且还可以加深对贝叶斯推理的理解和认识。

一、贝叶斯推理谬误的两种类型

人们在进行贝叶斯推理时,最常出现的一种谬误就是“忽视先验概率”,即个体在进行推理时,没有考虑先验概率对后验概率的影响而导致的推理错误。比如下面这个“医学检查问题”:某一癌症的发病率为万分之一,有这种癌症的人其检查结果为阳性的概率是95%,另一方面,如果一个人没有得这种癌症,那么他检查结果为阳性的概率只有6%,如果一个人被告知检查结果为阳性,那么这个人真正得这种癌症的概率是多少?被试有四个答案可以选择:(1)这个人真正得这种癌症的概率是95%;(2)这个人真正得这种癌症的概率是50%;(3)这个人真正得这种癌症的概率是6%;(4)这个人真正

收稿日期: 2020-1-12

作者简介: 霍雨佳(1984—),山西太原人,博士,山西大学教育科学学院讲师,主要研究方向:归纳逻辑、非形式逻辑与论证理论。

得这种癌症的概率是 0.16%。研究结果显示,大概有 85% 的普通大众认为这个人真正得这种癌症的概率是 95%⁽²⁾。这些人直接将检查结果为真的概率作为了患者真正患病的概率,根本就没有考虑先验概率对患病率的影响,这就表明这些人在推理过程中出现了“忽视先验概率”的谬误,因为按照贝叶斯定理,这种癌症万分之一的发病率对这个人的患病率是有影响的,具体推理过程如下:设 H = 患有癌症; E = 检查结果呈阳性。如果不考虑这个医学检查结果的情况下,那么这个人患病的概率就是 $P(H) = 0.01\%$,那么没有患病的概率就是 $P(\neg H) = 99.99\%$;现在我们将医学检查结果作为一个条件纳入考虑范围,其检查结果为真的概率,即在他正好得病的条件下,检查结果呈阳性的概率就是 $P(E|H) = 95\%$,而检查结果为假的概率,即在他没有得病的条件下,检查结果也呈阳性的概率就是 $P(E|\neg H) = 6\%$ 。根据贝叶斯定理,那么这个人真正得这种癌症的概率,即在检查结果呈阳性的条件下,这个人也患有该疾病的概率就是 $P(H|E) = P(H) \cdot P(E|H) / (P(H) \cdot P(E|H) + P(\neg H) \cdot P(E|\neg H)) = 0.0001 \times 0.95 / (0.0001 \times 0.95 + 0.9999 \times 0.06) \approx 0.16\%$ 。可见,如果在推理中忽视先验概率,那么会给最后的推理结果带来难以想象的错误。以往很多人认为专家判断的准确性要远远高于普通大众,但是研究结果却显示,只有 15% 的医生会依照贝叶斯定理做出正确的判断,这说明大多数医生与普通大众一样,也存在忽视先验概率的推理谬误。这些医生都学习过概率统计的相关知识,也都知道贝叶斯定理的相关内容,但他们还是在推理中出现了错误,这表明忽视先验概率谬误的成因和知识经验并没有直接的关系。

其实,在贝叶斯推理中人们还会出现另外一种谬误,那就是对证据质量的忽视,即个体在进行推理时,主观地认为证据是可信和没有任何问题的,没有对证据的可信度进行评估而导致的推理错误。比如下面这个“职业判断问题”:心理学家访谈了 30 位计算机工程师和 70 位律师,并对他们进行了人格测验,现从这 100 份描述中随机抽取了 1 份,内容如下:“汤姆今年 45 岁,已婚并有 4 个可爱的孩子。他智商很高,但缺乏创造力。他喜欢干净整洁的环境,屋里的东西摆放得井井有条。他写的文章相当枯燥和乏味,偶尔会写一些老掉牙的双关语或表现出科幻小说式的想象力,这时文章才会稍显生动。

