

知识图式对贝叶斯推理的影响

张向阳¹, 刘 鸣, 张积家²

(1. 广东外语外贸大学 应用心理学系, 广州 510420 2. 华南师范大学 心理学系, 广州 510631)

摘 要 选取具有概率知识的大学生(专家)和没有概率知识的大学生(新手)为被试, 进行贝叶斯推理中的概率估计, 探讨知识图式对贝叶斯推理的影响。结果表明, 具有概率知识背景的大学生比没有概率知识背景的大学生概率估计的准确性更高, 反应时更长, 说明知识图式影响概率信息的搜索和判断。

关键词 知识图式; 贝叶斯推理; 影响

中图分类号 B842.5 **文献标识码** A **文章编号** 1003-5184(2006)01-0035-04

1 前言

英国学者贝叶斯 1763 年在《论有关机遇问题的求解》中, 提出了一种归纳推理的理论, 后来被一些统计学者发展为一种系统的统计方法, 称为贝叶斯方法, 在心理学研究中被称为贝叶斯推理。贝叶斯推理是概率推理心理学研究中的热点问题^[1~2]。贝叶斯推理涉及基础率、击中率和误报率等几个重要概率信息的加工。但是, 由于人的认知资源有限, 在贝叶斯推理过程中, 推理者往往没有运用所有的概率信息, 而是根据局部概率信息进行概率估计^[1]。

心理学研究表明, 解决问题的认知负荷大小与知识图式有关。Bartlett 认为, 图式(schema)是“关于过去反应或以往经历的一种组织”^[3]。当人们碰到问题时, 头脑中的图式将会被激活。一旦图式被激活, 人就能够解决存在于当前刺激信息中的一些未知情况。如飞行员能够在恶劣的天气条件下安全地驾驶飞机着陆, 医生能够根据病人有限的外显症状对病人的疾病作出准确的诊断^[4]。知识图式对问题解决的作用已有许多研究^[5~9], 这些研究表明, 专家解决问题的正确率高于新手。但是在贝叶斯推理中, 研究的结果却令人困惑。人们发现, 即使是医学专家, 也会对涉及疾病诊断的贝叶斯推理问题做出与新手相同的偏差估计。Eddy 在实验中设计了一个内容涉及疾病诊断的贝叶斯问题, 这一问题具有较低的基础率、高的击中率和低的误报率, 要求内科医生阅读问题后估计某一个体患病的概率。结果发

现 95% 的内科医生都做出了过高的估计^[10]。Casscells, Schoenberger 和 Grayboys 也得到了类似结果^[11]。这些研究是否就意味着知识经验对概率估计不起作用呢? 恰恰相反, 医务人员所以对人患病的概率作出高估, 可能正是他们的知识经验在起作用。医务人员由于其长期的专业实践, 在其大脑中形成了一种习惯化或自动化的诊断图式。在他们的认知图式中, 如果击中率高, 则患某种疾病的概率就很高。已有图式指引着他们主要根据击中率信息, 而忽略基础概率和误报率信息做出疾病诊断。

但是, 不同的专业人员判断问题时所根据的知识图式可能是不同的。如果是学概率的专业人员遇到类似问题, 他们的长时记忆中储存的概率知识信息可能更容易被提取, 所以他们可能作出较为合理的估计。为此, 本实验以学过概率的数学系学生和没有学过概率的其他大学生作为被试, 考察知识图式对贝叶斯推理的影响。实验假设, 学过概率的数学专业人员(专家)在贝叶斯推理问题中估计的准确性会较高, 而没有学过概率的大学生(新手)估计的准确性会较低。实验目的就是比较专家和新手在贝叶斯问题的后验概率估计中是否存在差异。

2 方法

2.1 被试

随机选取学过概率课程的数学系大学生(专家) 50 名, 男女各半, 选取没有学过概率的大学生(新手) 50 名, 男女各半。一共 100 名大学生参加本次

实验。所有学生视力正常或矫正视力正常。

2.2 实验材料

编制 5 个主题内容不同的贝叶斯问题,5 个主题任务分别是 (1)战斗运输车通过危险区域问题;(2)出租车问题;(3)代表参加会议问题;(4)犯罪嫌疑人说谎问题;(5)病人住院问题。

