

饱了,再随机选择另一只幼鸟进行喂养,以此类推。

尽管所有这些策略在计算上都是相当简单的,但是对父母来说却需要不同程度的知觉能力。首先喂养个头最小或个头最大幼鸟策略仅需要父母能够区分幼鸟的个头大小。还有一种更为简单的方法可以帮助父母们按照首先喂养最大者规则进行喂养:即创设一种可以对幼鸟作出大小区分的自然情境。例如,在一些鸟类中,父母建立了一种情境以使幼鸟凭借个头大小竞争巢中最佳喂食位置(例如,Koelliker et al.,1998)。这种竞争将会使较大幼鸟抢得先机,父母只需要始终在巢中同一位置喂食即可。如果讨要食物的行为真实地反映了幼鸟的饥饿程度,那么依据饥饿程度进行喂养对于父母来说也是很容易做到的。在这种情形下,父母只需要判断哪只幼鸟求食最急切,然后先把食物喂给它。当然,幼鸟的求食行为并不总是诚实的,不能排除它们欺骗父母的可能性,但这里我们不考虑这种情况。

首先喂养年龄最小者和按固定顺序循环喂养是更为困难的知觉任务,因为它们要求父母们能够辨认每只幼鸟,而且在后一种情况下还要求父母记住哪只幼鸟已经喂过了。虽然研究野生动物的生物学家们一般都能够成功地对不同巢穴中的幼鸟进行互换,但鸟类的父母们却不一定具有这种知觉能力。尽管如此,这两种策略仍然得到了我们的检验,以了解它们与其他策略的不同效用。

模拟实验

在本研究中,我们对每巢幼鸟仅模拟了一种喂养策略,因为父母双方选择不同喂养策略将会造成检验策略的复杂性。每巢幼鸟都有四只,每只都需要单独孵化一天,共需要连续四天的孵化时间。每只幼鸟都在巢中生活20天,期间得到喂养,不断生长发育,然后离巢飞走。这样每只幼鸟前后相隔一天离开巢穴。父母的目标是在幼鸟们必须离开巢穴之前尽可能使更多幼鸟存活下来,并

且尽可能使它们变得肥壮。

每一轮模拟开始时,前面列出的六种策略之一被设定为父母采用的决策策略。我们给出了两种概率,来设定环境的难度:一方面,在假定前一次觅食活动找到一只昆虫的前提下,给出父母在任何一次觅食活动中能够找到昆虫的概率;另一方面,在假定前一次觅食活动没有找到昆虫的前提下,给出父母在任何一次觅食活动中不能找到昆虫的概率。这两种概率使得我们能够变更环境的平均食物量和每次所得食物块的大小。

模拟以 10 分钟的时间递增量不断更新。在每个模拟时段内都发生了一系列事情:

1. 鸟蛋经过孵化而裂开,幼鸟出壳。
2. 母鸟出去寻找食物。
3. 母鸟返回鸟巢。如果带回来一只昆虫,就选择一只幼鸟,喂它。
4. 若一只幼鸟得到了食物,那么食物就进入其胃部。胃内有食物的每只幼鸟都要消化其中的一些,按照代谢率消耗热量,相应地增加或降低体重,胃的容量也随着身体大小的变化而变化。
5. 如果一只幼鸟的体重下降到了相应年龄的底线以下,它将会死亡。

早上 6 点到下午 8 点之间父母是非常忙碌的。像在野生状态下一样,夜间不采集任何食物,也不喂养任何食物;但是幼鸟仍需维持基本的代谢率,所以它们在夜间仍要消耗热量,消化胃中残留的食物,并相应地增加或降低体重。当一只幼鸟长到 20 天时,就要飞离鸟巢。以所有幼鸟离巢时的体重之和作为测量父母投资成效的指标。

为了考察不同环境条件下不同决策规则的成效,我们为六种策略中的每一种都搜集了来自 500 个电子鸟巢的数据。同时,我们还设定了能够重复找到食物的 10 种概率水平和不能重复找到

食物的 10 种概率水平,将二者结合起来,创设了 100 种不同的环境条件,并为每一种环境条件搜集了来自 500 个电子鸟巢的数据。根据每套测试的 500 轮模拟,我们计算出了平均的父母成效分数,即离巢幼鸟的平均总克数。然后把每种策略平均的父母投资成效分数与随机喂养规则获得的分数进行比较,以确定各种策略在哪种环境中超过了该随机基准。

模拟结果

环境中食物块的大小几乎不能解释不同喂养策略成效之间的任何差异。相反,可获得食物平均数量对策略成效产生了巨大影响(图 14-1)。

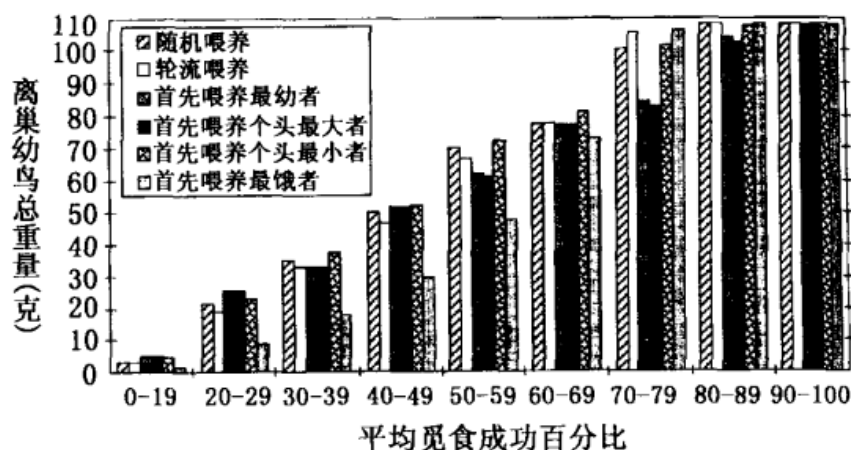


图 14-1 在所有可得食物量条件下,六种投资启发式得到的离巢幼鸟平均克数

317

在只有较少可得食物的环境中(29%或更少,图 14-2),首先喂养年龄最长者是最为成功的决策规则。首先喂养年龄最幼者获得的成绩像首先喂养年龄最长者的成绩一样好,但需要注意的是,它需要父母具备更为复杂的知觉能力,而我们尚不能肯定鸟类是否具有这种能力。因此,我们认为,相对于首先喂养年龄最幼者来说,首先喂养年龄最长者是从生态学上看更为合理的决策规则,所以这里我们没有绘出有关后一种策略的数据。

让我们更精明

在可得食物量处于中等偏高水平条件下(70%—79%,图14-2),优先喂养最饥饿者是最为成功的决策规则。此种条件下,按固定顺序循环喂养获得了几乎同样好的成绩。由于如此,又考虑到鸟类父母实施此种策略的能力问题,这里我们没有给出该种策略的成绩。当食物非常丰富时(80%—100%),就不存在父母如何分配食物的问题了,因为所有六种决策规则获得了同样好的成绩。因此,此种环境条件下父母应该采取不加区分地平等对待所有幼鸟的策略。

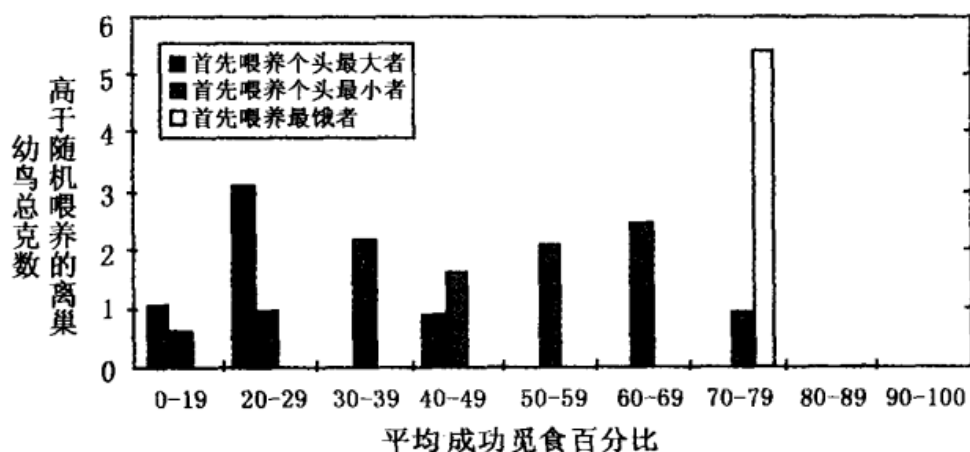


图 14-2 三种最成功策略(每一种均打败了随机喂养规则)离巢幼鸟的平均克数。在平均可得食物量达到 30% 之前,首先喂养个头最大者是最成功的决策规则;可得食物量在 30%—69% 之间时,首先喂养个头最小者成绩最好;可得食物量在 70%—79% 之间时,首先喂养最饥饿者最为成功;当可得食物量达到 80% 以上时,所有策略取得了几乎同样好的成绩,等同于随机喂养。

最令人惊奇的结果出现在可得食物量处于中间范围的条件下(30%—69%,图 14-2)。在首先喂养年龄最长者做得最好和首先喂养最饥饿者做得最好这两个极端之间,首先喂养个头最小者获得的成绩超过了所有其他策略。尽管现有资料已经表明,这种喂养模式在一些动物类别中确实存在(正如下面将要讨论的),但无论是经济学理论,还是生物学理论,均未曾预测过这种结果。再次提请注意的是:首先喂养个头最小者与首先喂养年龄最幼者并非一回事。请记住:幼鸟经喂养后个头会逐渐长大,因此年龄最小者将永远是年龄最小者,但个头最小者可能会发生变化。

到目前为止,我们已经将五种简单喂养规则与随机喂养行为作了比较。当然,我们还希望有一个尽可能高的父母投资分数,用来与这些简单决策规则的成绩进行比较。如果一种规则战胜了随机化策略,但远未获得完美的成绩,那么就存在这样一种可能性:某些尚未得到检验的策略也许能被证明优于我们迄今所考察过的所有策略。确定一只母鸟应该采取的最佳喂养顺序是不可能的,因为这需要关于未来的确切知识,特别是需要关于何时将找到所有昆虫以及它们将会有多大的详细知识。当然,利用对未来昆虫出现时间的猜测,大体可以作出此类推算,但即使在这种情况下,母鸟也必须尝试所有喂养顺序(如,第一只昆虫喂给幼鸟1,第二只喂给幼鸟3……第一只昆虫喂给幼鸟2,第二只喂给幼鸟3……),看一看最终究竟哪种顺序导致了最大的离巢幼鸟总重量。如同图14-3所示,这种对有多种可能性的树状顺序图的搜索导致了顺序组合可能性的急剧膨胀,共有 4^{1680} 种搜索路径,即使最

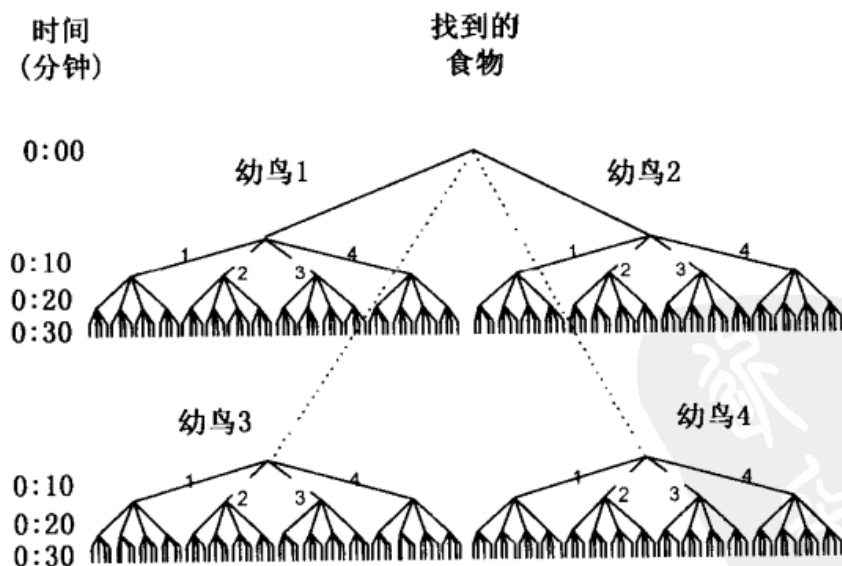
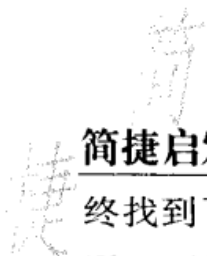


图14-3 仅就半小时的喂养成效而言,为了找到最佳父母喂养策略必须检测的候选喂养顺序数量示意图。末端的各个分支代表巢中所有幼鸟在半小时结束时的状态。



简捷启发式

终于找到了一种最佳方案,到那时嗷嗷待哺的幼鸟们早已饿得不行了!而且,我们还想知道这种方案究竟比我们提出的六种简单规则好多少。有没有迅速作出此类粗略估计的方法呢?此类难以记数的问题通常可以采用“动态方案”(dynamic programming)来加以解决,它从系统想要实现的最终目标状态出发,进行反向推导,寻找实现该目标的最佳途径。遗憾的是,这种情形下系统的最终目标状态正是我们想要确定的,所以我们无法使用这种方法。

我们能够做的是考察那些在种种限制条件下取得最佳成绩的策略,并假定这些成绩接近于最优化运算取得的成绩。抱着此种目标,我们考察了几种此类策略。这些“最大化策略”(maximization strategies)没有被作为鸟类可以实际运用的决策模型加以设计,因为它们都涉及到了利用难以评价的知识进行复杂计算。所有这些策略都需要关于现在喂养某只幼鸟对未来某个时期巢中幼鸟总重量产生何种影响的确切知识,实际上就是关于幼鸟代谢率和发育率的确切知识。其中一种策略要求父母知道一只幼鸟花多长时间才能消化一只昆虫,其他策略则要求父母能够预测何时可以找到下一只昆虫。

第一种最大化策略被称为“消化昆虫”(bug digested)。在实施这一策略时,父母把捉到的昆虫喂给那只吃了它并完全消化后使巢中幼鸟总重量达到最高的幼鸟。模拟过程如下:每找到一只昆虫,计算机程序就挑选一只幼鸟,检测把昆虫喂给它后会发生什么事情。计算这只幼鸟消化这只昆虫需要的时间总数,然后计算这只幼鸟完成消化那一刻巢中所有幼鸟的体重并求其之和。接下来检测把这只昆虫喂给巢中另一只幼鸟产生的结果。重复这一过程,直到巢中所有幼鸟被检测一遍为止。最后,计算机程序选定完成消化后使巢中幼鸟总重量达到最高的那只幼鸟,把昆虫喂给它。

使用这种规则依据的理论设想很简单。当确定应该把昆虫喂给哪只幼鸟时,我们推断:应该得到最大化的是某只昆虫对幼鸟生存和成长产生的影响作用。这种规则受到了“最优化觅食理论”

(optimal foraging theory)中类似计算方法的启示,在那里一种基本的假设是:觅食者总是试图最大限度地增加从觅食活动中获得的“净能量”(net energy),即吸收的热量减去寻找和摄取食物消耗的热量(Stephens & Krebs,1986;亦可参见第15章)。“消化昆虫”策略获得的结果示于图14-4。这里我们绘出了三种受限制条件下最大化策略的成绩和图14-2所示的简单决策规则的最好成绩。所有成绩均根据其与随机喂养规则成绩的差异来衡量,每种环境条件(平均可得食物量)下均作了比较。正如你所看到的那样,“消化昆虫”策略的成绩远未达到最佳。它不仅比我们的简单决策规则做得糟糕,而且几乎在所有环境条件下均低于随机喂养策略的成绩。

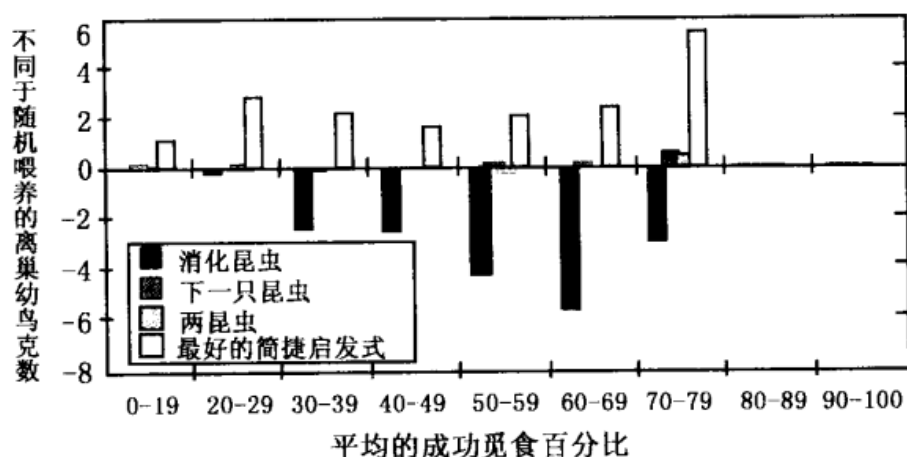


图14-4 与随机喂养相比,三种试图使喂养过程最优化策略的成绩和简单策略的最好成绩。“最优化”策略未能战胜最好的简单喂养规则。

321

这种结果完全出乎意料。我们开始检验此类更为复杂的最优化策略时,只是为了看一看我们的简单决策规则在多大程度上可以接近它们的成绩。我们从未想过要打败它们。我们推测:我们的错误或许在于我们一直试图让不适当的东西最大化。或许一只昆虫完全被消化掉的那一刻测得的收益量实际上无关紧要。相反,由于幼鸟在消化完一只昆虫之前可能还有机会吃到另一只昆虫,所以重要的是下一只昆虫到来的那一刻测得的收益量。