他有很强的动力把自己的工作做好。他待人比较冷淡,缺乏同情心,也不愿意与人交流。尽管他总是以自我为中心,但却有着非常强烈的道德观念。”请判断他是计算机工程师还是律师。研究结果显示,超过一半的被试都认为这个人是计算机工程师。⁽³⁾可见,这些受试者都是通过上面的描述来对汤姆的职业进行判断的,但是他们却忽视了这份描述的准确性和可靠性。在科学测量标准中,一份没有报告信度和效度值的测验是不能被采信的,因为如果测量工具不准确的话,最后得出的测量结果也就毫无意义,这就像用一个本身就存在质量问题的温度计去测量物体的温度,所得到的数值并不具有任何参考价值。不值得相信的证据就等于没有证据,既然所给出的描述存在质量问题,并不可信,那么我们就应该依据先验概率做出判断,即汤姆更有可能是律师而不是计算机工程师。

二、对已有贝叶斯推理 谬误解释的质疑

人们在进行贝叶斯推理中会出现“忽视先验概率”的谬误,但是产生这种谬误的原因到底是什么呢?目前,很多认知心理学家都认为,这是由于人们在推理中采用了一种启发式策略,而没有严格按照贝叶斯规则进行推理。⁽⁴⁾

在认知心理学中,“启发式”是指用一个较容易问题的答案来替代较难问题答案的过程,即把一个难以回答的问题简化为一个较容易回答问题的过程。其中,较难回答的问题称为目标问题,较容易回答的问题称为启发式问题。⁽⁵⁾比如,一个年迈独居的老人,被一个理财推销员骗取了所有的积蓄,现在让你来判断这个骗子应该接受怎样的惩罚,这个问题其实是非常难回答的,因为你不仅要知道这个骗子具体的行骗事实,而且还要熟悉相关的法律,只有在知道了这两方面的信息后,你才能做出最后的判断。所以,这时你很可能把这个一时难以回答的问题替换为“想到这个骗子时,我有多生气?”这个相对容易回答的问题,并根据你的生气程度做出最后的判断。因为这种启发式是用个体的情感来替代要判断的问题,所以称为“情感启发式”。⁽⁶⁾

认知心理学家认为,人们之所以会出现“忽视

先验概率”的谬误,是因为在推理中采用了一种名为“代表性启发式”的策略。⁽⁷⁾“代表性”是指我们在对事物进行表征时,会生成一个典型形象,心理学中称为范型,比如当我提到马时,你脑海中就会出现一个关于马的范型,当然你心中的范型是抽象的,也就是说这个表象不可能和现实中任何一匹马相对应,因为范型是对事物具体形象的概况,它最大限度地保留了事物的整体特征。“代表性启发式”就是用启发式问题(事物A与范型有多相似?)来替代目标问题(事物A属于类别B的概率是多少?)。比如,在上面的“职业判断问题”中,人们就是用启发式问题(汤姆的描述与计算机师范型有多相似?)替换了目标问题(汤姆是计算机工程师的概率是多少?)。正因为出现了问题的转换,所以人们就会出现“忽视先验概率”的谬误。但是,这种解释在理论基础、前提假设和解释范围三个方面都存在问题。

首先,启发式问题要比目标问题更容易回答。那么,启发式问题的答案如何转换为目标问题的答案?认知心理学家提出从启发式问题答案到目标问题答案的转化过程是一个强度匹配的过程,这里的强度匹配是指将两个不同的属性按数量进行映射的过程。⁽⁸⁾比如在“职业判断问题”中,一般人会将汤姆与计算机工程师的相似程度与汤姆是计算机工程师的概率进行一个映射,如果你认为汤姆与计算机工程师的相似程度是80%,那么他是计算机工程师的概率也就是0.8。从认知科学的视角看,强度匹配是一个心灵映射的过程,但是这种解释存在以下三个方面的问题,第一,强度匹配预设了两个属性必须都是可量化的,如果不满足这样的前提假设,那么匹配将无法完成,但是在认知过程中,启发式问题是自动产生的,没有特定的目标和规则,所以要求两个属性都可量化的前提假设是很难严格满足的。第二,强度匹配忽视了数量的类型,如果启发式问题答案的数量类型是离散型变量,而目标问题答案的数量类型是连续型变量,那么离散型变量如何与连续型变量匹配呢?第三,强度匹配忽视了数量的表征方式,人类表征数量的方式有线性模式、对数模式和指数模式三种表征方式⁽⁹⁾,如果启发式问题答案的数量表征方式是线性模式,而目标问题答案的数量表征方式是对数模式或指数模式,那么不同表征方式的数量又如何匹配呢?综上所述,强度匹配在很多情况下是很难完成和实现