材料举例(犯罪嫌疑人说谎问题):现有一批犯罪嫌疑人,其中真正的罪犯为 5%(基础率)。警方用一种测谎仪进行测试,测得的结果如下:85% 的真正的罪犯在测试中说谎(击中率);10% 的非罪犯也在测试中说谎(误报率)。

现有一嫌疑人在测试中说谎,请估计,他真正是罪犯的概率有多大?

每一问题的基础概率、击中率、误报率见表 1

表 1 实验 1 各任务的概率信息(%)

任务	基础概率	击中率	误报率
1	10	72	10
2	15	75	15
3	8	90	20
4	5	85	10
5	6	75	12

2.3 实验设计

研究采用单因素被试间设计。自变量为被试的知识背景,分为两种水平,一为专家(有概率知识背景),一为新手(无概率知识背景)。因变量为被试概率估计的准确性和反应时。研究用后验概率的估计值与根据贝叶斯公式计算出来的标准值的离差作为被试估计准确性的指标,离差大表明被试概率估计的准确性低,离差小表明被试概率估计准确性高。

2.4 实验程序

实验在计算机实验室内进行。所有实验任务都在电脑屏幕上呈现,由被试各自完成。5 个实验任务的呈现顺序由电脑程序随机决定。实验时,首先由主试讲解实验操作步骤,并用简单的非贝叶斯推理问题让被试进行练习操作,直至被试理解了操作程序后开始正式实验。主要操作步骤如下:

(1)呈现指导语。两组被试的指导语相同,主要内容是“请你完成 5 个概率估计任务,按照题目要求尽你所能做出准确回答,利用键盘将估计值输入指

定位置”。被试阅读完指导语后点击“确认”进入下一步。

(2)呈现概率估计任务窗口。每一屏幕呈现一个任务,每一个任务分两部分,第一部分是在屏幕的上方窗口呈现任务的内容,第二部分是在同一屏幕的下方呈现要回答的概率估计问题。被试首先阅读任务内容,被试阅读完任务内容并认为理解了以后,用鼠标点击内容窗口右下方的“开始回答”按钮。此时下方呈现要求回答的问题。在该问题的右边呈现一个带有输入估计值的小窗口“%”,要求被试在该窗口中输入一个对该问题的概率估计值并确认。接着进入下一屏幕的第二个任务,重复上述操作步骤直到完成所有 5 个任务。

在每个实验任务中,电脑记录被试的估计值以及从开始阅读概率估计问题(即任务呈现的第二部分)到开始输入估计值之间的时间(反应时),计时单位为秒,但计时是隐藏的,被试不知道自己的活动将被计时,被试可以按照自己的速度进行阅读和回答问题。

所有的实验数据都输入计算机,运用 SPSS10.0 统计软件包对数据进行处理。

3 实验结果

3.1 专家与新手的后验概率估计准确性比较

准确性的测量指标采用被试后验概率的估计值与贝叶斯算法标准值之间的离差。专家(有概率知识的数学系大学生)与新手(无概率知识的其他系大学生)后验概率估计准确性的比较结果见表 2。

表 2 专家与新手后验概率估计值与标准值的平均离差

任务	新手	专家
1	0.38	0.09
2	0.04	0.09
3	0.04	0.06
4	0.31	0.14
5	0.30	0.16
平均	0.21	0.11

对专家组与新手组后验概率估计值与标准值之间的平均离差进行了 *t* 检验。结果表明,在任务 1、4 和 5 上,专家和新手两组的平均离差有显著差异,

t 检验的结果分别是 :任务 1 , $t_{(100)} = 4.97, 3.28$ 和 $3.16, p < 0.01$ 。专家组的后验概率估计值离标准值的距离更近 ,新手组的后验概率估计值与标准值之间的距离更远 ,说明专家组的后验概率估计比新手组更准确。在任务 3 上 ,两组的后验概率估计值与标准之间的平均离差达到边缘显著 , $t_{(100)} = 1.81, p < 0.1$ 。在任务 2 上 ,两组没有显著差异 , $t_{(100)} = -1.07, p > 0.05$ 。因此 ,从总体上看 ,专家在后验概率估计的准确性上好于新手。