根据这种推测,我们要检验的第二种受限制条件下的最大化策略被称为“下一只昆虫”(next bug)。该种策略不再计算一只昆虫被消化完时的收益,除此之外它的运作步骤与“消化昆虫”策略相同:计算机程序使用特定环境参数算出直到发现下一只昆虫时所需要的时间总量,挑选发现下一只昆虫时能够使巢中幼鸟总重量达到最高的幼鸟加以喂养。虽然这种策略的成绩好于“消化昆虫”策略的成绩,但总体上看其成绩仍然很差,与多数环境条件下随机喂养策略的成绩相当,从未超过最好简单决策规则的成绩。

既然这种策略相对于“消化昆虫”策略而言有所改进,我们推测:也许我们的思路或想法是正确的,只是仍然没有使有关策略达到足够的复杂程度。如果我们增加了待查策略的喂养次数,或许会看到成绩的进一步改进。于是,我们又提出了“两昆虫”(2-bugs)策略。这种策略与“下一只昆虫”策略相同,只是力图使找到第三只昆虫时巢中幼鸟的总重量达到最高。它首先假设喂过了一只幼鸟,算出有望找到下只昆虫时所有幼鸟的体重,然后再假设把找到的第二只昆虫依次喂给了每只幼鸟,算出再一次发现昆虫时巢中幼鸟的总重量,并且以其最大值作为第一只幼鸟的总收益。巢中所有幼鸟都要重复这一过程,最后把昆虫喂给拥有最高预期收益的那只幼鸟。令人遗憾的是,该种策略的成绩仍然相当差,基本上与“下一只昆虫”策略的成绩相当(图 14-4)。

很显然,我们为父母投资成效寻找一种“上限”(upper limit)的尝试失败了,但却发现了一些更为有趣的现象。所有这些假想的“最大化策略”都比我们的简单决策规则复杂得多。它们均需要所有幼鸟目前和将来的代谢率、消化率、发育率方面的知识。这些知识是现实环境中父母不可能知道和难以直接加以评估的。遵循生物学中寻求最优化模型的传统,这些策略把上述信息与关于环境条件的知识整合在一起,试图确定可能作出的最好决策是什么。尽管费了九牛二虎之力,其结果却难如人意。我们的简单规则不仅仅是等同于这些复杂方法,而是超过了它们。这里究竟发生了

什么事情呢？

本章所描述决策环境的某些方面不同于本书其他章节所描述的环境，而且不同于标准最优化模型得以建立的环境。虽然每一步都只需要作出一种简单选择——从一个不多于4只幼鸟的鸟巢中选出一只幼鸟——但是在最终确定父母投资成效之前，这种选择必须重复1680次之多。每一次选择都影响未来必须作出的所有选择的结果，从而使它们成为相互依从的。最后，由于环境是或然的，作出任何一种决策的那一刻未来选择的数量和时机均不得而知。因此，即便此种简化了的父母投资模型也并非特别简单。倘若有可能计算出所有可能结果，我们将能够确定一套完善的喂养方案。既然这是不可能的，我们就被迫使用对未来进行猜测的策略，并且只能对有限时段进行猜测，以使这些策略保持计算上的可操作性。这种简化过程很可能就是造成这些最大化策略失败的原因所在！正是针对这种不可计算的情形，西蒙(Simon, 1990)论证了有限理性和满意性启发式的重要性。

鸟类的供应规则

我们尚未找到一种“上限”来与我们的简单决策规则进行比较，但我们预期这些简单规则的成绩事实上已非常接近于最佳成效。自然选择过程经历了相当长的时间来塑造父母的投资决策，并使其趋于完善，因此真实鸟类所使用的投资策略应该接近于可能的最佳成绩。查阅了有关鸟类喂养模式的文献后，我们发现：我们模拟研究所涉及到的四种简单决策规则在许多环境中都是相当成功的，而且当鸟类父母面临同时抚养许多同巢幼鸟任务时，它们似乎仅使用这四种策略。模拟研究中不成功的两种策略——首先喂养年龄最幼者和按固定顺序轮流喂养——显然未被任何一种鸟类使用过。水鸟(Horsfall, 1984)、鸚鵡(Stamps et. al., 1985)和花鵲(Gottlander, 1987)的母亲们均偏向于喂养个头最小幼鸟。鸽

简捷启发式

子(Mondloch, 1995)和鸚鵡(Stamps et al., 1985)的父亲们倾向于先喂最饥饿幼鸟,喜鹊(Redondo & Castro, 1992)也是按照饥饿程度进行喂食的。阿拉伯多鵒(Ostreiher, 1997)、花嘴鵒(Forbes & Ankey, 1987)、雨燕(Martins & Wright, 1993)、黄头山鸟(Price & Ydenberg, 1995)、蓝喉食蜂鸟(Bryant & Tatner, 1990)、野鹑(Greig-Smith, 1985)以及树燕(Leonard & Horn, 1996)倾向于先喂养个头较大幼鸟。在这些鸟类中,对个头较大幼鸟的偏爱是通过父母对幼鸟的直接辨别来实现的,还是通过设置竞争情境让幼鸟自行争夺有利位置来实现的,尚不清楚。但是在白头雨燕(Malacarne et al., 1994)、雌大山雀(Koelliker et al., 1998)、雄花鵒(Gottlander, 1987)和欧椋鸟(Kacelnik et al., 1995)等鸟类中,已经发现父母们是利用巢中特定位置来决定将食物喂给谁的。红翅山鸟(Clark et al., 1997)、鵒鸟(Ryden & Bengtsson, 1980)、野麻雀(Best, 1977)、鸣雀(Reed, 1981)等显然是按照随机规则进行喂 323 养的。遗憾的是,关于研究这些鸟类时它们所处环境中可得食物量的资料难以得到。我们也未能获得有关现实世界中蓝鵒如何喂养的资料。

在少数几种情况下,研究者们已经观察到一些鸟类随着环境条件的变化而改变了供食规则,而且这种改变与我们基于模拟结果预测的情况相一致。正常食物条件下,雌花鵒倾向于先喂个头最小幼鸟。但是,当通过实验手段减少了可利用的食物量时,它们就会改变策略,转而优先喂养个头最大幼鸟(Gottlander, 1987)。食物丰富时,母鹰在幼鹰中平均分配食物,但尚不清楚它们是按照随机顺序喂养的,还是首先喂养个头最小者。然而,当食物匮乏时,它们也会改变策略,首先喂养个头最大者(Newton, 1978)。有关美洲红襟鸟的两项研究发现了不同的喂养策略。史密斯和蒙德戈麦雷(Smith & Montgomerie, 1991)发现父母是根据幼鸟的讨食行为进行喂养的,而麦克雷等人(McRae et al., 1993)发现父母让幼鸟争夺喂食位置,从而使较大幼鸟优先得到喂养。虽然这两

项研究均未报告有关可得食物量的信息,但根据我们的研究结果,可以推测二者结果的差异导源于可得食物量的不同。

人类的供应规则

父母投资决策规则可能是相当简单而又成功的。事实上,四种最成功的投资策略在实际中已广为采用,至少被鸟类父母所采用。那么,这些研究结果与人类父母投资决策有什么关系呢?

研究鸟类投资策略为研究人类父母投资提供了一种良好范型。与大多数哺乳动物不同,许多鸟类像人类一样面临着同时抚养多个不同年龄后代的问题。指导鸟类投资决策的生物学原则也是面临类似投资问题的其他动物应该遵循的原则。因此我们预期上述模拟研究结果也应该像适用于鸟类一样适用于人类父母的投资决策。

把人类投资模型与上述研究结果联系起来的一个绝好例子是有关不同文化背景下遗产继承问题的研究。研究者们已经对农业社区父母如何在子女间分配土地的问题进行了系统研究,并对不同文化背景下各个历史时期影响此种分配的生态条件进行了探索。他们发现富有的土地主们具有相当一致的行为模式(例如, Hrdg & Judge, 1993)。这些土地主通常经营着足够多的土地以维持他们整个家庭的生活。在人口稀疏地区,土地资源丰富,此类家庭中的遗产相对均等地分配给子女们。这种情况类似于我们所模拟的资源丰富环境,在那里按饥饿程度喂养和随机喂养这两种最为平等的策略效果最好。在人口拥挤,无足够发展空间的地区,现有财产经多次分割最终必然导致单个家庭经营的土地太少而无法维持生计。此种情况下,父母就要设立长子继承权,将其财产划归给某个继承人——通常是长子。这类似于我们所模拟的资源匮乏环境,在那里首先喂养最大者是最成功的策略。

由于近期心理学中将出生顺序作为一种解释变量的兴趣有所

324

让我们更精明

回升,有关父母如何在子女间分配资源的知识变得越来越重要。举例来说,萨洛维(Sulloway,1996)发现人们在接受科技革命和激进思想方面存在着惊人的出生顺序效应。他的研究建立在这样的假设基础之上:父母对某个子女的投资量因其出生顺序不同而不同。他指出,从进化角度看,父母应该更加重视年长子女,而非年幼子女。由于有较长的生存期,年长子女更有可能继续生存下去,并达到能够生育自己子女的年龄。

然而,我们的研究结果显示,这个结论并不具有普遍性。偏爱年长者并不总能为父母带来最大成功。有时偏爱个头最小子女(即个头远远小于同胞兄弟姐妹的那一个)取得了最大成功,有时根据需要程度喂养取得了最大成功。撇开萨洛维的理论分析不说,有关出生顺序的实证研究结果也很差强人意,因为此类研究常常给出一些毫无意义的结果,即便出现了显著效应,通常在数量上也是非常小的。我们的研究对此给出了一种可能解释:出生顺序效应之所以令人难以捉摸,是因为这种效应本质上依赖于环境条件的特点,而先前关于人类的此类研究均未对这一变量加以控制。

更为重要的是,与贝克所谓不受限制的理性父母不同,我们的研究结果表明:无论是鸟类还是人类父母,也无论它(他)们的处境如何,都不必在头脑中进行复杂繁琐的投资预算。他们所需要的只是一条或两条简单规则,或许还需要一种辨别何时使用哪条规则的方法。哪种规则最好取决于父母抚养后代的环境状况,但是最佳规则与环境之间的关系是非常简单的。因此难以通过复杂分析加以解决的问题可以不必加以分析,相反父母可以凭借简单策略作出好的投资决策。

第六部分

总结、回顾与展望

THAT MAKE US
SMART

新智學
PDG

第15章

人工智能、行为生态学及经济学 领域的全能神灵与启发式

亚当·斯·古迪(Adam S. Goodie)

安德烈斯·奥特曼(Andreas Ortmann)

杰尼佛·内瑞萨·戴维斯(Jennifer Nerissa Davis)

塞斯·布劳克(Seth Bullock)

格雷戈里·姆·沃纳(Gregory M. Werner)

对外部环境的完整表征不仅是不可能的,而且对于个体以适宜方式来行动而言也是完全没有必要的。

——罗迪尼·A·布鲁克斯(Rodney A. Brooks)

如何为“理性的”、“智慧的”、“富有适应性的”或“最优化的”行为建立模型?关于这个问题的答案,已经在众多学科领域引起了争议,可谓众说纷纭、莫衷一是。在本章中,我们将对人工智能、动物行为及经济学领域无限理性和有限理性之争的概况加以介绍。这些争论集中体现了两种理性观之间的紧张对峙:一种观点基于这样一种不负责任的假设,即人类、动物或计算机拥有无限的计算能量,凭借这种能量它们能够为哪怕最困难的问题找到“最佳”解决方案。从人类经济学,到有关低等动物的最优化觅食理论,再到人工智能领域关于可以凭借复杂计算解决任何问题的假设,此种观点的多种多样的表现形式屡见不鲜。另外一种理性观认为,人类、动物和计算机并不具备无限能量,因而主张对它们实际上使用的

327

让我们更精明

简捷启发式

较为简单的机制进行研究。

这里我们将考虑三个领域中可用来代替最优化方法的方案，它们各自对应于第1章用来界定理性的三个方面——有限理性、生态理性、社会理性。在人工智能领域，有限理性已经得到广泛应用，在那里已经证明许多问题是难以通过复杂计算加以解决的(Tsotsos, 1991)，而相对来说较为简单的笨拙规则却常常被证明是更为成功的。然而，正如我们将会看到的那样，这种应用并未始终如一地按照本书的宗旨执行和贯彻下去。没有任何一个其他领域比关于动物行为的研究更能说明和体现生态理性的了，在那里现场研究和实验室研究一致得出这样一个结论：除了从进化角度看具有不合理性外，无限理性还无法说明和解释现实的动物是如何利用环境信息结构的。在现实世界中简单启发式规则还常常与最优化策略(当其存在时)取得了惊人相似的成效。最后，社会理性可以通过研究经济学领域类似博弈的互动关系来加以说明，在那里由于需要考虑他人采用的策略，导致人们达成了这样一种共识：哪怕是最简单的经济互动关系也需要人们从事几乎不可能的计算活动，以便找到最佳方案。这反而促使人们开始考虑具有类似机能的简单机制。

328

在下面各部分中，我们通过从上述三个领域抽取出来的典型例子，分别来说明无限理性和有限理性之间的争论。每一部分均开始于对相关领域所存在争论的简要概括，而结束于一些推测性建议，这些建议指出了该领域寻求快速节俭策略时应该注意的问题。在所有这些领域中，多数环境都过于复杂，以至于最优化方法难以获得成功。而当任务环境变得越来越错综复杂时，人类、动物和计算机系统就不得不求助于有限理性策略了。

人工智能领域的有限理性

人工智能(AI)研究旨在创建能产生复杂行为的新系统——即

“聪明的”计算机。这与心理学不同,后者主要研究已经存在的复杂系统(人或动物)。由于实际上创建一个全能神灵要比设想或在理论上建构一个全能神灵困难得多,所以毫不奇怪的是,人工智能的实践者们早就意识到了创建一个理性不受限制的计算机系统涉及到的巨大困难。事实上,他们已经发现,哪怕是仅在原则性问题上,许多难题也不可能得到最优化解决(Garey & Tohnsen, 1979)。结果是,寻找简捷启发式规则就成了人工智能研究的一项主要课题,这对无限理性神灵来说不啻于致命一击。然而,创建人工智能的启发式方法最初获得成功使人们产生了这样一种不切实际的假设,即:特定启发式规则几乎可以广泛地应用于所有领域。人们不再把启发式视为适合于某些问题而不适合于其他问题的特殊方法,而赋予了其通用于广泛问题的神通广大的能力。这种观点认为,最好的启发式是那些能够解决最为广泛问题的启发式。这样一来,人工智能就把启发式看成了广为通用的全能神灵。尽管人们并不奢望它们表现出神灵般的完美无缺,但在任何一个给定领域,人们都为其臻于完美的能力而赞叹不已,并按照其接近完美的程度来评价它们,而无视其需要花费的时间和资源。

当启发式方法不能很好地生效时,通常有两种应对方法。多数“过期优秀人工智能”(Good Old-Fashioned AI, 缩写为“GO-FAI”; Brooks, 1991a)专家采用了“两面夹攻法”(two-pronged attack)。首先,为了简化问题,他们创立了一些维度有限且已知的“虚拟”(virtual)问题,对于“虚拟的”(disembodied)计算机来说,只需稍加思考就可以解决它们。然后,他们用最新式且最快速的计算机来从事仍然遗留下来的大规模运算问题(Brooks, 1991b)。少数人工智能专家们倾向于采取另外一种方法,即为新的情境寻找新的启发式。遵循这一传统的实践者们严格按照特定环境信息结构的要求来寻求或建立系统,这种环境通常是现实世界的一部分(Brooks, 1991b)。在这一部分中,我们将考察人工智能领域的有关尝试,以寻找复杂问题的有限理性方案,即从第二种研究传统

简捷启发式

衍生出来的那些方案。

一种虚拟的简单环境：国际象棋

1992年,赫伯特·西蒙写道:“很难预料什么时候计算机能够战胜最优秀的人类棋手……由技术进步结束人类在棋坛霸主地位的时间已经为时不远了”(Simon & Schaeffer, 1992, pp. 12—15)。西蒙的预测是正确的,5年后的1997年,一台名叫“深蓝”(deep blue)的计算机在一项比赛中最终战胜了世界上最优秀的象棋大师加里·卡斯帕罗夫(Garry Kasparov)。这一在人工智能发展过程中具有分水岭意义的事件在满意性机制发展过程中也具有举足轻重的意义。国际象棋比赛是在一个狭小区域内展开的(64个方格形成的狭小区域),而且棋手们在比赛过程中每走一步棋都只有一套有限的候选走法(每个棋手有16个棋子,每个棋子都有确定的移动规则),此外比赛仅有一个目标(将死对方的王)。还有比这更简单的吗?然而,正像每个试图下国际象棋或编制一套计算机程序来下国际象棋的人都知道的那样,找到将死对方的最佳方案是何其困难!有太多的候选走法,以至于很难将它们一一模拟出来,即便对于最为有力的计算机来说,也是如此。

仅局限于狭小区域内,仅有一套有限移动步骤和单一目标,即使在此种条件下,国际象棋比赛对于现有的计算机而言也是一种处理起来过于复杂的问题。尽管计算机能够相当容易地考虑到成千上万种移动路线,以便发现最佳走法,然而这种惊人能力在为数更多的需要考虑的可能走法面前却显得无能为力了。对于一个棋手来说,通常有35种左右走法是适用的(de Groot, 1978),而在 n 次移动棋子之后,其可能位置的数量就接近了 35^n ,这可是一个急剧膨胀的数字!例如, 35^8 就已经比2.2万亿还要多了。而且,即使计算机能够预料8步之后棋盘的布局如何,但是要找到理想化的弈棋策略,计算机还必须搜索8步之外的可能走法,即直至比赛结束为止的所有走法。很显然,无论是计算机或是人类棋手都不

可能考虑到所有可能性,而且存在着多种缩小搜索空间的方法。那么,棋手们和计算机程序如何处理这一难题呢?