的,所以用强度匹配来解释启发式问题答案与目标问题答案的转换是不可靠的,这也表明“代表性启发式”这种解释在理论基础方面存在问题。

其次,“代表性启发式”这种解释预设了“启发式问题的答案没有目标问题的答案准确”,所以使用启发式策略必然是无效和易错的。启发式问题的答案与目标问题的答案在逻辑上是不等价的,但是他们两者在准确性上是否也存在很大差异呢?认知心理学家劳拉·马蒂冈(Laura Martignon)对使用启发式策略得到的结果与使用贝叶斯法则得到的结果进行了比较,发现两者在准确性方面并没有显著差异,这表明使用启发式策略做出的判断同样也是非常准确的。⁽¹⁰⁾这主要是因为启发式是通过其生态合理性来使用奥卡姆剃刀规则的,也就是说启发式是在与环境结构同步适应的基础上来简化问题复杂性的,诺贝尔奖得主赫伯特·西蒙(Herbert Simon)用“剪刀隐喻”来阐述这一机制,“一个刀片是个体所使用的启发式策略,另一个刀片是决定其有效性的环境结构,不考虑启发式策略运作的环境就无法对其做出评价,这就像只有一个刀片的剪刀无法裁剪东西一样。”⁽¹¹⁾在现实生活中,获得哲学博士学位的人比只读完高中的人更有可能订阅《自然辩证法研究》杂志;又高又瘦的职业运动员更有可能打篮球而不是踢足球,这表明使用代表性启发式得出的判断结果同样也是非常准确的。所以“代表性启发式”解释中的前提预设“启发式问题的答案没有目标问题的答案准确”是不成立的,这也导致其整个解释都存在严重的逻辑漏洞。事实上,用简单问题替代原来的问题是解决困难问题的有效策略,数学家乔治·波利亚(George Polya)在其经典著作《怎样解题》中指出“当你无法解决某个问题时,你就应该尝试将这个问题化简为一个稍容易解决的问题。”⁽¹²⁾

最后,“代表性启发式”的解释范围有限,它只能解释与“职业判断问题”相类似的贝叶斯推理问题,这类问题中有关于某事物相关特征的详细描述,所以可以将该事物与相应的范型进行比较,用两者之间的相似程度来替代事物属于某一类别的概率,但是如果问题中没有包含关于事物特征的详细描述,那么就无法使用该理论做出解释,比如在“医学检查问题”中,并没有关于检查者特征的详细描述,所以也就无法将检查者与相应的范型进行比较,也就无法用两者之间的相似程度来替代检查者

真正患病的概率。

关于“证据质量忽视”谬误的成因,很多认知心理学家都认为,这主要是被试缺乏相关的专业知识所造成的⁽¹³⁾,比如在“职业判断问题”中,被试都是非心理学专业的学生,他们普遍缺乏心理测量的相关知识,不知道心理测验的信效度对测试结果的影响,所以才会完全忽视题目中人格测验的准确性和可靠性。按照这种解释的逻辑,我们可以推测,如果被试是具有相关心理学知识的专家,那么他们在进行贝叶斯推理时就不会出现“证据质量忽视”谬误。但是,实验研究的结果却否定了这种推测。结果显示,专家的判断结果与普通大众没有任何差异,大多数专家同样会忽视人格测验的准确性和可靠性。⁽¹⁴⁾这也说明“证据质量忽视”谬误并不是缺乏相关的专业知识所导致的。

三、对贝叶斯推理谬误的新解释

对“忽视先验概率”谬误和“证据质量忽视”谬误的已有解释都存在一定的问题,那么对这两种谬误是否还存在更好的解释呢?下面,我们将对这两种谬误做出新的解释。

首先,我们将利用休谟(David Hume)提出的“因果联结原则”来解释“忽视先验概率”谬误。他在《人类理解研究》中指出理解的本质就是观念间的联结和结合,联结的方式主要有相似性、时间和空间上的相近性与因果关系三种类型,他还特别强调“没有任何关系能够比因果关系在观点的对象之间产生更强的联结,而且在三种联结中,因果关系的范围是最广泛的,不但当一个对象是另一个对象存在的原因时,而且当前者是后者发生或运动的原因时,这两个对象也都被认为是处于因果关系之中的。”⁽¹⁵⁾这表明,因果联系不仅在联结强度上是三种联结中最大的,而且在联结范围上也是最为广泛的,这就是休谟提出的“因果联结原则”,它表明我们在对事物进行理解时,都会努力寻求事物之间的因果联系,如果事物之间缺少因果联结,那么就会影响我们对其进行理解和加工。