3.2 专家与新手概率估计的反应时比较

专家与新手在各任务中概率估计的反应时比较结果见表 3。

表 3 专家与新手概率估计的平均反应时(秒)比较

任务	新手	专家
1	92	194
2	87	117
3	79	136
4	68	152
5	81	112
平均	81	142

对专家与新手在 5 个任务中的概率估计反应时进行了 t 检验。结果表明 ,专家与新手在 5 个任务中反应时均有显著差异 ,专家的反应时比新手的反应时长。5 任务 t 检验结果分别是 :任务 1 , $t_{(100)} = -4.17, p < 0.001$;任务 2 , $t_{(100)} = -2.48, p < 0.05$;任务 3 , $t_{(100)} = 3.16, p < 0.001$;任务 4 , $t_{(100)} = -4.47, p < 0.001$;任务 5 , $t_{(100)} = -2.26, p < 0.05$ 。

4 讨论

在实验中 ,用 5 个任务比较了专家和新手在贝叶斯推理中的概率估计准确性和反应时。结果表明 ,总体而言 ,专家的概率估计准确性好于新手。专家之所以好于新手 ,原因在于专家和新手 的贝叶斯推理过程不同。一方面 ,专家在遇到贝叶斯问题时 ,可能储存在被试长时记忆中的贝叶斯规则的知识图式被激活 ,贝叶斯规则知识一旦被激活就能引导推理者以特定的方式搜索贝叶斯问题空间、寻找问题中的基础率、击中率和误报率信息 ,他们将不只是表征击中率的大小和误报率的大小这些表面信息。因

而专家对贝叶斯问题的判断与根据贝叶斯规则计算出的标准值之间的差异较小 ,使他们对贝叶斯问题的解决变得更为有效和更加准确。而新手在面对贝叶斯问题时 ,他们长时记忆中没有相应的概率规则 ,他们对贝叶斯问题的概率估计过程 ,将主要依赖贝叶斯问题中的基础率、击中率和误报率等表面数据的大小进行概率估计 ,而不能对这些概率数据的意义进行准确的表征。在被试的任务中 ,表面上 ,基础率较小 ,而击中率很高 ,但起主要作用的其实是基础率 ,如果基础率低 ,即使击中率高 ,其最后要估计的事件的概率也不会很高 ,新手显然没有重视基础率在概率估计中的作用 ,而较多地关注了击中率 ,因而做出了与标准值误差较大的估计。

另一方面在贝叶斯问题的概率估计中 ,专家已有的贝叶斯规则图式使他们有可能将部分工作记忆放到长时记忆中 ,减轻了因贝叶斯问题的复杂性而带来的认知负荷 ,专家能更好地监控他们贝叶斯推理的进程和准确性。相反 ,新手必须用他们的工作记忆掌握问题的许多特征和各种可能选择的策略。这使得新手在朝着问题解决的过程中 ,其工作记忆较少有可用的资源来监控它们的准确性。

一个出乎意料的结果是专家概率估计的反应时长于新手。按常理专家应该比新手的反应时更短 ,实验结果却恰恰相反。如果顺着上述专家和新手 的概率推理过程的分析 ,这一结果可以得到较为合理的解释。根据以上分析 ,专家和新手 的加工过程和水平是不同的。专家对贝叶斯问题的加工是精加工 ,他们需要花费更多的时间从长时记忆中去搜索和提取相应的概率规则知识 ,并搜索贝叶斯推理问题空间 ,然后对任务中的概率信息进行精细加工 ,如对基础率、击中率、误报率信息在概率估计中的作用进行权衡 ,才做出最后的概率估计。所以 ,专家概率估计的时间虽然比新手长 ,但概率估计的准确性却比新手高 ,而新手对贝叶斯问题的加工只是粗加工 ,他们由于缺乏相应的概率规则知识 ,就无需从长时记忆中去搜索和提取相应的概率规则知识 ,对任务中的概率信息的加工只能是粗略的、浅层次的 ,可能主要依据问题中的击中率进行估计。所以新手概率估计用时较专家少 ,但概率估计的准确性却较专家差。