就设计最严密的程序而言,它所采用的弈棋策略雷同于专家棋手采用的策略,即:在无法将死对方情况下,力图找到似乎有可能导致好结局的移动路线。因此,像人类棋手一样,计算机必须设法估计出几步之后多种位置的相对价值。然而,就设计水平稍低的程序而言,其所采用的方法从一开始就与专家棋手使用的策略相去甚远,所以此种情况下我们与其考查两种策略之间的雷同点,不如考查两者之间的差异。

限制弈棋过程搜索空间的早期尝试至少可以追溯到赫伯特·西蒙和乔治·贝勒(Baylor & Simon, 1966)的工作。在有关人工弈棋的文献中,他们提出了为数不多但切实可行的满意性策略。他们设计了两种将死对方的方案,从一盘棋的残局开始,使用简单决策规则来决定采用哪种方案。利用这种方法他们检验了这两种方案的成效。他们推论,国际象棋比赛的主要目标就是减少对方的可移动性——事实上,比赛的最终目标就是把对方王的可移动性减小到零——因此,搜索路径完全取决于对方每走一步棋后还有多少可移动步子。在第一种方案“MATER I”中(Baylor & Simon, 1966),根据对方可以合理地作出多少种回棋来考虑第一步棋的走法,而不考虑对方回棋的质量如何。然后对这种留给对方最少回棋步骤的走法进行检查,看看在走了第二步棋后对方还有多少种适当走法,如此进行下去,直至能够将军。如果将军是不可能的,该程序将退回来,寻找第二种导致对方有最少回棋步骤的走法。第二种算法规则“MATER II”更加强调对方王的可移动性。那种使对方王无法移动或仅能向一个或两个方向移动的走法得到优先考虑。战成平局时求助于类似于“MATER I”的策略。虽然“MATER I”和“MATER II”没有贯穿比赛始终,因此不能依据比赛胜负来评价它们的优劣,但这种早期尝试开了寻求简单有效(理性受到限制的)自动化弈棋方法的先例。

简捷启发式

自从引入 MATER 以来,人们编写了大量计算机程序,它们均着眼于赢得整场比赛,并产生快速、节俭且适合于大型比赛的算法规则。然而,编写这些程序之初实际上已经充分考虑到了快速节俭算法规则的一些特征。一般地说,所有步子均按照一种“静态评价函数式”(static evaluation function)得到评估,以便赋予其所导致棋局一种分值。由于该表达式要经过数百万次计算,所以必须是快速的,且只能利用很容易从棋盘上得到的信息。通常的弈棋评价函数式仅利用少数几个棋子的信息,如现有棋子的相对价值、占据棋盘中央的棋子数量、进攻对方棋子的棋子数量等。此种策略忽略了大量适用信息。该函数式迅速算出这些分值,并将它们整合为单一分值,然后依据这些分值选择走法。

331

设计评价函数式的精妙之处在于充分注意人工世界冠军和导致失败的计算机之间的差异。的确,“深蓝”的创建者们也将战胜世界冠军归功于他们大大改进了评价函数式。他们曾经将大量注意力放在了计算机运行速度上,并将运行速度提高到了先前速度的 2 倍,但这种改进对于提高计算机弈棋能力来说收效甚微。这是因为,要想进一步搜索到一种额外走法,需要将运行速度提高 35 倍。这意味着,仅仅把运行速度提高 2 倍还远远不足以让计算机在给定时间内搜索到哪怕是一种额外走法!因此,提高弈棋水平的关键之处在于采用“聪明的”的算法规则——也就是快速、节俭且准确的算法规则——而不是利用拉普拉斯们设想的那种能够预卜先知的超级神灵具有的超凡能量。这些算法规则必须找到棋盘上微妙且适用的线索,这些线索能够提供关于各种走法所产生后果的具有诊断力的信息。换句话说,它们必须能够充分利用环境的信息结构!

然而,当代弈棋程序仍然不是一种基于满意性技术的理想模型,因为它是建立在不断改进的计算机软件基础之上的,而这种改进有待于每秒钟进行几百万次运算的新一代计算机硬件的产生。这显然是只有计算机才可能具备的一种特征,不能代表人类的信

息加工活动(Brooks, 1990; Schaeffer, 1992)。“深蓝”是作为一台高速运行的计算机来工作的,而不是作为一个现实的人来工作的,虽然它拥有复杂精明的评价程序,但它也不得不运用这种程序对数量庞大的棋位进行评价,以确定下一步棋如何走。相反,专业人类棋手的弈棋方法是:记住大约 50 000 种棋位和 100 种相应回棋方法,然后在一场真实比赛中考虑大约 100 种走棋路径,从中选择一种走法(Simon, Schaeffer, 1992)。除了少数几步公认开局走法外,通常计算机弈棋程序不需要记忆任何棋位,但却需要搜索上百万条走棋路径。拉普拉斯们的超级神灵观使得国际象棋研究远离了西蒙的有限理性观!由于已经证明精明的评价函数式(算法规则)而非计算机的超强能量才是改进弈棋能力的有效方法,所以未来的研究或许将会重新回到人们开始时采取的满意性观点上来。

离开特定领域:通用性启发式搜索

赫伯特·西蒙及其同事所以把国际象棋比赛作为验证启发式搜索技术的突破口,是因为棋盘似乎是一种启发式搜索能够很好地生效的环境。“深蓝”就是以部分受制于其评价函数的特殊搜索机制为基础的,它的成功证明上述推测是正确的。然而,最新一代弈棋程序的成功使得研究者的胃口越来越大,试图把启发式搜索规则运用于越来越多全然不同的人工智能领域,以至于在启发式搜索的大标题下,现在已经聚集了大量不同类别的问题。一种启发式被界定为:虽然有可能降低最终找到方案的质量、但却有助于简化问题解决过程的一种技巧(Aho & Ullman, 1992; Green & Knuth, 1982)。这一概念与有限理性观具有明显关系。任何一种搜索都是为了获得所期待的特定目标,不管是国际象棋比赛中将死对方,还是找到去上班的最佳路线。将启发式附加到搜索规则上可以排除一些徒劳的搜索路径,而且从某种程度上说启发式总是快速节俭的,因此运用了它们的搜索规则也应该是快速节

332

精明

让我们更精明

俭的。

许多决策问题都可以归结为搜索问题,这些问题通常指出了达到终极目标所必须实现的子目标,并表明了实现这些子目标的满意性策略(Pearl, 1984)。通常的目标是:以最小代价找到一条解决问题的途径。为了找到最完美的解决方案,需要搜索从起始状态到目标状态的所有可能路径。对于任何一个有多种不同状态的问题而言,可能路径的数量都是巨大的;但启发式能够排除其中的一些路径,更适当地说是排除一些类别的路径,而毋需对它们进行检验。例如,倘若一些搜索规则能够大致上判断出它们距某一给定中间状态有多远,那么这些搜索规则就可以得到改进。由于在不了解全部解决方案情况下,它们不可能准确地知道这一点,所以它们需要利用一种启发式来估计这个距离。所采用的启发式越好,排除掉的搜索路径就越多,搜索的速度也就越快。举例来说,设若已知某种启发式从来不会高估与一种解决方案之间的距离,那么许多路径就可以被排除掉,而毋需担心失去最佳解决方案。有些情况下,降低问题解决方案的质量要求能够加快搜索速度。例如,设若有一种启发式,它有时会高估与问题解决方案之间的距离,但这种高估从来不会超过一定的量,那么就会对最终找到答案与最佳方案之间的距离附加一定限制。程序或许会错误地排除可能导致最佳方案的搜索路径,但所找到的方案与最佳方案之间的距离不会超过被高估的总量。

当把启发式搜索运用于经过细心选择的领域时,它是一种非常有用的工具。然而,问题在于“过期优秀人工智能”专家们还不曾细心地选择过问题领域。启发式搜索不仅一直被应用于它能够很好地生效的领域(如它最初得到应用的领域——弈棋),而且也被广泛地应用于许多它不能很好地生效的领域。在不适宜的领域中,如同任何一种超出其适宜范围的算法规则一样,启发式搜索规则将无法充分发挥其作用,而不得不依靠甘于“忍辱负重的”(the heavy lifting)全能神灵的帮助。

在许多领域,甘于忍辱负重的全能神灵最终都有利于解决著名的“构架问题”(frame problem; Mc-Carthy & Hayes, 1969)。当面对一种需要采取若干步骤才能完成的任务时,如果一个系统必须决定下一步做什么,那么构架问题就产生了。该系统能够采纳的每一个步骤都将产生特定后果,并引出一套新的条件和问题。国际象棋比赛就是如此。每走一步棋都会威胁到对方的棋子,同时也会暴露或保护自己的棋子,如此等等。这些后果中的每一个都给对方造成了新情境,使对方如何走下一步棋成为一个特殊问题。就大多数问题而言,每一种可能步骤都导致了新情境,并留下了无数的未来可能性,这使得计算最佳方案成为一种巨大挑战。问题在于如何确定何时终止考虑更多可能性,并作出拟议中的主要决策。

然而,在一些情况下比在另一些情况下克服这种困难更容易一些。在国际象棋比赛中,棋手可以想出一些办法来限制构架问题的作用。由于上面提到过的弈棋问题的简单特征(狭小区域、有限步数、单一目标),所以这样做完全是可能的。相反,假如机器人面对的是一个构架问题,其任务是对一堆垃圾进行搜索,以便寻找并拣出可回收材料,那么除了与实现目标相关的行为后果(如,找到并确认易拉罐)之外,它还必须考虑其他多种可能性,如移去导致一堆垃圾压到机器人身上的物品、排除导致机器人短路的漏水罐子,如此等等。显而易见,构架问题并非在人工智能的所有领域都是令人望而生畏的问题。

构架问题给出了为什么有限理性只能应用于特定领域的一个理由(Cosmides & Tooby, 1987)。尽管在人工智能领域广为通用的启发式搜索技术试图降低对神灵般计算能力的需求,但它们常常做不到这一点,因为虽然研究者们采用的启发式规则是快速节俭的,但却不适用于它们面对的环境。

最终检验: 机器人技术

在机器人技术中,启发式搜索规则的广为通用带来的问题可

以追溯到它们的创建者们,这些问题延缓了他们前进的步伐。然而,一段时间以来他们瞻前顾后、裹足不前,这反而成了真正的问题。下面是“过期优秀人工智能”专家们通常用来塑造机器人行为的方法:

1. 让机器人搜集来自照相机和多种传感器的资料。利用这些感性资料和有关物理学知识,让机器人建立一个关于物理世界的精确而复杂的模型。该模型涉及到了地球引力、动力要素、地表轮廓、各种物体及其与外部世界的相互作用等方面。
2. 列出机器人下一步可能做的事情。该列表应包括各种具体动作,如“左转 5 度,然后向前移动 1 英尺”等。 334
3. 在关于现实世界的模型中,模拟机器人做上述列表中的每一件事情。评价机器人是否接近了其目标、是否撞上了物体、是否倒地不起、是否未能爬上一个陡坡、是否耗尽了能量以及机身是否变得过热,如此等等。
4. 按照一些评价指标,对现实世界的所有新状态进行排序,从列表中挑选出能产生最佳状态的动作。
5. 让机器人在现实世界中执行挑选出来的动作。
6. 重复上述各步骤。

事实上,为了尽可能便于机器人加以表征,这种方法通常都是在经过仔细设计的环境中得以实施的。即便如此,要想成功地建立关于现实世界的模型,并对机器人的可能行为加以测试,通常仍然需要性能良好的计算机。目前使用此类控制策略的机器人正在与日俱增。

最近,在人工智能领域一种全然不同的方法引起了人们的注意。它利用了一些简单的、具体化的系统,这些系统能够直接面向并超越现实任务。为了做到这一点,该方法采取了因任务而变化的简单行为,这些行为充分利用了它们所面对环境的信息结构。布鲁克斯(Brooks, 1991a, 1991b)设计的机器人不再试图建立一

种详尽无遗的心理模型,而是“将现实世界作为自己的最佳模型”,充分利用了自身与环境交互作用的一些规则。例如,如果红外线探测器发现前方有一个大物体,那么机器人就会假定它是一种危险的障碍物,并设法避开它。假若机器人的任务是回收可利用废物,那么在其视野内出现的较小矩形就可能被判断为一个罐头盒,从而开启抓握功能。虽然以丧失通用性为代价,但采用这种方法使得机器人的运行速度得到了很大提高。

这些系统的设计思路与本书探讨的快速节俭启发式思想极其相似。它们常常被描述为“反应性系统”,因为它们的行为是在不假思索和考虑情况下而产生的。类似地,本书提出的启发式规则常常被称为“不可代偿的”,因为它们不需要比较和联结来自不同渠道的信息。布鲁克斯将机器人设想为各种能力或行为的集合体,这些能力和行为是由特殊环境事件激发出来的。因此,这种假想的机器人不禁让人联想起了第1章所介绍过的适应工具箱。

本书所介绍的快速节俭启发式与布鲁克斯的机器人之间还存在着一些差别,但是这些差别主要表现在执行程序的方法上,而不是表现在设计程序的思路上。例如,采纳最佳启发式需要在作出推断之前搜索信息,这是布鲁克斯极力避免的一种做法。但是布鲁克斯显然并未忽视信息搜索本身,只是不赞同那种需要全能神灵帮助的无限制搜索。在这一点上这两种研究方案完全是一致的。而且,当付诸计算机模拟时,我们的启发式规则不像布鲁克斯所倡导的那样细致入微。在这一点上,它们与布莱登伯格(Braitenberg, 1984)提出的“用最简单元素和策略创建复杂行为”的“交通工具”思想极其相似。事实上,这些机器人并没有被真正制造出来并付诸实际应用,相反,就像我们的启发式那样,它们只不过通过节俭性而共享了布鲁克斯的设计思想。

快速节俭启发式在人工智能领域的前景

计算机性能仍在以惊人速度提高,因此许多人很可能还会继

续执迷于寻找最优化方法,仿佛拉普拉斯们的超级神灵就躲在身边的某个角落里一样。虽然这种方法广为流行,但它是错误的。尽管拉普拉斯们的超级神灵确实拥有无限计算能量,但计算机永远也不可能拥有这种能量。拉普拉斯们的超级神灵所以必须拥有无限计算能量,原因在于它所解决的问题极端困难,使得试图找到无限理性方案的计算机反而成了一个不伦不类的怪物。虽然传统人工智能领域(如,人工弈棋)的快速节俭方法鼓励人们回到起初的老路上去,但布鲁克斯(如,1991b)有关现实机器人的设想以及布莱登伯格(1984)关于“交通工具”的思想给出了一种更为现实的方向,即寻找特殊领域的满意性方法。

动物行为的生态理性

许多机器人专家和新型人工智能的实践者们转向了秉承自然法则设计程序的行为生态学。行为生态学家主要研究有机体的适应性,通常的做法是:依据自然选择过程设计一种特定行为,以便实现特定环境中的特定机能。由于行为与其环境之间的拟合是该领域的关键假设,所以它通常被认为是理所当然和不言而喻的,很少有人对它进行专门讨论。“生态理性”这个短语并不是行为生态学领域的规范表达,但却是行为生态学研究的全部问题之所在。

用来说明适应性与环境之间拟合关系的一个极好的例子是脊椎动物的眼睛。它由一个能将光聚集到视网膜上的玻璃体和一层能将光模式转化为神经冲动的感光细胞所构成。然而,在此种基本结构基础上,有许多种细微变化方式,使得特定有机体在特定环境中看得更加清楚。由于需要把握的距离、需要辨认的色彩以及需要利用的光亮程度不同,不同脊椎动物的眼睛也各异。比如,生活在光线微弱深水下的海鱼就有一双特别的眼睛,其玻璃体大而明亮,并有多层感光细胞附着于其下面的光感应器上,这些都增强了它在低照明条件下的感光能力。而且,虽然脊椎动物的眼睛通常能够很

好地分辨远距离物体,但昆虫却宁愿舍弃这种聚焦远距离物体的能力,而是利用巨大的复合眼来同时注意整个视野,保持较大的双眼视域,以帮助自己控制行进和飞行路线(Wehner, 1997)。

行为生态学关于适应性的研究采取了两种彼此不同却又相互补充的方式。一种方法把注意焦点放在了一种动物在进化过程中曾经面对过的选择压力上,试图以此来预测和说明这种动物在当前环境下会采取什么行为,其依据的假设是:自然选择已经“塑造”了动物行为,使其在自然环境中总是以最优化方式去行动。这种方法秉承了最优化模型的一些传统。另一种方法把注意焦点放在了动物实际上是如何表达一种给定行为的,试图根据对该种动物可能有过的选择压力的推测来理解它。这种方法研究的是行为机制。这两种方法均在一定程度上涉及到了有限理性观点,但毫不奇怪的是,“最优化”方法充其量也只是斗胆进入了“受限制条件下的最优化”领地。相反,通过考察动物在其环境中为了获得成功而可能采用的简单规则,机制方法已经开始探索真正的有限理性。