依照上述理论,“忽视先验概率”谬误并不是由于人们在推理中采用了“代表性启发式”所导致的,而是由于先验概率的不同表征方式造成的。先验概率有两种不同的表征方式“统计学先验概率”和

“因果关系先验概率”。前者反映的是某一事物所属类别的整体性质,与单独的事物无关;后者则暗含了一种因果关系,使人们更容易对单独事物的属性做出推断。这两种表征方式虽然在数学上是等价的,但是在推理过程中产生的心理效应却是不同的。因为统计学先验概率只是单纯地陈述了一个统计事实,所以很难将其与推理建立起因果联系,自然就会在推理中忽视该信息,即出现“忽视先验概率”的谬误。但是,因果关系先验概率却提供了关于个体的信息,这时人们很容易将这一比率与其他具体信息结合起来做出推理,所以就不会在推理中忽视先验概率。

下面这个“出租车问题”的实证研究为上述理论解释提供了经验证据的支持:一辆出租车在夜晚撞人后逃逸。该城市只有两家出租车公司,其中一家公司的出租车都是蓝色的,另一家都是绿色的。同时还知道以下两条信息:a.该城市85%的出租车是绿色的,15%是蓝色的;b.一位目击证人看到那辆肇事出租车是蓝色的。警察在与事故发生当晚相同的环境下对目击证人证词的可信度进行了检查,结果表明:目击者在80%的测试时间里能够正确区分这两种颜色,而在其余的20%的时间里则不能。那么在这场事故中肇事出租车是蓝色而不是绿色的概率是多少呢?研究结果显示,大部分的被试都认为肇事出租车是蓝色而不是绿色的概率是80%。⁽¹⁶⁾很显然,这些人出现了“忽视先验概率”的谬误,因为按照贝叶斯定理,设H=肇事车辆是蓝色;W=目击者证词为蓝色,如果不考虑目击者证词的情况下,那么肇事出租车是蓝色的概率就是 $P(H) = 15\%$,那么不是蓝色的概率就是 $P(\neg H) = 85\%$;如果将目击者证词作为一个条件纳入考虑范围,目击者证词为真的概率是 $P(W|H) = 80\%$,而目击者证词为假的概率是 $P(W|\neg H) = 20\%$,根据贝叶斯定理,那么肇事出租车是蓝色的概率就是: $P(H|W) = P(H) \cdot P(W|H) / (P(H) \cdot P(W|H) + P(\neg H) \cdot P(W|\neg H)) = 0.15 \times 0.8 / (0.15 \times 0.8 + 0.85 \times 0.2) \approx 41\%$ 。现在,我们将题干中的条件a替换为下面的a':两家公司拥有的出租车数量相同,但该城市85%的出租车事故都是由绿色出租车造成的,其余的条件都和上题一样,那么这时肇事出租车是蓝色而不是绿色的概率又是多少呢?研究结果显示,大部分的被试都能做出正确的判断,即得出肇事出租车是蓝色而不是绿色的

概率是41%。

条件a与a'虽然从数学角度看并没有差别,但是两者的呈现方式却是不同的,a条件只是陈述了这座城市中蓝色和绿色出租车数量的一个统计事实,人们无法将其与司机肇事逃逸建立起因果联系,所以是统计学先验概率。a'条件表明绿色出租车的肇事率是蓝色出租车的5倍多,这时人们很容易就可以将其与司机肇事逃逸建立起因果联系,并推断出绿色出租车司机比蓝色出租车司机更加鲁莽,或者驾驶水平更差,所以是因果关系先验概率。上述实验结果表明,“先验概率忽视”正是由于先验概率的不同表征方式所造成的,如果题目中呈现的是统计学基础比率,那么就会出现“先验概率忽视”的谬误。同样,在“医学检查问题”中,“某一癌症的发病率为万分之一”也是统计学基础比率,所以也会造成先验概率的忽视。