应该注意到 ,专家和新手在任务 2 上的概率估计没有显著差异 ,这可能是因为新手在估计中采用在击中率基础上根据基础概率进行调节猜测策略的估计结果恰好与标准值接近的缘故 ,这样新手的估计也接近准确 ,所以 ,他们与专家的估计没有显著差异。

5 结论

在贝叶斯推理中 ,专家的概率知识背景有助于他们运用概率规则进行推理 ,概率估计准确性好于新手。由于专家运用概率知识对概率信息进行较为精细的加工 ,所以专家概率估计的反应时长于新手。

参考文献

1 张向阳 ,刘鸣 . 贝叶斯推理研究综述 . 心理科学进展 , 2002 ,10(4) 388 – 394 .
2 赵晓东 ,傅小兰 . 贝叶斯推理的改进方法—以频率格式代替概率格式进行信息表征 . 心理科学 ,2002 ,25(1) :148 – 150 .
3 Bartlett F C . Remembering :A study in experimental and social psychology . Oxford :Cambridge University Press ,1932 .
4 John B Best . 认知心理学 . 黄希庭主译 . 北京 :中国轻工业出版社 ,2000 .397 .

5 Chase W G , Simon H A . The mind 's eye in chess . In W . G . Chae(Ed .) , Visual information processing . New York :Academic Press . 1973 . 215 – 281 .
6 Reitman J S . Skilled perception in Go : deducing memory structure from inter – response times . Cognitive Psychology ,1976 8 : 336 – 356 .
7 Larkin J H ,McDermott J ,Simon D P , Simon H A . Expertise and novice performance in solving physics problems . Science ,1980 , 208 :1335 – 1342 .
8 Lesgold A M ,Rubinson H ,Feltovich P ,Glaser T ,Klopfer D , Wang Y . Expertise in a complex skill : Diagnosing x – ray pictures . In M . T . H . Chi ,R . Glaser , M . Farr (Eds .) The nature of expertise . Hilldale . NJ :Erlbaum ,1988 .
9 Holyoak K J . Problem solving . In D . N . Osherson & E . E . Smith (Eds .) An invitation to cognitive science :Vol . 3 . Thinking . New York : Cambridge University Press ,1990 .50 – 91 .
10 Eddy D M . Probabilistic reasoning in clinic medicine : Problems and opportunities . In Kahneman D , Slovic P , Tverskey A (Eds .) , Judgement under uncertainty :Heuristics and biases . Cambridge University Press ,1982 .249 – 267 .
11 Casscells W ,Schoenberger ,A& Grayboys T . Interpretation by physicians of clinical laboratory results . New England Journal of Medicine ,1978 299 999 – 1000 .

A Study on the Relationship Between Knowledge Schema and Bayesian Reasoning

Zhang Xiangyang¹ , Liu Ming , Zhang Jijia²

(1 . Department of Psychology , Schools of Politics and Public Administration , Guangdong University of Foreign Studies , Guangzhou 510420 ;
2 . Department of Psychology , South China Normal University , Guangzhou 510631)

Abstract Two group of undergraduates ,one group has probability knowledge(expert)and another group has no(novice) , were chosed to make probability estimation in Bayesian reasoning . It is aimed to explore the influence of knowledge schema on Bayesian reasoning . The results showed that the veracity of experts was significantly higher than that of novices and the response time of experts was remarkably longer than that of novices . It indicates that the search and judgement for probability information were affected by knowledge schema .

Key words knowledge schema ; Bayesian reasoning ; influence