行为生态学中的无限理性

最优化模型所以受到行为生态学家们的青睐,原因在于这种模型有助于形成关于适应性行为的假设,并有助于阐明所要解决的适应性问题。对于行为生态学家来说,最优化方案是那些能够使有机体有最高几率生存下来并进行繁殖的方案。这些最优化方案详细描述了给定情境中应该观察到的最理想的行为反应是什么,但并不阐述有机体作出这些反应的潜在机制。这些模型主要被用来检验据认为对有机体有重要影响的那些选择压力所产生的效果,换句话说,它们是关于自然选择如何影响有机体的一些假设。

人们总是期望自然选择可以成为一种最优化力量。比如,就拿觅食活动来说吧,有机体每天都必须消耗一定能量以维持生存,而且每时每刻都必须选择觅食地点。它如何判断何时离开一个食

物点而转向另一食物点呢？一只动物总是在一个地方寻觅食物，就会陷于无法维持生计的危险境地。即便它暂时还有足够食物来维持生计，但就生存与繁殖目标而言，此种并非最佳的觅食方法远不如早早离开此地而奔向食物更为丰足的地方。滞留于食物消耗殆尽之地的动物要比经常更换觅食地点的动物花费更多时间和精力寻找食物。为此损失的时间和精力本来应该用于哺育后代、吸引异性或为将来缺乏食物的日子储存能量的。因此，自然选择总是偏爱那些适时地更换食物点以最大限度地节余能量的动物。安于现状、得过且过的动物迟早会被按照最优化方式行动的动物所淘汰。情况似乎是：只要动物的生存与繁殖能力由于其行为成效（或许可以用节余能量的多少来表示）而持续得到提高，并逐渐逼近最高值，自然选择就应该不断塑造有机体行为以获得这个最高值，除此之外，别无选择。

337

觅食理论中受限制条件下的最优化

但是上面所描绘的画面是不完整的。进化论者，包括最优化模型的建立者，早已清醒地意识到了此种完美画面受到的种种限制（例如，Stephens & Krebs, 1986）。就我们的目标而言，最重要的是来自于种系发生学或动物演化史的限制，以及在时间、材料上受到的限制。种系发生上的限制就是先前的进化历史对有机体可能采用的适应方案产生的限制。新的行为是一点一滴地渐渐形成的，在从行为 A 进化到行为 B 的过程中，每前进一步都要至少获得像先于它的步骤一样好的成效。如果一只动物未能以最优化方式解决一个问题，这或许是由于根本不存在从“此”到“彼”的有效途径。借用车道金斯(Dawkins, 1982)的比喻来说，自然选择的运作机制就像是把螺旋式飞机改装成喷气式飞机一样，一次只改变一个铆钉、螺丝或螺母。每完成一步，飞机都要离地试飞，而且必须比上一次飞得更好——这显然是一种令人望而生畏的任务。第二种限制是有机体能够用于完成给定任务的时间和材料的不足。比

如,动物用来寻找食物的每一份能量都无法再被用来照顾后代、逃避天敌,或做任何其他有利于生存的事情,而且由于这些能量是专门用于特定觅食活动的,所以能够提高觅食能力的认知机制实际上也不适用于其他任务。

如果行为生态学家们能够始终如一地意识到最优化方法受到的限制,那么在试图说明有机体行为时他们就不会总是将这些方法考虑进来了!遗憾的是,情况并非如此。为了说明这一点,我们不妨再一次回到最优化觅食活动上去,这是行为生态学中最为成功且建模最多的一个研究领域。最优化觅食理论家们一直关心这样一个问题,即:动物们是否最大限度地利用了它们的食物资源。面对何时更换觅食地点的决策任务,追求最优化的觅食者对各食物点的能量获取率加以计算,选择能最大限度地获取净余能量的食物点,充分利用它,直到其利用价值小于下一个最佳食物点的利用价值为止,然后转移到下一个食物点,以同样方式继续进行计算。早期的最优化模型很少或根本不考虑觅食者在计算各食物点价值能力上受到的限制。例如,这些模型均被赋予了有关环境的完备知识和对这些知识的完美回忆能力。*

338

“理想化自由分布”(ideal free distribution, 缩写为 IFD)是早期的一种最优化觅食模型,用来预测动物们是如何分布于不同食物点的(Alexander, 1996; Fretwell & Lucas, 1997)。在该种模型的最为简单的形式中,它预言:在个体间竞争力完全相同的前提下,动物在各食物点的分布率将等同于各食物点资源的分布率(Milinski & Parker, 1991)。在这种空间位置分布中,每种动物都能够最大限度地得到所需要的资源。然而,为了实现这种理想化配置,动物们需要具有关于各种资源收益率的完备知识。

用来检验“IFD”的实验研究产生了与其预测结果相背离的系

* 值得强调的是,对行为生态学家来说,假定动物具有关于环境的完美知识并不意味着他们相信动物们会按照模型提供的公式进行计算。毋宁说,他们期望动物们仿佛拥有完美的知识和能力那样去行动。

简捷启发式

统误差,这表明动物行为受到了某些限制(例如,Abrahams, 1986)。当所获得数据与理论模型之间产生了偏离时,觅食理论家们通常假定有一些限制使得有机体难以获得最优化解决方案。正是在这种情况下,受限制条件下的最优化思想产生了。与人工智能领域的研究者们极其相似的是,只有当无限理性模型难以自圆其说时,行为生态学领域的研究者们才不十分情愿地引入这种观点!早期的模型建构者们将理论与数据之间的不一致视为理所当然的,因此很少有人试图去解释它。其原始假设的非现实性得到了认同或认可,而数量方面的不一致却被解释为动物自身的错误估计(即有机体知觉能力的局限性)所使然。然而,在建构理论时,为了使其具有通用性,这些局限性被忽略了,原因在于许多局限性是某些类别动物所特有的,而早期的理论家们一门心思想要建立通用于所有动物的模型。最近,觅食理论学家们开始将此种与“IFD”的偏离作为确定上述局限性的切入口,并将这些局限性纳入到了他们的模型之中,以求对行为作出更为准确的预测。如果这些“误差”是由有机体知觉或认知方面的局限性造成的,那么它们就应该以系统的而非随机的方式表现出来。

数据资料系统地偏离 IFD 模型的例子之一是:动物们倾向于过少地利用资源丰富食物点而过多地利用资源贫乏食物点。这使得一些理论家们相信原来模型依据的假设或许是不现实的。动物们也许并不具备关于不同食物点收益率的完备知识。格雷和肯尼迪(Gray & Kennedy, 1994)以野鸭为研究对象,对这种假设进行了检验。他们发现随着食物总量的减少,野鸭们在不同食物点间作出区分越来越困难。由于无法分辨,野鸭们分布于各食物点的方式不同于 IFD 模型设想的方式,而与偏离了 IFD 的其他模型相一致。

339

动物们的有限理性

把有关限制纳入到最优化模型之中不应该与满意性之类的真

正有限理性模型混为一谈。尽管它们在说明和解释并非最优化的成绩方面具有相似性,但行为生态学中的最优化模型总是不断地得到精简以便能够容纳更多限制,并对行为作出更为精确的预测,而且假定:在给出了适合于它的工具的条件下,有机体将总是以最优化方式来行动。毕竟,自然选择通常被视为一种不断优化的过程。另一方面,满意性方法并不试图达到最优化。相反,它们设定了一种必须达到的最低阈值(或抱负水准),相对而言超过该阈值的任何进步都是无关紧要的。换句话说,满意者想要做到“足够好”,而最优者想要做到“最好”。

斯蒂芬斯和克雷布斯(Stephen & Krebs, 1986)指出,如果我们所关心的某种品质的机能在某些情况下仅以微小幅度增加(如,出现了所谓“高原现象”,此种情况下一种能力的提高并不能导致食物获得量的增加),那么动物就有可能选择某些类别的满意性机制。然而,多数模型建构者假定此种情形在生物学中十分罕见,因此不曾对这种假设进行检验。

这种观点将满意性(更一般地说是有限生态理性)作为面对选择压力条件下最优化方法的替代方法来看待。然而,还有另外一种方法可以帮助我们理解有限生态理性的作用,即将其视为有助于实现最优化行为预期的一种机制。雌性“格兰马毛黄蜂”(Trichogramma wasp)通常将自己的卵产在其它昆虫的卵内,它所产卵子的最大数目因寄居卵的容积大小而定。它或许可以借用球体三角学几何方法来计算寄居卵的容积,并根据计算结果来决定产多少个卵。但它却采用了一种快速节俭机制来估计寄居卵容积。它以一种独特的姿势站立于寄居卵上,这样它的头和第一节触须之间便产生了一定角度,这个角度与寄居卵的半径有关。它产卵的个数就是以这个角度大小为依据的,因此毋需进行复杂计算她就可以大体上“算出”寄居卵的容积(Wehner, 1997)。

生态理性的机制

通常,最优化模型的建构者们也并不认为他们的模型代表了

动物实际上用于解决问题的手段。重在理解行为机制的研究者们以这样的假设为前提：表面上看十分复杂的行为决策是由相当简单的过程来调节的。而且，这些过程仅适合于特殊领域，即适合于解决特定生态环境下的特殊问题，正是在此种环境中它们得以被选择。毋需大量基于通用性的复杂计算，简单启发式便可以提供良好方案。将一系列基于特殊目标的简单启发式串接起来，动物便能完成一些相当复杂的任务。这方面的例子来源于威纳等人有关撒哈拉大沙漠中“Cataglyphis 蚁”定向能力的研究(Wehner & Wehner, 1990; Wehner et al., 1996; Wehner, 1997)。在没有任何标记的荒漠沙地上长途觅食之后，蚂蚁必须能够找到返回巢穴的路。它们可以尝试记住走过的路线，并原路返回，但由于觅食过程中它们是迂回行进的，所以常常会有更为简短和直接的归家之路。

尽管不具备数学家们也许拥有的计算器和成批运算公式，但“Cataglyphis 蚁”仍然可以通过对所经过路径的分析来解决其归程问题。它利用一系列简单子程序来不断测定自己所转过的角度和所走过的距离，并把这种信息整合为一种校正向量，利用这种向量它总能找到归家的方向。它参照空中的极光(这种光是人眼所看不见的)模式来推测转过的角度，这些光模式不是固定不变的，而是随着太阳在地平面上的升高而变化。“Cataglyphis 蚁”通过“模板”(template)来获得正确方案，这种模板能够将其朝向方位的光模式和太阳处于地平面时的光模式的预存表征匹配起来。当蚂蚁与太阳光或其反光处于同一条经线上时，该模板与外部模式得到了最佳匹配，从而为蚂蚁提供了一种富有适应性的“内置式指南针”(built-in compass)，借助于它蚂蚁就可以在现实环境中确定自己的方位。这种“路径整合系统”(path integration system)并非不存在任何偏差，虽然它足以让蚂蚁回到其巢穴周围区域，但通常难以让它精确地回到巢穴入口。因此，一旦“Cataglyphis 蚁”到达了巢穴附近，它就会启用第二种模板匹配系统。当它站在巢穴入

口前面时,它的头脑中便会迅速浮现出多种地界标志的视觉画面,它在该区域周围转来转去,直到周围环境匹配于头脑中的模板为止。

定向能力并非行为生态学家们用来探索可与复杂运算相媲美的简单机制的唯一领域。除了前面讨论过的最优化觅食模型之外,一些理论家们还建立了许多模型,用来说明觅食者实际上是如何作出决策的。这些理论家们已经考察了多种能够作出好的觅食选择的简单规则。

格林(Green,1984)曾经对动物用来决定是否离开当前食物点到别处碰碰运气的多种简单规则进行过检验。这曾经是一个引起广泛注意的问题。解决该问题的最著名的方法也许要算是查诺夫(Charnov,1976)提出的“边缘值定理”(marginal value theorem)了。它指出:在搜索食物过程中,如果觅食者单位时间内找到的食物量随着时间推移而减少,那么当其与在别处可能找到的最高食物量相持平时,觅食者就应该离开当前食物点而转向新食物点。这种观点的问题在于,尽管它使我们能够预测什么时候动物应该离开某个食物点,却没有告诉我们动物们如何才能知道何时已经到了离开原地的时刻。正如格林(1984)指出的那样:“这就好像在赌徒们还没有输钱之前就让他停止赌博一样。”(p. 30)格林对动物可能用来作出此类决策的几种规则进行了检验,如“定时规则”(fixed-time rule; 在特定时间间隔之后离开,不管觅食活动成功与否)、“过时放弃规则”(giving-up-time rule; 过了特定时间间隔食物仍未出现时,即离开)和“估算规则”(assessment rule; 当遇到食物的量低于特定水平时,就离开)。在这些简单决策规则中,估算规则在最为广泛的环境中都得到了最高回报量。而且实验研究已经表明,至少有一种动物——“*Nemeritis canescens*”胡蜂——在作出觅食决策时使用了估算规则。

这种策略可能且常常被看成是信息收集能力有限条件下的最优化方法。但在威纳有关蚂蚁研究的背景下,格林的分析显然并

简捷启发式

没有试图达到最优化。相反,这种分析主要关心什么类型的信息是觅食者易于获得的,以及如何以此为基础对各种可能的决策规则进行检验。迄今为止还没有哪个人断定它是一只动物能够作出的最佳选择,像“边缘值定理”试图做到的那样。格林的目标仅仅是表明此类“笨拙的简单规则”(simple rules of thumb)能够获得多么好的成绩。用我们的术语来说,最优化等式隶属于全能神灵,而上述“笨拙的简单规则”却隶属于有限理性。

来自实验室研究的案例记录:匹配与最大化

一个相关案例来自于动物学习领域。该研究领域独立于行为生态学而得到了发展,但两者在动物以何种方式适应环境以满足其生存需要问题上享有一些共同兴趣。动物学习研究者们主要关心动物行为如何才能在实验室中得到改变,并假定这种改变反映了野生状态下动物行为的变化规律。但相对于野生状态下观察到的行为而言,此种行为变化毕竟是在严格控制条件下才会出现的。我们所以举这个例子,是因为它提供了简单启发式的一个研究案例:一方面能够比无限理性模型更好地描述现实行为,另一方面在推测现实动物心理活动方面似乎是更为合理的。

试想一只动物生活在两棵果树之间。这两棵果树偶尔会掉下一些成熟的果子,供该动物食用。^{*} 假设 2 号果树落下的果子是 1 号果树落下果子的 2 倍,但这只动物需要的食物比其中任何一棵果树落下的果子都多,而且它必须不断在这两棵果树之间寻觅食物。很显然,花费更多时间在 2 号果树下觅食要比用更多时间在 1 号果树下觅食更好一些,但该动物也不能任凭 1 号果树落下的果子腐烂变质。可以证明,当分配给每棵果树的时间与在每棵果树下可获得果子量成比例时,该动物得到的果子量最多。^{**} 用数学

342

^{*} 此例意在为目前的变量间隔(VI)方案建立一个易于理解的模型。

^{**} 最佳比例位置的确定取决于一个人所建立的关于动物如何决定从一地转向另一地的模型,但所有理论都将最佳比例置于接近匹配比例的位置。

公式表示为：

$$\frac{B_1}{B_2} = \frac{R_1}{R_2} \quad (1)$$

式中 B 是配置给各食物点的行为(要么根据动物在各食物点等待的时间来测定,要么根据动物为获得食物必须作出的反应来测定), R 是动物从各食物点得到的食物量(或强化)。该公式以“匹配法则”(matching law; Herrnstein, 1961)而著称,在有关动物学习文献中一直是一条主要法则。除了描述了此种情境下最优化行为的特征之外,匹配法则还提供了关于动物如何分配其时间和精力精确画面(Davision & McCarthy, 1988)。问题是:动物们精确地算出了行为的最佳分布,其结果碰巧符合公式(1),还是遵循了一种与匹配法则相一致的简单程式,并发现该程式对它们很有效?曾经出现过几种过程模型,它们均将匹配法则作为最终结果(Williams, 1988)。这些模型的共同之处在于:产生行为之前毋需考察环境结构并推断在该环境中的最佳行为。需要做的全部事情在于找到一种机制以觉察行为与其强化物,然后推算它们之间的比率。

为了回答上面提出的问题,我们有必要看一看另外一种觅食情境。这一次,我们设想有一只鸟住在两棵坚果树附近,每棵树上的果实都足以养活这只鸟。^{*}但是,啄破这两棵树上果子的外壳却需要付出相当多的时间和精力。而且,啄破 A 树上果子的外壳要比啄破 B 树上果子的外壳多花一倍时间和精力。很显然,假若两棵树上的果子具有相同营养价值,那么这只鸟将会尽力采摘 B 树上的果子。事实上,该只鸟正是这样做的。这种策略显然不同于上述那个在两个食物点间不断变换行为反应的动物采用的策略。然而,这种行为模式也符合匹配法则。我们不妨用公式(1)来分析一下从每棵树上吃到一个果子的鸟的行为得失:所得到的

343

^{*} 此例意在为当前的比率变量(VR)方案建立一种易于理解的模型。

强化物比率是 1 : 1, 但吃掉两个果子需要的行为强度之比却为 2 : 1 (因为吃 A 树上的果子要比吃 B 树上的果子多费一倍力气)。如果这只鸟吃了 A 树上一个果子, 又吃了 B 树上两个果子, 那么得到的强化物之比是 1 : 2, 但行为强度之比却为 1 : 1 (因为啄破 B 树上的 2 个果子与啄破 A 树上的 1 个果子同样费力)。如果这只鸟吃了 A 树上一个果子, 而吃了 B 树上 3 个果子, 那么强化物之比是 1 : 3, 行为强度之比为 2 : 3。可以证明: 要想使强化物之比等同于行为强度之比, 唯一的方案就是始终偏爱易于得到的果子 (即 B 树上的果子), 这样做时两种比率均为 0 : 1。^{*} 匹配法则再一次既能够说明最优化行为, 又能够说明现实行为, 因此问题再一次产生了: 这只鸟精确地算出了它的最优化行为, 还是仅做了一些较简单的事情来适应此种匹配法则?