接下来,我们将利用斯宾诺莎(Baruch Spinoza)提出的“信念形成模式”来解释“证据质量忽视”谬误,信念就是被相信和肯定的观念,关于信念是如何形成的,斯宾诺莎提出一种观点:看到即相信,即个体看到一个观念就会自动肯定它。他指出“所有观念自身就蕴含着肯定,所以无须用独立的意志来确定一个观念为真。比如,我凭借视觉形成了一个关于太阳的观念,这个观念自身就是肯定的,只要它不与已被确信的其他观念相冲突。”⁽¹⁷⁾根据斯宾诺莎的信念形成模式,个体在理解一个命题的同时,也会自动默认其为真。这种模式不仅得到了实验证据的支持⁽¹⁸⁾,同时也得到了进化论上的解释,如果你在草原上发现了你的天敌,你是会对这个想法先进行一番评价确定其真伪呢?还是会立刻相信这个观点并拔腿逃走?显然后者的生存几率要远远大于前者。根据上述理论,当人们看到证据时,不管其是否为真,都会自动将其表征为真,即遵守斯宾诺莎信念形成模式中的“看到即相信”的原则,因为这个过程是无意识的,所以不管你是否具有相关的知识经验,都会受到这个原则的支配。这种解释与实证研究所得到的研究结果也是相一致的。

四、启示

贝叶斯推理是处理概率和不确定性问题的有

力工具,但是人们在推理过程中会出现“先验概率忽视”和“证据质量忽视”的谬误,以往认为前者是由于人们在推理过程中采用了代表性启发式策略而产生的,而后者是由于缺乏相关的专业知识所造成的,但是前一解释在理论基础、前提假设和解释范围三个方面都存在问题,而后一解释又与实证研究结果不相符合。本文基于休谟的“因果联结原则”和斯宾诺莎“信念形成模式”,对两种谬误进行了新的解释,解决了已有解释中存在的诸多问题,通过对两种谬误的分析,我们还可以得到以下三个方面的启示:

首先,加深了对贝叶斯定理的认识,以往都是从条件概率的视角来理解该定理,将其视为在已知先验概率 $P(B)$ 和条件概率 $P(A|B)$ 的情况下,计算后验概率 $P(B|A)$ 的数学工具。通过对贝叶斯推理谬误的分析,可以看出先验概率 $P(B)$ 是对类别B整体性质的反映,表明了获得相应证据之前我们对问题的理解,但是先验概率与个体证据是相互独立的信息,即使在获得了关于事物A的相应证据后,先验概率也依然与问题相关。因此,我们需要将个体证据与先验概率结合起来做出判断,贝叶斯定理正是将这一定性原则转化为了先验概率和条件概率的数学法则,使我们可以直接计算出后验概率。

其次,提供了减少“先验概率忽视”和“证据质量忽视”谬误的方法,一方面,先验概率有“统计学先验概率”和“因果关系先验概率”两种不同的表征方式,它们虽然在数学上是等价的,但在心理学上确有很大差异。因为人们在对事物进行理解时,都会努力寻求事物之间的因果联系,如果事物之间缺少因果联结,那么就会影响我们对其进行的理解和加工,所以使用因果关系先验概率的方式来呈现先验概率,可以增强先验概率与问题之间的联系,从而增加使用先验概率做出判断的可能性。另一方面,当人们看到证据时,不管其是否为真,都会自动相信其为真,所以这就要求人们在面对任何证据时都要使用意志对其质量进行评价。

最后,对专家直觉的可靠性提出了质疑。诉诸直觉是哲学上最常使用的方法,传统的哲学家依靠直觉来解决哲学问题和构建论证,但是随着实验哲学的出现和发展,哲学家直觉的可靠性受到了越来越多的质疑和挑战。⁽¹⁹⁾比如在上述“医学检查问题”和“职业判断问题”中,专家判断与普通大众一

样 都会出现“先验概率忽视”和“证据质量忽视”的谬误,这表明专家直觉并不可靠,因为这些谬误的产生并不是由于缺少专业知识所导致的,而是由于人类思维中固有的某些特点——“因果联结原则”和“看到即相信原则”所造成,所以即使你理解和熟练掌握了贝叶斯定理的相关内容,也不可能成为直觉型的贝叶斯推理者。