要想回答这个问题, 我们需要找到一种情境, 在那里匹配行为与最优化行为有不同后果, 就像它们在水果树和坚果树两种情境下所表现的那样。这正是在实验室内创设人工情境特别有用的地方所在。在实验室中, 我们可以人为地让一棵水果树靠近一棵坚果树, 使它们提供同样种类的食物, 并控制它们提供该种食物的频率, 观察动物花费在每种食物点上的时间与精力。在这种条件下, 最优化行为强烈地偏向于坚果树, 只是偶尔查看一下水果树, 看是否有一些水果掉下来。这种行为所以是最优化的, 原因在于坚果需要持续努力才能获得, 而水果仅需要耐心等待和偶尔查看一下就行了。然而, 我们可以通过实验操纵使水果树随着时间推移能够提供与坚果树同样多的食物, 这样匹配法则就会预测: 动物不会再偏爱坚果树而忽视水果树。实际上, 匹配法则的这种预测已经得到了证实。当通过实验手段使匹配法则和最优化理论相竞争

^{*} 始终偏爱 A 树上的果子也能够符合匹配法则, 但正像直觉告诉我们的那样, 这种情况并未发生。“递进理论”(melioration theory; Herrnstein & Vaughan, 1980) 对这种效应作出了解释。

时,匹配法则在预测实验资料方面做得更好一些(Williams, 1988)。^{*}

在这个例子中,一种笨拙却简单的规则——按比例把行为反应与获得的强化物匹配起来——产生了一种策略,其依据的逻辑等同于在两棵水果树或两棵坚果树之间进行选择的最优化等式所依据的逻辑。强行从理论上将两者区别开来需要我们在两种类别果树之间作出非现实的人为选择。因此,尽管只有非常简单的结构,匹配法则仍然是自然情境中非常有效的行为策略之一。然而,在匹配法则与最优化规则的争论中,这一点有时被忽视了。坚持匹配法则的人指出,鸽子是一种遵循简单规则的简单动物,至于它们在许多情形下表现出来的最优化行为,只是偶然巧合而已。就这些人来说,好就好在他们认识到脑重量仅有3克的动物是不可能成为最优化理论所推崇的“全能神鸽的”(他们的研究通常用鸽子作被试)。但是,在描述鸽子采用的算法规则时,仅用“简单的”一词尚不足以道出取得如此佳绩的简单机制的精妙之处,反而似乎包含有“愚蠢的”意味。

344

作为对上述观点的回应,最优化观点的支持者们坚持用更复杂的(因此也是日益缺乏合理性的)模型来解释鸽子的“聪明才智”,这些模型试图详细说明究竟什么东西正在得到优化以及什么样的信息使之得到优化。此类最优化模型的失败似乎意味着关于鸽子“聪明才智”的理解是失败的。然而,事实胜于雄辩。鸽子选择到何处去觅食的方式的确是自然进化创造的一种奇迹。

行为生态学中快速节俭启发式的前景

在关于选择压力的受限制条件下的最优化模型处于支配地位很长一段时间之后,研究者的兴趣转向了关于行为机制的有限理性观点。只要翻阅一下克雷布斯和戴维斯(Krebs & Davies)编

^{*} 这个结论并未被普遍接受(Kagel et al., 1995),但代表了多数人的意见。

简捷启发式

写的《行为生态学》一书——此书被公认为是该领域的经典之作——的最近两个版本(1991,1997),我们便能看出这种变化的端倪。在其第三版的《序言》中对行为机制给予了前所未有的注意。在第四版中,行为机制和个体行为成了由5章内容构成的独立部分。当然,正如卡米尔和罗特布拉特(Kamil & Roitblat,1985)早已指出的那样,有关研究最好能够在行为机能(选择压力)和因果律(接近机制)之间取得平衡。由于前者先前在该领域具有支配地位,所以朝向后者转变实际上就意味着更加趋向于这种平衡了。

既然给予行为机制的注意力日益增多,就需要一种关于适应性机制如何发挥作用的观点或思想。这样,行为生态学家们就远远绕开了基于无限理性或受限制条件下最优化思想来人为设定机制的陷阱。他们已经在一定程度上考虑到了满意性原则,但其思想产生的影响十分有限,主要原因在于前面提到过的“适合于满意性原则发挥作用的‘高原现象’十分罕见”之类的假设(例如,Stephens & Krebs,1986;亦可参见 Wards,1992)。但从行为生态学的角度来看,其他的快速节俭决策机制仍然有很好的发展前景,而且试图采用此种方法的研究正在稳定增长。血缘关系识别机制就是再认启发式(第2章)的范例之一,老鼠利用再认机制选择食物时的社会传递现象也证明了该种启发式的适应价值。第4章提到过的鱼类选择配偶时的模仿机制是另外一种受到研究者们广泛注意的快速节俭启发式(例如,Brooks,1998;Dugatkin & Godin,1998)。而本书第13、14章所介绍的配偶选择规则和父母喂养机制无疑为行为生态学关于快速节俭启发式的研究增添了一笔宝贵财富!

345

经济学中的社会理性

在经济学中,成功不会被界定为在人为设定的环境中畅通无阻,或者在虽然真实但却被动的环境中找到待采集的食物,而是在

同样谋求生存的许多其他有机体(动物或人)构成的环境中找到生存之道。为了说明这一点,不妨让我们撷取现代都市生活中一个小小的片段:桑笛想要从比尔那儿买一杯咖啡。为了算出可以获得最高利润,比尔不仅需要知道这杯咖啡耗费了自己多少成本,还需要知道桑笛情愿付多少钱。而为了最大限度地减少自己的付出,桑笛也必须知道比尔能够接受的最低价格。即便我们假定比尔知道自己的成本和桑笛愿出的价格,桑笛也知道自己的愿出的价钱和比尔可接受的价格,这个问题也显然不会轻易地得到解决。

然而,通常情况下信息并非如此容易获得:桑笛很可能不会透露她愿意付多少钱,比尔也不愿说出他可以接受的最低价格。在信息不全的情况下,两个人很可能会展开捉迷藏式的“讨价博弈”(bargaining game),这要比信息完整条件下的问题复杂得多。而且,其他因素也可能被考虑进来,如,桑笛身边有多少人等着买咖啡、比尔身边有多少人在出售咖啡、桑笛是否刚刚喝过一杯果汁、比尔是否想连续五年每天都卖给桑笛咖啡,如此等等。如果我们采用这种方法来进行分析的话,那么比尔卖给桑笛一杯咖啡就需要获得冗繁的信息和作出大量的决策,虽然它看起来只不过是一笔简单交易而已。很显然,这不是我们在现实中所看到的买卖咖啡的情形。相反,人们制定了诸如明码标价之类的制度,使得买卖咖啡的双方均能够快速节俭地做出决策。卖方常常依据简单的“涨价原则”(markup rules)在其商品上明码标价,尽管需要留意或掌握好涨价的幅度或分寸,因为不明智的标价将会危及生意的兴隆。而买方常常采用简单的“或买或走”(take it or leave it)决策规则,它在一定程度上需要依据个人的预算来决定取舍。

经济学中理性的概念与历史

如果不与“利己”(self-interest)这个概念混为一谈的话,经济学中的理性概念——无论是无限理性、有限理性或是其他理性概念——只有相当短的历史(Arrow, 1986; Vriend, 1996)。利己原

简捷启发式

则的基本思想至少可以追溯到 18 世纪末亚当·斯密(Adam Smith)的经济学理论。他关于这一原则的最为著名的论断是：“我们可望得到我们的晚餐，不是由于屠夫、酿酒者、面包师的仁慈施舍，而是由于他们对自身利益的关心。我们不应该过于强调他们的‘人道主义’，而应该更加注意他们的利己倾向。永远别和他们谈论我们自己的需要，而是和他们谈论他们自己的利益。”(Smith, 1937, p. 14)利己概念与当代的理性思想有关，但也存在着基本差异。正像经典经济学家们所诠释的那样，利己原则并不需要利己者去进行任何计算。屠夫们、酿酒者们、面包师们需要的只是维持生计，宁愿卖掉他们的商品以获得尽可能高的利润。要是以为他们连这一点都不知道，那未免太荒谬可笑了！

346

当赫伯特·西蒙于 20 世纪 50 年代中期引入“满意性”与“搜索”这一对概念时，同时也引入了两种全新的理念：(1) 经济代理商的心理状态是至关重要的；(2) 经济学家们所作出的关于代理商心理状态的假设不应该是现实的。斯迪格(Stilger, 1961)引入了搜索理论的一种不同形式，它为搜索过程建立了一种受限条件下的最优化模型。此种搜索涉及到了据认为代价高昂的额外信息，在对代理商实际得到的最高利润进行最后结算时应该充分考虑到这些成本或代价。这些见解强化了这样一种更为一般的思想：经济代理商的心理状态(此种情况下即他们的知识状态)在解释经济现象时是相当重要的资料。自从斯迪格的论文发表以来，出现了大量研究文献，但强调重点从西蒙对有限理性的关心转向了拥有最佳终止规则的最优化理想。

按照伦德(Vriend, 1996)的观点，对代理商心理状态的关心引申出了新的问题，要解决这些问题，至少可以采取两条途径。第一条途径——它秉承了“预期效益理论”(expected utility theory; Ramsey, 1931; Savage, 1954; von Neuman & Morgenstern, 1944)的传统——需要寻求正反两方面的证据，来支持或反对这样一个命题：人们的决策过程服从于公认的准则。这些准则包括完

整性(completeness)、不变性(invariance)、支配性(dominance)、过渡性(transitivity)等,它们均被视为理性的。毫不奇怪的是,大量证据——其中一些已经成为经典证据——表明:人们在许多情况下并不按照这些公认准则作出决策(例如,Allais, 1953; Ellsberg, 1961; Kahneman & Tversky, 1979)。研究者们采用不同观点来解释这些研究结果:一些人认为它们证明了人类决策活动的非理性特征;另一些人认为它们表明这些公认准则是关于人类理性的糟糕模型。但对这些公认准则进行检验时并没有考虑到西蒙和斯迪格所强调的主题,即信息搜索。人们搜索信息时也许会完全按照他们的利己本性或多种公认准则来行事,也许不会。

评价人类理性的另外一条途径是:置决策活动于一边,径直评价隐藏在决策活动背后的思维过程。这个问题,即人们的心智机能是否真的允许他们获取最大利润,只有在西蒙和斯迪格论证了代理商心理状态的重要性之后,才会产生。直观上看,人们是否有能力进行以经济分析为特征的复杂运算,以便最终作出“正确”推断,这个问题来自于对推断问题的强调,而不是来自于对偏好判断问题的强调。在人类计算能力备受推崇的背景下,西蒙(1955a, 1957, 1959)提出的有限理性概念对经济学思想产生了巨大影响。人们也许不能够计算——如果没有计算器或未曾经过特殊训练的话——经济学家们历经多年才推导出来的复杂函数,但他们能够依据适合于推断(或决策)环境的简单运算规则作出恰如其分的推断。 347

因此,在经济学文献中有限理性模型存在的时间几乎同无限理性概念一样长(Mitchell, 1912; Sauermamn & Selten, 1962; Selten, 1996; Simon, 1957),但它们对该领域的影响一直很有限。很长时间以来,关于无限理性——即“购买一杯咖啡前如何在 n 种可能性之间进行精打细算”(Leijonhufvud, 1996, p. 50)——的“新经典主义方法”(neoclassical paradigm)一直处于至高无上的统治地位。然而,随着实验经济学和“博弈理论”(game theory)在

简捷启发式

最近的兴起,情形发生了戏剧性变化,因为这些新方法迫使经济学家们对其模型试图描述的那些人的需求状况加以考察。^{*}相应地,经济学家们开始提出一些富有发展前景的替代模型。

现在,博弈理论家们习惯于把“非合作性博弈理论”(noncooperative game theory)区分为所谓“可教的”(eductive)和“进化的”(evolutive)两类。第一个术语源自“教育”(education)一词,大体上指基于无限理性和无限知识的模型;第二个术语源自“进化”(evolution)一词,用来指称那些仅利用有限理性的模型。肯·宾茂(Ken Binmore, 1990)对它们作了如下界定:

“可教的”一词……描述的是一种动态过程,它通过对参赛一方的细心推敲获得一种均衡。这种推敲通常需要尝试模仿其他参赛者的推理过程……“进化的”一词……描述的也是一种动态过程,它通过进化机制获得一种均衡……适应性作为毫无远见的参赛双方相互磨合的结果而产生了。(p. 155)

让我们通过买卖双方“对等讨价博弈”(symmetric bargaining games)的一些例子,来说明博弈理论中“可教的”和“进化的”两种模型。这类博弈试图为桑笛和比尔的咖啡交易所代表的那种讨价行为的动机结构建立正式模型。对等讨价博弈的例子之一是表 15-1 所描述的情境。在那里两个参赛者(“行”和“列”)可以选择

* 例如,新经典理论将消费者对日用品的选择解释为对“真实商品”(如,几杯咖啡、几块德国产巧克力等)的选择。消费者的偏好通常用“效用函数”(utility functions)来表示,它的构成需要关于消费者潜在偏好的大胆而确定的假设。然而,博弈理论承认多数现实的金融市场上其结果是有风险的和不确定的,所以他们借用 Von neumann-morgenstern 用来确立“效用函数”的方法来为消费者的偏好建立模型。这些“效用函数”表示的是结果的风险性和不确定性,它由于“奖赏”(prizes; 实际上就是新经典理论中的日用品)的概率分布不同而不同。新经典理论和 von Neumann-Morgenstern 的“效用函数”均假定其有效性反映了现实的选择行为(参见 Kreps, 1990)。

一种“公平高效”策略,换句话说,这种策略应该能够使他们平分所有的钱(如,双方各得 50 美分)。这种策略是有风险的,因为如果其中一个参赛者选用了它,而另一个不选用它,那么选用它的参赛者将会一无所得。为了避免这种令人不快的结果,每个参赛者都可能会选择一种至少确保得到 30 美分的“保险策略”。例如,假如“行”选择了保险策略,而“列”选择了公平高效策略,那么“行”可得到 30 美分,但“列”可能一无所得。这是因为“行”采取了保险措施,以确保得到一种积极结果,但正是这种确定性使选用“公平高效”策略的“列”处于非常不利的危险境地。值得注意的是,如果两个参赛者中有一个选用了保险策略,那么“公平高效”结果就不可能产生。当(且仅当)另外一个参赛者也选用了保险策略时,第三种或最后一种策略才会使双方都有额外回报。这种策略也具有风险性,因为如果另外一个参赛者没有选用保险策略,那么双方都将一无所获。

当一个理性的参赛者不能肯定对方会如何做时,他在此种情境中将如何行动呢?“可教的”方法试图通过确定一个“纳什均衡点”(Nash equilibrium)来预测该种博弈的结果。此种均衡点是这样一些行动的组合,即:在给出另外一个参赛者行为的情况下,两个参赛者中没有任何一个想要改变他或她的行为。这种行为的组合可能仅由参赛双方的一种行为构成,也可能是博弈反复进行过程中多种行为选择的混合。如果对方不能确定你下一步做什么对你有利,那么此种混合策略具有一定优势。试想有一个网球手,正在考虑怎样发球才能先发制人、克制对手,那么,即便她发左边球更快一些,她也应该不时地把球发到右边,以减小其发球的可预见性。

遗憾的是,对于寻求唯一一种“理性”方案的人来说,在这种博弈中却有五种“纳什均衡点”。其中三种属于“单纯行为”(pure-action)均衡点;它们均落在了从左下角到右上角的对角线上。如果这三种策略中的任何一种形成了固定行为模式,那么没有哪个网球手能够轻易地通过改变策略来赚取更多的钱。另外两种方案属

简捷启发式

于纳什混合均衡策略。^{*} 就像在网球比赛的例子中那样,这两种策略充分利用了它们在对手那里造成的不确定性。

表 15-1 “对等讨价博弈”的一个例子

行	列		
	保险策略	公平高效策略	第三种策略
保 险 策 略	30 美分, 30 美分	30 美分, 0 美分	60 美分, 40 美分
公平高效策略	0 美分, 30 美分	50 美分, 50 美分	0 美分, 0 美分
第 三 种 策 略	40 美分, 60 美分	0 美分, 0 美分	0 美分, 0 美分

注: 每对数字中的第一个数字是“行”得到的回报, 第二个数字是“列”得到的回报

即便实验中被试能够而且的确算出了这五种纳什均衡点, 就上述对等讨价博弈而言, “可教的”方法也无法确定唯一最佳的均衡点, 因此参赛者不得不求助于一种一般均衡点选择理论(例如, Harsanyi & Selten, 1988; Van Huyck et al., 1995, 他们对此种讨价行为的例子作了更详细的讨论), 它采用“对等性”(参赛双方有相同行为与回报)、“高效性”(尽可能获得最高回报)、“保险性”(确保获得的回报不为 0)之类的标准来进行选择。具体到上面所述的对等讨价博弈来说, 无论是“对等性”标准(它选择 50 美分, 50 美分的结果和两种纳什混合均衡点), 还是“高效性”标准(它选择三种单纯行为纳什均衡点), 均未能单独作出唯一选择。然而, 如果我们将这两种标准结合起来, 那么公平高效结果(50 美分, 50 美分)就可以被选择出来了。

令人遗憾的是, 这并非我们在完成上述对等讨价博弈实验过程中所发现的结果。起初被试最经常地选择第一种行为, 最终趋向于以第一种行为为主的混合行为均衡点(Van Huyck et al., 1995)。^{**} 这表明

^{*} 混合策略纳什均衡点位于(6/7, 0, 1/7)和(2/5, 3/5, 0)两处, 在这里每一组数字分别代表了分派给三种行为选择的决策量。

^{**} 即趋向于均衡点(6/7, 0, 1/7)。这里的讨论主要参照了 Van Huyck 等人(1995)所报告的“单一总体”(one-population)实验, 实验情境是一种重复匿名随机遭遇博弈, 即: 在博弈的每个阶段, 被试都随机地与另一个被试相遇, 事先不知道他们将与谁相遇。

这些实验结果可以用进化方法加以解释。在给定原始行为分布条件下,进化方法可以跟踪监测“重复匿名随机遭遇博弈”(repeated anonymous random-encounter game)中的行为分布,以此来预测博弈结果。简言之,“更适当的”行为组合渐渐代替了不适当的行为。^{*} 当我们弄清楚了毫无远见的参赛者是如何相互磨合以产生适应性行为的时候(通过建立有关模型),我们就在一定程度上了解了“可教的”方法所依据的过于武断的理性假设是如何导致错误预测的。这些结果及其他有关博弈实验(如,合作博弈实验, Crawford, 1997; Ochs, 1995)的结果均表明:经济代理商们的确是以有限理性方式作出决策的。

然而,进化方法也存在两个问题。行为的逐渐替代过程是通过离散和连续系统来建立其模型的,从本质上说这是一种“反向寻找机制”(backward looking mechanisms)。这是令人烦恼的,因为在许多经济学情境中,对其他代理商未来行为的预期才是至关重要的。而且,由于动态系统通常跟踪的是总体行为分布,所以有关分析是在总体水平上展开的,而不是在构成总体的个体水平上进行的。莱因哈德·泽尔腾的“方向学习理论”(learning direction theory)克服了这些问题。它还采用了相当简单的——快速节俭的——适应规则(Stelten & Buchta, 1994; Selten & Stoecker, 1986)。

让我们通过一个简单的“猜谜游戏”(guessing game)来说明方向学习理论(Wagel, 1995)。在这个游戏中,许多参赛者同时说出一个0至100间的数字。算出这些数的平均数,然后乘以参数 p ,以确定一个靶子数字。说出的数字最接近这个靶子数字的参赛者是最终的获胜者,得到一定数额的奖金。如果几个人说出的数字同样接近于靶子数字,他们将平分这笔奖金。就我们所关心的

^{*} 例子可参见 Erev & Roth, 1998; Friedman, 1991, 1996; Roth & Erev, 1995; Samuelson, 1997; VegaRedondo, 1996; Weibull, 1995.

简捷启发式

问题而言,最有趣的情形出现在 $p < 1$ 时。在这种情况下,用“可教的”方法所做的分析表明只有一个“纳什均衡点”,它需要所有参赛者均选择数字 0。为了说明这一点,不妨设想有那么一个均衡点,在那里有一个参赛者说出了—个概率为正的—正数,此种情况下平均数将也是一个正数。很容易证明:将会有另外一个具有相同概率的数比原来的数更接近于平均数。很显然,为了达到“纳什均衡点”,需要大量预期性思维(或许多理性)的参与。

纳格尔(Nagel)在实验室中完成了这种游戏。她让几组参赛者玩了四轮猜谜游戏。她发现这些参赛者并未设法结束于均衡点,虽然他们表现出了向均衡点靠近的趋向(即:多数被试随着时间推移降低了他们的选择,使用前一轮的靶子数字作为参照点)。她还发现参赛者常常从 50p 左右的参照点开始进行猜测,这表明他们的确进行了预期性思维,试图预测其他人的行为。然而,就我们所关心的问题来说,最为关键的是,参赛者似乎在按照一种简单适应规则调整他们的猜测:若说出的数字低于上一轮的平均数,就增加它;若说出的数字高于上一轮的平均数,就降低它。这种策略是快速节俭机制的例子之一。类似地,在其他情形下也证明此类简单适应规则是十分有用的。纳格尔(1995)曾对这方面的一些文献进行了回顾和评论。很显然,无论是作为一种描述模型,还是作为一种标准理论模型,泽尔腾的方向学习理论所体现的简单启发式思想均获得了成功:它解释了人们的现实行为,并使他们获得了接近均衡点的成绩。

由于经济学领域的研究通常涉及到了社会交往活动,所以它的有关发现与理论,包括满意性思想,能够很容易地应用于管理和组织行为问题上去。赫伯特·西蒙就是首先在组织行为理论方面产生深远影响的(例如,Simon, 1947),其满意性思想也是首先在该领域出现的。马奇和西蒙(March & Simon, 1993)指出:“组织行为理论描述了从冲突到合作的微妙转变、资源的有效配置以及各种活动的协调过程,这些都有利于组织及其成员的共同生存。” 351

(p. 2)从根本上说,组织行为理论就是关于这样一种博弈活动的理论:将个体间互不一致的利益转变为平等高效的结果(就像在对等讨价博弈中均分有关结果一样)。这是成功组织的重要标志。然而,人类活动者是不可能充分考虑到所有偶然情况的,哪怕是在最为简单的游戏(诸如猜谜游戏)和略微复杂一些的任务环境(诸如讨价博弈)上。

决策成本的中介作用

我们对无限理性模型提出质疑的基本立足点在于:作出一种无限理性决策所耗费的成本远远超出了依靠有限理性所获得的收益。如果无限理性的成本比有限理性的收益还大,那么在一天的营业活动结束后,有限理性的代理商将会比无限理性的代理商有更多收益,从而使得有限理性成为更为现实的理性(Simon, 1987)。举例来说,在讨价博弈中,即每个参赛者均面临在一种保险行为和一种或几种冒险行为之间进行选择的情形下,10次选择冒险策略还是100次选择冒险策略将会具有截然不同的后果。有关的经济学理论表明,在其他条件相同情况下,增加决策时段的数目(即把决策过程分成不同的时段来进行)降低了决策成本,增加了尝试或探索的动机,从而有可能产生不同的决策启发式。实验经济学家已经开始将此类决策成本考虑进他们的有关分析当中(Pringle & Pay, 1995; Wilcox, 1993)。在不远的将来,我们有望对决策成本的中介作用有一种基于实验资料的理解。从事此类研究的人所面临的一个问题是:当代理商需要算计是否应该限制理性时,究竟发生了什么?这个问题类似于格林(1984)理解“边缘值定理”的前提时注意到的问题。判断限制理性是否合理所涉及的计算(即确定预期成本是否会超过预期收益所涉及的计算)本身就需要付出代价,这或许会使有限理性本身具有的优势丧失殆尽(Leijonhufvud, 1996)。的确,决策成本的计算可能是一个持续循环的过程(Conlisk, 1996)。正是由于这个原因,西蒙(1987)和

简捷启发式

泽尔腾(1996)没有选择这条路线,相反他们建议设定抱负水准或采用笨拙规则,不管受到的限制是少或是多,它们总能够渐渐地适应有关的环境。这种方法的问题在于:如果不通过一定种类的复杂计算,抱负水准和笨拙规则是如何被确定下来的?一种可能的解释是它们是进化选择的结果。关于抱负水准和笨拙规则是如何产生的,目前仍是一个亟需探索的问题。

经济学中快速节俭启发式的前景

352

第3章曾经报告了一个运用简单再认规则在现实的股票市场上进行投资决策并获得成功(赢利)的事例。这种规则及其他相对快速节俭的投资决策方法或许能够继续在现有市场上获得成功。然而,问题依然是:在伯格(Borges)等人(第3章)的规则被引入市场之前,何种算法规则在个别交易者身上发挥了作用?也许正是这些算法规则为再认启发式取得如此佳绩创造了条件。换句话说,究竟哪些个体心理过程结合起来使得多少个世纪以来一直令经济学家们心驰神往的那种有序而又能产生财富的市场特性得以产生?

令人感兴趣的是,这些算法规则可能是快速而节俭的。戈德和桑德(Gode & Sunder, 1993)最近的报告指出,“智力为0”的简单程序也能够始终如一地集中精力获取最大效益,这是人类在加倍努力情形下才具有的特征。戈德和桑德并非假定人类的智力为0,但他们的发现表明:快速节俭策略能够产生在其环境中高度有效的行为,同时这种行为也明显类似于人类实际上表现出来的行为。

有限理性的过去、现在和未来

行为科学中全能神灵的统治地位是难以动摇的。无限理性一直是主宰有关研究的牢不可破的基石,迄今仍有无数作者及其论

文深受它的影响。我们曾经在生命科学的几个有代表性的出版物数据库中检索过有关文章的题目、摘要和关键词,用“回归”(regression)、“贝叶斯”(Bayes)之类的词代表需要大量计算的神灵模型,而用“满意性”、“笨拙规则”、“词典编纂策略”和“有限理性”等词代表有限理性模型。这些数据库示于表 15-2 中。

表 15-2 在题目、摘要、关键词中检索“有限理性”及其相关概念出现频率的数据库 353

数据库名称	有效年份	所属学科
Current Contents	1995—1998	所有学科(仅限于杂志)
Dissertation Abstracts	1961—1998	所有学科(仅限于学位论文)
EconLit	1969—1997	经济学
Sociofile	1974—1998	社会学
Psychinfo	1967—1998	心理学
Biosis	1970—1998	生物学
Medline	1966—1998	医学

注:鉴于保留数据库的英文名称不影响对文章内容的理解,所以这里未将其翻译成中文——译者

“回归”一词显然是我们检索过的词中最为通用的概念。它几乎出现在所有检索过的出版物的 0.5% (26 000 000 篇中的 104 000 篇)之中,这可是一个令所有其他词相形见绌的数字!第二个最为通用的词是另外一个全能神灵——“贝叶斯”,它出现了接近 3 600 次。“笨拙规则”一词主要用于“满意性”之类的文献中,它出现了 731 次,大约为“贝叶斯”一词出现次数的 1/5。所有其他包含“有限理性”之意的术语在检索过的 26 000 000 篇文章和书籍中出现了不足 400 次,大约是“贝叶斯”一词出现次数的 10%，“回归”一词出现次数的 0.33%，所有检索过文献数量的 0.16/10 000。图 15-1 以图解形式显示了这些术语逐年的引用率,它表明情况似乎愈来愈糟了,而不是愈来愈好了。请注意,关于“回归”一词的数据并未在该图中表示出来,因为它的引用率超过其他术语实在太多了!

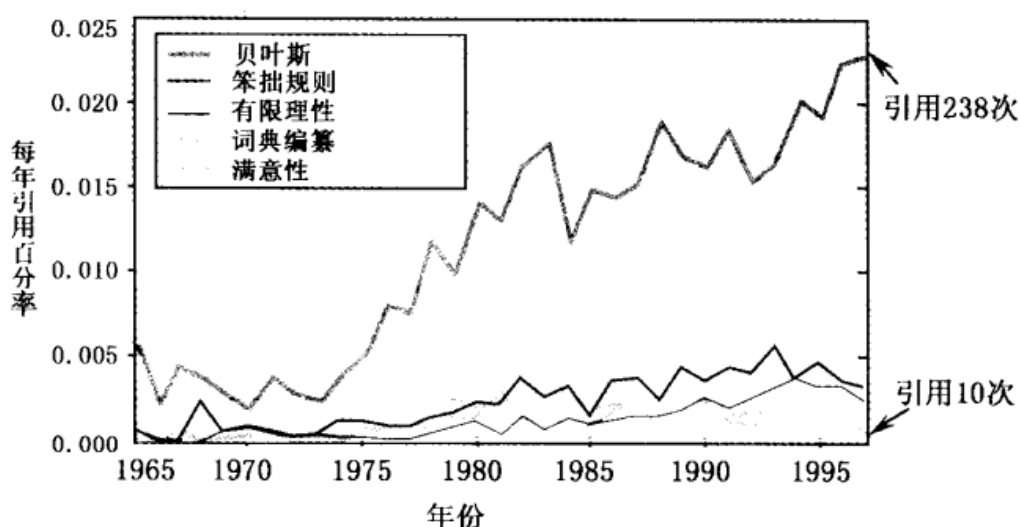


图 15-1 1965 年以来,“有限理性”及其相关概念(满意性、笨拙规则、词典编纂策略)在文章题目、摘要、关键词中出现的频率(资料来源已在表 15-2 说明)。为了进行比较起见,对“贝叶斯”一词也作为全能神灵类模型的代表绘出了曲线。之所以采用每年总引用次数百分比的形式来呈现数据,是因为新的文章和著作的数量每年都有大量增加。

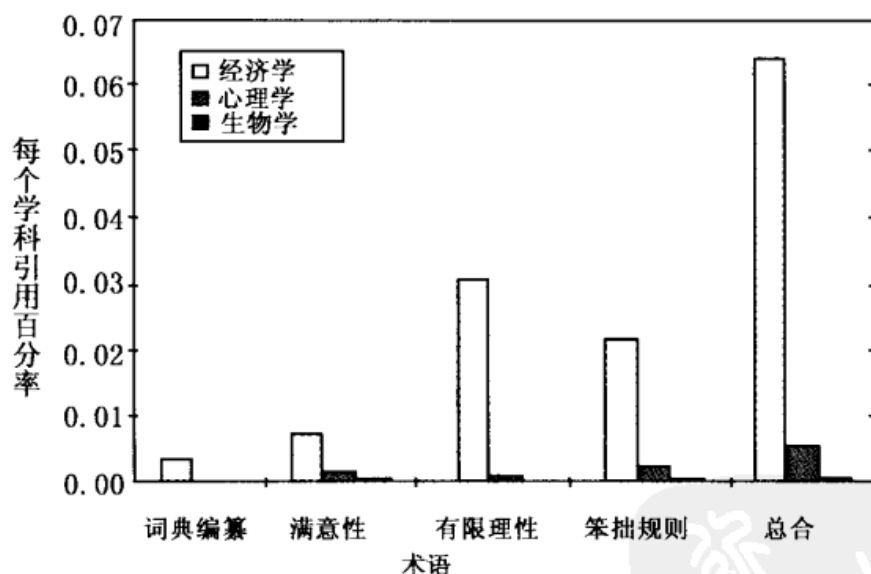


图 15-2 与图 15-1 同一时期同一种概念的引用率。这一次这些概念依据它们出现的学科来划分。之所以采用每个学科总引用次数百分比的形式呈现数据,是因为生物学发表的文章和著作的数量是心理学的近 10 倍,而心理学出版的文章和著作的数量又是经济学的近 3 倍。

图 15-2 显示了与本章所关心的三个学科有关的资料。心理学和生物学领域使用满意性概念的文章比率之间有近乎 10 倍的显著差异(两者的比率为 8.7),而经济学和心理学之间也有近乎 10 倍的显著差异(两者的比率为 11.3)。在改变把人脑作为全能神灵来建立模型的传统做法时,心理学可以提供给生物学一些有益的经验教训,但心理学又需要从经济学那里汲取经验和教训。正如图 15-1 和图 15-2 的分析所表明的那样,发展和拓宽有限理性观的视野和领域任重而道远——本书或许有益于实现这个目标。

在本章中,我们考察了无限理性和有限理性之间的紧张对峙是如何在认知心理学之外的三个领域——人工智能、动物行为和经济学——扮演主要角色的。在人工智能领域,启发式规则一直被认为是有用的和必要的。该领域的成功就是以这种规则所创造的“头脑”获得的成绩来界定的,但它偏出了特定领域,从而使得真正有效的快速节俭策略成为罕见的。在行为生态学领域,最优化理论通常占有主导地位,但这些理论在实验上的失败要求用新的方法来建立关于野生状态下动物行为的理论,而且这样的理论已经出现了。其中大多数采取了受限制条件下的最优化形式,但也有一些包含了快速节俭策略。不管怎样,生态理性的思想已经深深地植根于这个领域,因此人们完全有理由对该领域未来的发展前景持乐观态度。在经济学领域,有限理性思想与经典理论对峙了两个世纪之久,这为验证其合理性和推动理论的发展铺平了道路。在这三个领域,我们可以看到简单启发式思想代表了先进的观念,但相对于传统的无限理性思想来说,其影响仍然很小。新思想的种子已经播下——下一步需要大量的理论家和实验者在其思想和作品中培育和发展它们。

毫无疑问,在我们所讨论的三个领域中有限理性思想将继续得到发展,要么以协调一致的方式,要么以彼此竞争的方式。随着这种观念在多种领域的发展,各种思想之间的分歧将会越来越尖

简捷启发式

锐,越来越趋于多样化。在此种局面尚未出现之前,还是让我们利用这个难得的机会反省一下有限理性思想迄今已经取得的成就吧,而当我们这样做时,必须首先从行为科学中驱除那些关于无所不知全能神灵的美丽而虚幻的梦想!