参考文献

- (1) Howson C, Urbach P. *Scientific Reasoning: the Bayesian Approach* [M]. Chicago: Open Court Publishing Company, 2006: 99 – 114.
- (2) Gigerenzer G, Hoffrage G. How to Improve Bayesian Reasoning Without Instruction: Frequency Formats [J]. *Psychological Review*, 1995, 102(4): 684 – 704.
- (3) Tversky A, Kahneman D. Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases [J]. *Science*, 1974, 185: 1124 – 1131.
- (4) Grether D M. Bays Rule As a Descriptive Model: the Representativeness Heuristic [J]. *The Quarterly Journal of Economics*, 1980, 95(3): 537 – 557.
- (5) Gigerenzer G, Todd P M. *Simple Heuristics that Make Us Smart* [M]. London: Oxford University Press, 1999: 3 – 10.
- (6) Slovic P, Finucane M L, Peters E, et al. The Affect Heuristic [J]. *European Journal of Operational Research*, 2007, 177(3): 1333 – 1352.
- (7) Kahneman D, Tversky A. Subjective Probability: A Judgment of Representativeness [J]. *Cognitive Psychology*, 1972, 3(3): 430 – 454.
- (8) Kahneman D. *Thinking Fast and Slow* [M]. London: Allen Lane, 2011: 89 – 96.
- (9) Dehaene S. The Neural Basis of Weber – Fechner’s Law: Neuronal Recordings Reveal a Logarithmic Scale for Number [J]. *Trends in Cognitive Science*, 2003, 7(4): 145 – 147.
- (10) Martignon L. Comparing Fast and Frugal Heuristics and Optimal Models [C] // Gigerenzer G, Selten R. *Bounded Rationality: the Adaptive Toolbox*. Boston: MIT Press, 2002: 147 – 172.
- (11) Simon H A. *Reason in Human Affairs* [M]. San Francisco: Stanford University Press, 1983: 22 – 27.
- (12) Polya G. *How to Solve It: A New Aspect of Mathematical Method* [M]. New Jersey: Princeton University Press, 1973: 112 – 113.
- (13) Sternberg R J, Pretz J E. *Cognition and Intelligence: Identifying the Mechanisms of the Mind* [M]. New York: Cambridge University Press, 2005: 208 – 224.
- (14) Kahneman D, Tversky A. On the Psychology of Prediction [J]. *Psychological Review*, 1973, 80(4): 237 – 251.
- (15) Hume D. *An Enquiry Concerning Human Understanding* [M]. London: Oxford University Press, 1748: 32 – 35.
- (16) Tversky A, Kahneman D. Causal Schemas in Judgments under Uncertainty [C] // Fishbein M. *Progress in Social Psychology*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1980: 49 – 72.
- (17) Spinoza B D, Shirley S, Feldman S. *The Ethics and Selected Letters* [M]. Samuel Shirley. (trans.) Indianapolis Hackett Publishing Co, 1982: 96 – 101.
- (18) Gilbert D T, Krull D S, Malone P S. Unbelieving the Unbelievable: Some Problems in the Rejection of False Information [J]. *Journal of Personality and Social Psychology*, 1990, 59(4): 601 – 613.
- (19) Knobe J, Nichols S. *Experimental Philosophy* [M]. New York: Oxford University Press, 2008: 3 – 14.

An Analysis of the Fallacy of Bayesian: An Explanation Approach Based on Causal Connection and Belief Formation

HUO Yu – jia

(School of Educational Science , Shanxi University , Taiyuan , Shanxi 030006 , China)

Abstract: Bayesian reasoning is an important form of probability reasoning. However, in the process of reasoning, there are fallacies of “prior probability neglect” and “evidence quality neglect”. In the past, it was thought that the former was due to the representative heuristic strategy adopted in the reasoning process, while the latter was due to the lack of relevant professional knowledge. However, the explanation of the former has problems in three aspects: theoretical basis, presupposition, and scope of interpretation, while the explanation of the latter is inconsistent with the empirical research results. Based on Hume’s “principle of causal connection” and Spinoza’s “mode of belief formation”, this paper gives a new explanation of the causes of the two kinds of fallacies. The methods to reduce these two kinds of fallacies are put forward, meanwhile, the reliability of expert intuition is questioned.

Key words: Bayesian reasoning; fallacy; causal connection; belief formation

(本文责任编辑: 费多益 朱欢欢)