第16章

迄今我们知道了什么

彼得·M·托德(Peter M. Todd)

哥德·吉戈伦尔(Gerd Gigerenzer)

首先,人们曾经认为最可靠的方法就是接受逻辑思维法则作为对思维过程进行心理学分析的基础,因为从亚里士多德时代起这些法则就已经被逻辑科学确立为牢不可破的戒律。这些标准仅适用于说明很小一部分思维过程。然而,在这些标准之外,任何用心理学术语来解释思维过程的尝试都只能导致逻辑反思时各种事实的纠缠不清。事实上,关于这些尝试,我们可以说其毫无结果的争论已经说明了一切。它们忽视了心理过程本身。

——威尔哈姆·冯特(Wilhelm Wundt)

穿

过快速节俭启发式的崇山峻岭、陆地沼泽,我们已经到达了本次探险活动的终点。路途中,我们既看到了意想不到的美丽风景,也见识了令人惊叹的奇异地形。在第1章中,我们曾经绘制了一张未来旅行的地形图,现在是打开地图从不同角度看一看我们究竟处于何处的时候了。

可以采用多种方法对我们适应工具箱内的启发式加以组织和分类,也可以采用不同方法存放和提取它们。它们既可以按照所面对的决策任务类型加以分类,又可以按照需要解决的适应问题加以分类——也就是说,依据问题所隶属的特殊领域或所涉及的特殊内容来分类。第一种方案将启发式分成了估计、归类、双项选择,如此等等;第二种方案将启发式分成了食物选择、配偶选择、父

让我们更精明

简捷启发式

母投资以及从动作推断意图,如此等等。在本书中,这两种方案均被我们所采用,因此决策制定者在寻找解决手头问题的适当工具时也可以这样做。

还有第三种观点:启发式可以按照其构筑块——即它们所使用的特殊规则——加以分类。在第1章中,我们描述了三类构筑块,即:指导信息搜索的规则、终止信息搜索的规则和依据搜索结果作出决策的规则。根据启发式是由一种或是多种构筑块形成的,可以界定它们的类别。这些类别与决策任务和适应问题交叉融合,形成了相当复杂的启发式分类结构。在结束本书之前,让我们简单回顾一下主要的启发式类别以及与其密切相关的理性观。当然,仍然有许多问题有待于以后进一步探索。 358

启发式类别

基于无知的决策制定

好的决策不一定需要累积大量信息。它们也可以基于知识的贫乏而制定出来。一种基本的认知适应机制是对面孔、声音、味道、名字及其他环境特征的再认能力。在此种仅包含一种构筑块——搜索再认信息——的适应机制基础上,形成了一类非常简单的启发式。对于决策制定者来说,这种适应机制表面上看似乎是无关紧要的,但当一个人不能够再认某些东西时,常常隐含着一些不明确的信息,这些信息可能会被基于无知的启发式所利用。

这类启发式的最简单的例子就是再认启发式。我们已经为它的有效性找到了充分证据(第2章)。在实验室之外,这种启发式在广泛的范围内影响着有机体的行为,诸如野生鼠寻找食物的行为、人类决定在哪个饭店用餐的行为以及悬挂同一招牌的快餐连锁店在世界各地剧增的潜在原因等等(Schlosser, 1998)。它还能够被推广到从一套对象中选出一个子集的任务上去,就像基于再

认来选择一套打算投资的股票时所做的那样(第3章)。

通过分析和模拟再认启发式的成绩,我们作出了一种令人惊奇的预言:采用这种启发式,知识较为贫乏的人能够比知识更为丰富的人作出更加准确的推断。在第2章中,我们表明这种“少即多效应”已经得到了实验资料的印证。诸如此类的反直觉现象——其他理论和人们的直觉均未能预料它们——充分说明了快速节俭启发式的经验效度和理论意义。

单一理由决策制定

单一理由决策制定所采用的启发式需要寻找再认之外的线索或理由,或者到记忆库中去寻找,或者到外部某种信息库中去寻找。它们仅使用一则信息来作出一种决策——这是它们共同的构筑块。因此,一旦找到了允许作出一种决策的第一条理由,就可以终止搜索。我们提出并研究了隶属于该类别的多种启发式规则,包括最少化启发式、采纳最近启发式、采纳最佳启发式(第4、5、6章)以及父母喂养启发式(第14章)等等。

我们对单一理由决策启发式获得的准确性感到惊奇!例如,它们在跨越20种决策环境的竞赛中超出了多元回归方法的成绩(第5章),其准确性与计算起来更为复杂的贝叶斯模型的准确性之间也仅有几个百分点的差距(第8章)。因此,似乎在许多情境下不需要在快速节俭地和准确地作出决策之间进行权衡。毋需付出沉重代价便可获得节俭性!究竟在何种环境条件下容易产生这种结果呢?这是进一步的生态理性研究需要探索的课题。

日益增多的实验证据表明:人们实际上使用了采纳最佳启发式之类的词典编纂规则,尤其在时间紧迫条件下(第7章)。我们还将采纳最佳启发式作为记忆更新机制的重要组成部分进行了考查,成功地提供了关于此种现象的第一种过程模型(第9章)。然而,寻求进一步的实验证据仍然受到了一些方法学问题的困扰。用来探索思维过程的研究方案仍然缺乏鉴别个体究竟正在使用哪

简捷启发式

种启发式的效力——发展更加灵敏有效的方法是未来研究所面临的挑战之一。

排除启发式

基于无知的启发式和单一理由决策启发式(特别是在一种线索仅有两种值的情况下)对于两者必选其一的任务来说是最为适用的。其他的任务需要不同类别的启发式。例如,在归类时,一种类别必须从几种可能性中选择出来。对于此种任务来说,我们可以采用排除规则(而不是单一理由决策规则)来作出快速节俭而又准确的决策。排除启发式逐一利用每条线索来削减剩余的可能性,一旦仅有一种类别保留下来,立即终止排除过程。最快者启发式(第 10 章)就是采用排除法作出数量估计的一种简单规则。虽然只利用了大约 1/4 适用信息,但排除归类法(第 11 章)的准确性与范例模型和神经网络模型等传统归类方法的准确性仅有几个百分点的差距。在第 12 章中,我们探索了排除归类法是如何被用来迅速地作出一种特殊决策的,即:仅根据其他有机体的动作线索来推测它们的意图。它有助于个体避免尖锐的矛盾冲突,甚至免遭捕获。在必须迅速作出归类、但又不得不花费时间去寻找线索的情形下,这种快速节俭方法具有明显的优势。

满意性

上述三个类别的启发式均适合于这样的情景,即:所有可能选项是决策制定者当即可以得到和采用的。如,所有可能意图类别均为已知的、所有待哺幼鸟都呆在巢中(第 12 和 14 章)。然而,当有关选项(和线索值相对)随着时间推移相继出现,必须花费时间去搜索时,就需要不同类别的启发式了。在此类选择任务上,快速节俭的推断者不仅应该限制对有关选项信息(线索)的搜索,而且应该限制对选项本身的搜索。赫伯特·西蒙(1995a,1990)借用“满意性”这个术语提出了一类启发式,它们通过设定抱负水准来

终止搜索,从而解决了选项的搜索问题。

在第13章中我们考查了满意性启发式在系列配偶搜索中的作用。我们的着眼点放在了一些简单机制上,通过这些机制我们试图限制设定抱负水准所用的时间以及找到超过抱负水准对象之前得到考虑候选对象的数量。此种简单学习启发式的确能够找到富有适应性的抱负水准,其成效接近于更为“优化的”(更缓慢的)规则所获得的配偶选择成绩。设计出既能搜索目标、又能搜索线索(相继地或同时地)的启发式是未来研究有待解决的问题之一。

理性观

我们从有限理性、生态理性和社会理性三足鼎立的理性观入手开始了本书的探讨。这三者之间是密切相关的:理性受限启发式的成功依赖于它们利用生态和社会环境中信息结构的能力。因此,这三种观点之间的相互影响才是我们理性观的本质所在。

有限理性

我们的研究方案在两个水平上探讨了有限理性问题。首先,我们提供了一种基本的理论框架,它指出了利用一套较小的构筑块来形成快速节俭启发式时应该遵循的原则:新的启发式可以通过把指导信息搜索、终止信息搜索和作出决策的简单规则联结起来而形成。其次,我们对时间、知识和计算能量受限制条件下仍能够作出准确推断的多种启发式范例进行了探索。这些范例产生的证据表明:对于理性来说,神灵般的能量和资源水平是不必要的。

生态理性

快速节俭启发式取得令人惊异成效的原因有两个:(1)它们充分利用了环境结构;(2)它们具有“耐用性”(与“匹配过当”不同,它们可以恰当地推论到新的环境中去——参见第1章)。生态

简捷启发式

理性并非启发式本身具有的特征,而是启发式与环境之间相互磨合的结果。例如,我们曾经考查了如下的环境结构,正是这些环境结构使得启发式从生态学上看具有合理性。 361

不可代偿信息 当环境中的信息不可代偿时,即当随后出现的每一条新线索的潜在效力迅速消退时(参见第6章的定义),采纳最佳启发式获得的成绩匹等于或超过了任何一种线性策略的成绩。

贫乏信息 当已知线索相对于对象数量严重不足时(参见第6章的定义),采纳最佳启发式的平均成绩超过了一些线性模型的成绩。

J形分布 当遵照J形分布(即拥有众多低值和极少高值的数据分布——参见第10章的描述)来估计有关效标时,最快者启发式所作的数量估计几乎像信息需求量相当大的复杂策略一样准确。

逐渐缩小的总体 在候选对象总数渐次变少的情境中(就像动物选择配偶时遇到的情况那样),事先设定抱负水准的满意性启发式超过了在此之前抽取大量候选对象的规则(就像第13章所描述的那样)。

当把启发式构筑块与环境的这些信息结构匹配起来的时候,不必过于复杂,它们就可能获得相当准确的成绩。此外,由于是简单的,这些启发式避免了过于密切地匹配于任何特定环境的问题——也就是说,它们一开始就铲除了匹配过当的祸根,因而不会像更为复杂的多参数模型那样饱受匹配过当之苦!环境结构和节俭性的联姻产生了与我们的直觉相背离的情境,在那里几乎不需要在快速节俭性和准确性之间进行复杂权衡!

社会理性

人类和其他动物所面对的最富有挑战性的决策问题来自于这样一种环境,它是由同类动物的类似决策活动构成的。社会环境

具有两个特征：首先，它们的变化速度相当快；其次，生活在这种环境中的个体需要考虑其他个体作出的决策。这两个特征使得社会理性成为生态理性的一种重要的、与众不同的形式。在本书中，我们已经证明：当环境由于其他人的行为而急剧变化时（如，在股票投资活动中——第3章），当环境需要相继作出多种彼此关联的决策时（如，在父母投资活动中——第14章），或者当必须与其他个体相互协调来作出决策时（如，在互动式配偶选择活动中——第13章），快速节俭启发式均能够指导人们在此种富有挑战性领域中的行为。社会环境的这些特征能够被启发式用来迅速地作出决策，而不是耗费大量时间搜集和加工信息——在此期间其他的不速之客很可能已经捷足先登了！

关于理性的上述三种观点均依据有机体的适应性目标来界定，这种目标是：在社会或非社会环境中作出快速、节俭、准确而有益的决策。因此，我们根据决策和行动所导致的外部世界的成功来判断和评价理性，而不是根据知识和推断过程的内部有序性来判断和评价理性。在人工智能、经济学和其他一些研究领域（参见第15章），关心内部有序性的理论已经产生了这样一些模型，它们假定：作出最后结论前，个体必须创建详尽无遗的知识表征，并求出多种方程或等式的解。我们面临的挑战并非建立关于无所不能的脑的模型，而是建立关于能够在其环境中迅速可靠地行动的脑的模型。

在其名著《瓦尔登湖》（*Walden*, 1854/1960）一书中，亨利·梭罗（Henry Thoreau）对人们与其环境之间的关系进行了深入的思考，尽管是从不同的角度来看问题的。他的忠告对于为适应环境的头脑建立模型同样是适当的：“我们的生命全给无谓琐屑的小事给浪费掉了……我是说，你只需要做好两三件事情，而不是做好成百上千件事情……简化，简化，再简化。”（p. 66）模型的节俭性具有一定的审美价值：其潜在机制是易于理解和交流的，而且经得起仔细的推敲和审查。而且，波普（Popper, 1959）曾经指出更为简

简捷启发式

单模型更易于分辨其真伪,索布(Sober,1975)则认为这种模型能够提供更大的信息量。但是,此类模型的高透明度、真伪易辨性和大信息量并非强调实际心理机制节俭性的全部理由所在。我们提供的证据表明:简捷启发式对于实际上使用它们的那些人来说也是非常适用的(亦可参见 Forster & Sober,1994)。节俭性既具有审美价值,又具有适应价值。

展望

在本书中,我们提出了作出适应性推断和决策的多种快速节俭启发式。对每一种新的启发式,我们都提出了三个主要的问题:(1)它有多么好——相对于依附于传统理性观的其他决策机制来说它的成效如何?(2)从生态学上看它是合理的吗——何时和为什么它在现实环境中是有效的?(3)人类或其他动物实际上使用这种启发式吗?当然,我们尚未找到所有这些问题的答案。事实上,迄今为止我们的注意力主要放在了第一个(最早产生的)问题上,也找到了第二个问题的部分答案,但回答第三个(非常困难又相当重要的)问题的尝试才刚刚开始。此种不均衡性需要在未来的研究中加以调整。展望未来,我们发现从这三个问题衍生出来的许多课题还有待于我们去做进一步探索。面对这些挑战,任何对整个新大陆区一域的孤立探索都是于事无补的:借鉴别人已经发现的结果——这些发现常常来自于其他领域、并用不同的语言来表达——来建造简捷启发式的大厦将会加速找到新答案的过程。

认知任务

第一种挑战是进一步探索用来完成迄今尚未考虑过的任务的快速节俭启发式。哪些其他种类的决策可以借助于简捷启发式来制定?快速节俭认知机制如何才能帮助人们完成随时间而深化的

任务(如,制定计划或解决问题)? 简捷启发式也可以被应用于知觉过程吗? 一些研究者(例如, Ramachandran, 1990)曾经把知觉称为“智囊”(bag of tricks),它装满了快捷但有时却卑劣的计谋或机智,它们由于曾经有效而不是由于一贯有效而得到了进化。

适应任务

第二种挑战是探索快速节俭启发式如何被运用于重要的适应问题——本章开始时提及的第二种适应工具分类方案。已经证明:把有机体的生活和行为划分为不同的适应领域,并使每个领域包括几种不同的适应问题,是一项富有挑战性的困难工作(关于目前分类方法更多的讨论,参见 Hirschfeld & Gelman, 1994)。然而,找到适合于不同适应问题的特殊启发式也许有助于澄清一些重要的分类问题——例如,如果用来进行系列配偶搜索的启发式不同于用来进行系列栖息地搜索的启发式,那么这也许意味着配偶选择和栖息地选择是各自具有特殊机制的两个不同领域。何种启发式可用来解决食物选择(包括当代的饮食结构或形式)、医疗保健(包括找大夫看病和服药)和外出旅行之类的适应问题呢? 为什么人们常常更喜欢利用社会上流传的信息来解决适应性问题呢(如,根据传闻而不是有关的统计数据来决定采纳用何种医疗保险方案等)?

社会规范和情绪

简捷启发式对于简化社会领域的复杂性是相当有利的,并可以借助于社会传递方式被掌握,如通过模仿、口头指导或文化继承等。我们推测:社会规范、文化禁忌、谚语以及诸如此类的现象均能够通过避免代价—收益分析和无限制信息搜索而使快速节俭的社会推断成为可能。在本书的某些场合我们还推测:情绪也能够通过限制对信息和选项的搜索而使快速的决策制定更加容易,如同坠入爱河终止了配偶搜索活动并使婚约更易于形成那样。到哪

简捷启发式

里去寻找证据以进一步证实这些文化和情绪过程的决策功效呢？它们怎样才能作为精密的快速节俭模型的构筑块而发挥作用呢？这是亟待探索的最重要的领域之一。 364

生态理性

我们尚未找到适当的语言来描述究竟环境结构(自然的或社会的)的哪些方面使得决策启发式得以生效并取得良好成绩。在这里,一个人不妨转而求助于已经从不同角度对环境结构做过分析的其他领域,包括生态学和统计学。例如,当评价用于空间搜索(如,寻觅食物或选择栖息地)的启发式规则时,可利用在空间资料分析中(参见 Upton & Fingleton, 1985)发展起来的双维模型的有关统计数据。进化心理学提醒我们注意当前环境和过去环境之间的差异。既要考虑我们的祖先们曾经面对的重要适应问题以及在其环境中适合于解决这些问题的信息,又要考虑这些问题和信息在现代环境条件下发生了哪些变化(Cosmides & Tooby, 1987, p. 302)。

判断成绩的标准

应该如何测定启发式的成绩和有效性呢？归根到底,生态理性取决于有机体作出的决策是否有利于实现其在自然或社会环境中的适应目标。关于决策速度、节俭性和准确性的测定如何才能与关于其适应效用的测定结合起来呢？或者说这些测量指标有助于说明决策规则的适应价值吗？迄今为止我们主要通过交叉验证检验了启发式的可推论性。那么,怎样才能持续变化的环境条件下利用随时出现的新对象和新线索来测定它们的预测准确性和耐用性呢？最后,我们采用与传统上界定理性的连贯性标准(如,一致性、可传递性、概率可增加性)不同的对应性标准(如,准确性、速度和节俭性)来突出和强调适应性目标。但是,难道有序性标准一无是处吗？人们是否应该接受森(Sen, 1993)的如下看法：除非

人们的社会对象和目标明确具体的,否则连贯性就是一个含混不清的概念。

选择启发式

头脑是如何确定采用何种启发式的呢?按照我们的有限理性观点,快速节俭的头脑毋需动用能够进行最优化代价—报偿计算的全能神灵来选择启发式。为特定任务而非通用目的设计启发式,这本身就缩小了选择的范围,从而解决了一部分选择问题(参见第1章)。但是,我们并未强调个别启发式是如何为应用于特殊问题而被从适应工具箱中选择出来的。 365

多重方法

理论分析、计算机模拟和实验研究多种方法的结合深化了我们对快速节俭启发式的理解。然而,为了在人类和动物推理活动中推广简捷启发式,尚需累积更多证据。这并不一定仅仅通过实验室研究——在那里我们常常发现多种候选机制同样能够解释观察到的行为——来实现(就像第7章所讨论过的那样)。搜集来自现实领域——不管该领域是丛林中的栖息地,还是飞机上的驾驶舱——的资料对于发现新的启发式并区分有关机制也是至关重要的。

理性与心理学的融合

几年以前,在斯坦福大学校园的一座幽静的小山上聚集了一些经济学家和心理学家。他们正在就推理活动的本质展开生动活泼的讨论。他们一直在为当时业已发现的多种似是而非、棘手难办的非理性事实进行辩论。最后,一位经济学家掷地有声地得出了结论。“瞧”,他信心十足地说,“推理活动要么是理性的,要么是心理学的”。对于他来说,此种毋庸置疑的二分法意味着两种迥然

简捷启发式

不同的知识门类：理性判断是根据逻辑和概率规则来界定的，因此应该作为严格的经济学家和数学家们研究的领域。心理学家们所获得的关于人类头脑的知识对于界定健全的理性而言是毫不相干的。只有当事情出现了差错时，才需要心理学家们来解释何以人们会如此没有理性！

我们希望本书讨论过的简捷启发式能够作为一类方法的典型范例，此类方法对上述把理性和心理学对立起来的毫无根据但却广为流传的信念不啻于致命一击。自从 19 世纪哲学中出现反心理主义倾向以来，这种错误想法一直在诋毁和诅咒认知科学，至今仍使关于认知过程的现实观点笼罩在它的阴影之下。充分信赖头脑的能力和环境的丰富结构将会使我们看到：甩掉逻辑和概率规则这个包袱后的思维过程是如何既快又好地解决现实的适应问题的！

推理模型不必为了心理学的合理性而放弃理性，也不必为了节俭性而抛弃准确性。上帝赋予我们的头脑完全可以做到两全其美！



参 考 文 献

- Abrahams, M. V. (1986). Patch choice under perceptual constraints: A cause for departures from an ideal free distribution. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 19, 409—415.
- Abt, S. (1991). *Tour de France: Three weeks to glory*. San Francisco: Bicycle Books.
- Aeberhard, S., Coomans, D., & de Vel, O. (1994). Comparative analysis of statistical pattern recognition methods in high dimensional settings. *Pattern Recognition*, 27(8), 1065—1077.
- Aho, A. V., & Ullman, J. D. (1992). *Foundations of computer science*. New York: W. H. Freeman.
- Alatalo, R. V., Carlson, A., & Lundberg, A. (1988). The search cost in mate choice of the pied flycatcher. *Animal Behaviour*, 36(1), 289—291.
- Alba, J. W., & Marmorstein, H. (1987). The effects of frequency knowledge on consumer decision making. *Journal of Consumer Research*, 14, 14—26.
- Albers, W. (1997). *Foundations of a theory of prominence in the decimal system*. Working papers (No. 265—271). Bielefeld, Germany: Institute of Mathematical Economics, University of Bielefeld.
- Alexander, R. M. (1996). *Optima for animals*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Allais, M. (1953). Le comportement de l'homme rationnel devant le risque: Critiques des postulats et axiomes de l'école américaine. *Econometrica*, 21, 503—546.
- Allison, T., & Cicchetti, D. (1976). 368 Sleep in mammals: Ecological and constitutional correlates. *Science*, 194, 732—734.
- Ambady, N., & Rosenthal, R. (1992). Thin slices of expressive behavior as predictors of interpersonal consequences: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 111, 256—274.
- Anderson, J. R. (1990). *The adaptive character of thought*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Anderson, J. R. (1991). The adaptive nature of human categorization. *Psychological Review*, 98(3), 409—429.
- Anderson, J. R., & Milson, R. (1989). Human memory: An adaptive perspective. *Psychological Review*, 96, 703—719.
- Anderson, J. R., & Schooler, L. J. (1991). Reflections of the environment in memory. *Psychological Science*, 2, 396—408.
- Anderson, N. H. (1981). *Foundations*

- of information integration theory. New York: Academic Press.
- Andersson, M. (1994). *Sexual selection*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Arkes, H. R., & Hammond, K. R. (Eds.). (1986). *Judgment and decision making: An interdisciplinary reader*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Arrow, K. J. (1986). Rationality of self and others in an economic system. *Journal of Business*, 59(4, Pt. 2), S385—S399.
- Arthur, W. B. (1994). Inductive reasoning and bounded rationality. *AEA Papers and Proceedings*, 84(2), 406—411.
- Arthur, W. B., Holland, J. H., LeBaron, B., Palmer, R., & Tayler, P. (1997). Asset pricing under endogenous expectations in an artificial stock market. In W. B. Arthur, S. N. Durlauf, & D. A. Lane (Eds.), *The economy as an evolving complex system II* (pp. 15—44). Redwood City, CA: Addison-Wesley.
- Ashby, F. G., & Gott, R. (1988). Decision rules in the perception and categorization of multidimensional stimuli. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 14, 33—53.
- Ashby, F. G., & Maddox, W. T. (1992). Complex decision rules in categorization: Contrasting novice and experienced performance. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, 50—71.
- Attneave, F. (1953). Psychological probability as a function of experienced frequency. *Journal of Experimental Psychology*, 46, 81—86.
- Ayton, P., & Önkai, D. (1997). *Forecasting football fixtures: Confidence and judged proportion correct*. Unpublished manuscript.
- Ayton, P., & Wright, G. (1994). Subjective probability: What should we believe? In G. Wright & P. Ayton (Eds.), *Subjective probability* (pp. 163—183). New York: Wiley.
- Barkow, J. H., Cosmides, L., & Tooby, J. (Eds.). (1992). *The adapted mind: Evolutionary psychology and the generation of culture*. New York: Oxford University Press.
- Barnett, S. A. (1963). *The rat: A study in behavior*. Chicago: Aldine.
- Baron, J. (1990). *Thinking and deciding*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Baron-Cohen, S. (1995). *Mindblindness*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Barsalou, L. W. (1992). *Cognitive psychology: An overview for cognitive scientists*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Bartlett, F. C. (1932/1995). *Remembering: A study in experimental and social psychology*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Bateson, P. P. G. (Ed.). (1983a). *Mate choice*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Bateson, P. P. G. (1983b). Optimal outbreeding. In P. P. G. Bateson (Ed.), *Mate choice* (pp. 257—277). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

- Baylor, G. W. , & Simon, H. A. (1966). A chess mating combinations program. In *AFIPS Conference Proceedings* 28, 1966 Spring Joint Computer Conference (pp. 431—447). Washington, DC: Spartan Books.
- Beach, L. R. , Barnes, V. E. , & Christensen-Szalanski, J. J. J. (1986). Beyond heuristics and biases: A contingency model of judgmental forecasting. *Journal of Forecasting*, 5, 143—157.
- Beach, L. R. , & Mitchell, T. R. (1978). A contingency model for the selection of decision strategies. *Academy of Management Review*, 3, 439—449.
- Becker, G. S. (1991). *A treatise on the family*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Benford, F. (1938). The law of anomalous numbers. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 78, 551—572.
- Ben Zur, H. , & Breznitz, S. J. (1981). The effect of time pressure on risky choice behavior. *Acta Psychologica*, 47, 69—104.
- Berretty, P. M. , Todd, P. M. , & Blythe, P. W. (1997). Categorization by elimination: A fast and frugal approach to categorization. In M. G. Shafto & P. Langley (Eds.), *Proceedings of the Nineteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 43—48). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Best, L. B. (1977). Patterns of feeding field sparrow young. *Wilson Bulletin*, 89, 625—627.
- Bettman, J. R. (1979). *An information processing theory of consumer choice*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Bettman, J. R. , Johnson, E. J. , Luce, M. F. , & Payne, J. W. (1993). Correlation, conflict, and choice. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19, 931—951.
- Biggs, S. F. , Rosman, A. J. , & Sergenian, G. K. (1993). Methodological issues in judgment and decision-making research: Concurrent verbal protocol validity and simultaneous traces of process. *Journal of Behavioral Decision Making*, 6, 187—206.
- Billings, R. S. , & Marcus, S. A. (1983). Measures of compensatory and noncompensatory models of decision behavior: Process tracing versus policy capturing. *Organizational Behavior and Decision Processes*, 31, 331—352.
- Billings, R. S. , & Scherer, L. L. (1988). The effects of response mode and importance on decision-making strategies: Judgment versus choice. *Organizational Behavior and Decision Processes*, 34, 1—19.
- Binmore, K. (1990). *Essays on the foundations of game theory*. Oxford, UK: Basil Blackwell.
- Birnbaum, M. H. , & Mellers, B. A. (1983). Bayesian inference: Combining base rates with opinions of sources who vary in credibility. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54(4), 792—804.

- Bjork, R. A. (1978). The updating of human memory. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 12, pp. 235-259). New York: Academic Press.
- Blum, A. L., & Langley, P. (1997). Selection of relevant features and examples in machine learning. *Artificial Intelligence*, 97 (1-2), 245-271.
- Blythe, P. W., Miller, G. F., & Todd, P. M. (1996). Human simulation of adaptive behavior: Interactive studies of pursuit, evasion, courtship, fighting, and play. In P. Maes, M. J. Mataric, J.-A. Meyer, J. Pollack, & S. W. Wilson (Eds.), *From animals to animats 4: Proceedings of the Fourth International Conference on Simulation of Adaptive Behavior* (pp. 13-22). Cambridge, MA: MIT Press/Bradford Books.
- Böckenholt, U., & Hynan, L. S. (1994). Caveats on a process-tracing measure and a remedy. *Journal of Behavioral Decision Making*, 7, 103-117.
- Böckenholt, U., & Kroeger, K. (1993). The effect of time pressure in multi-attribute binary choice tasks. In O. Svenson & A. J. Maule (Eds.), *Time pressure and stress in human judgment and decision making* (pp. 195-214). New York: Plenum Press.
- Boltzmann, L. (1968). Analytischer Beweis des zweiten Hauptsatzes der mechanischen Wärmetheorie aus den Sätzen über das Gleichgewicht der lebendigen Kraft. In F. Hasenöhl (Ed.), *Wissenschaftlichen Abhandlungen* (Vol. 1, pp. 288-308). Leipzig, Germany: Barth. (Original work published 1909)
- Bourbaki, N. (1963). *Les éléments des mathématiques*. Paris: Hermann.
- Boyd, R., & Richerson, P. J. (1985). *Culture and the evolutionary process*. Chicago: University of Chicago Press.
- Braitenberg, V. (1984). *Vehicles: Experiments in synthetic psychology*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Brase, G. L., Cosmides, L., & Tooby, J. (1998). Individuation, counting, and statistical inference: The role of frequency and whole-object representations in judgment under uncertainty. *Journal of Experimental Psychology: General*, 127, 3-21.
- Brehmer, A., & Brehmer, B. (1988). What has been learned about human judgment from thirty years of policy capturing? In B. Brehmer & C. R. B. Joyce (Eds.), *Human judgment: The SJT view*. Amsterdam: Elsevier-North Holland.
- Brehmer, B. (1994). The psychology of linear judgment models. *Acta Psychologica*, 87, 137-154.
- Brehmer, B., & Joyce, C. R. B. (Eds.). (1988). *Human judgment: The SJT view*. Amsterdam: Elsevier-North Holland.
- Breiman, L., Friedman, J. H., Olshen, R. A., & Stone, C. J. (1993). *Classification and regression trees*. New York: Chapman & Hall.
- Brock, W., Lakonishok, J., & LeBaron, B. (1991). *Simple trading rules*

- and the stochastic properties of stock returns. Working Paper (91 - 01 - 00). Santa Fe, NM: Santa Fe Institute.
- Brooks, L. R. (1978). Non-analytic concept formation and memory for instances. In E. Rosch & B. B. Lloyd (Eds.), *Cognition and categorization* (pp. 169-211). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Brooks, R. (1998). The importance of mate copying and cultural inheritance of mating preferences. *Trends in Ecology and Evolution*, 13, 45-46.
- Brooks, R. A. (1990). Elephants don't play chess. In P. Maes (Ed.), *Designing autonomous agents: Theory and practice from biology to engineering and back* (pp. 3-15). Cambridge, MA: MIT Press.
- Brooks, R. A. (1991a). *Intelligence without reason*. Massachusetts Institute of Technology A. I. Memo No. 1293. Cambridge, MA: MIT Press.
- Brooks, R. A. (1991b). New approaches to robotics. *Science*, 253, 1227-1232.
- Brown, N. R., & Siegler, R. S. (1992). The role of availability in the estimation of national populations. *Memory & Cognition*, 20, 406-412.
- Brown, N. R., & Siegler, R. S. (1993). Metrics and mappings: A framework for understanding real-world quantitative estimation. *Psychological Review*, 100, 511-534.
- Bruno, N., & Cutting, J. E. (1988). Minimodularity and the perception of layout. *Journal of Experimental Psychology: General*, 117, 161-170.
- Brunswik, E. (1943). Organismic achievement and environmental probability. *Psychological Review*, 50, 255-272.
- Brunswik, E. (1952). The conceptual framework of psychology. In O. Neurath, R. Carnap, & C. Morris (Eds.), *International Encyclopedia of Unified Science* (Vol. 1, No. 10). Chicago: University of Chicago Press. 371
- Brunswik, E. (1955). Representative design and probabilistic theory in a functional psychology. *Psychological Review*, 62, 193-217.
- Brunswik, E. (1956). *Perception and the representative design of psychological experiments*. Berkeley, CA: University of California Press.
- Brunswik, E. (1957). Scope and aspects of the cognitive problem. In H. Gruber, K. R. Hammond, & R. Jessor (Eds.), *Contemporary approaches to cognition* (pp. 5-31). Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Bryant, D. M., & Tatner, P. (1990). Hatching asynchrony, sibling competition and siblicide in nestling birds: Studies of swiftlets and bee-eaters. *Animal Behaviour*, 39, 657-671.
- Buffet, W. (1987, October 19). What can we learn from Philip Fisher. *Forbes*.
- Busemeyer, J. R. (1990). Intuitive statistical estimation. In N. H. Anderson (Ed.), *Contributions to information integration theory* (Vol. 1;

- Cognition, pp. 187--215). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Buss, D. M. (1992). Mate preference mechanisms: Consequences for partner choice and intrasexual competition. In J. H. Barkow, L. Cosmides, & J. Tooby (Eds.), *The adapted mind: Evolutionary psychology and the generation of culture* (pp. 249--266). New York: Oxford University Press.
- Buss, D. M. (1994). *The evolution of desire: Strategies of human mating*. New York: Basic Books.
- Buzzell, R., Gale, B. T., & Sultan, R. (1975). Market share-A key to profitability. *Harvard Business Review*, 53(1), 97--106.
- Campbell, D. T. (1959). Systematic error on the part of human links in communication systems. *Information and Control*, 1, 334--369.
- Campbell, J. D., & Tesser, A. (1983). Motivational interpretations of hindsight bias: An individual difference analysis. *Journal of Personality*, 51, 605--620.
- Charnov, E. L. (1976). Optimal foraging: The marginal value theorem. *Theoretical Population Biology*, 9, 129--136.
- Chase, V. M., Hertwig, R., & Gigerenzer, G. (1998). Visions of rationality. *Trends in Cognitive Science*, 2 (6), 206--214.
- Chater, N., Oaksford, M., Nakisa, R., & Redington, M. (1997). Fast, frugal, and rational: Rational analysis and cognitive algorithms in human reasoning. Unpublished manuscript.
- Chipman, H., George, E., & McCulloch, R. (1998). Bayesian CART model search (with discussion). *Journal of the American Statistical Association*, 93, 935--960.
- Christensen-Szalanski, J. J. J., & Fobian Willham, C. (1991). The hindsight bias: A meta-analysis. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 48, 147--168.
- Clark, A. B., Wilson, D. S., Bjurlin, C., & Kagan, B. (1997). Red-winged blackbirds feed their young in (nearly) random order, with consequences for growth and sibling competition. *Animal Behavior Society Meeting*. College Park, MD: University of Maryland.
- Clemen, R. T. (1996). *Making hard decisions: An introduction to decision analysis*. Belmont, CA: Duxbury Press.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Conlisk, J. (1996). Why bounded rationality? *Journal of Economic Literature*, 34, 669--700.
- Connolly, T., & Gilani, N. (1982). Information search in judgment tasks: A regression model and some preliminary findings. *Organizational Behavior and Human Performance*, 30, 330--350.
- Cooksey, R. W. (1996). *Judgment analysis: Theory, methods, and applications*. San Diego: Academic Press.
- Cooper, G. (1990). The computational complexity of probabilistic infer-

- ences. *Artificial Intelligence*, 12, 393—405.
- Cooper, G. , & Herskovits, E. (1992). A Bayesian method for the introduction of probabilistic networks from data. *Machine Learning*, 9, 309—347.
- Cootner, P. (Ed.). (1967). *The random character of stock market prices*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Corbin, R. M. (1980). The secretary problem as a model of choice. *Journal of Mathematical Psychology*, 21 (1), 1—29.
- Cosmides, L. , & Tooby, J. (1987). From evolution to behavior; Evolutionary psychology as the missing link. In J. Dupré (Ed.), *The latest on the best: Essays on evolution and optimization* (pp. 277—306). Cambridge, MA: MIT Press/Bradford Books.
- Cosmides, L. , & Tooby, J. (1992). Cognitive adaptations for social exchange. In J. Barkow, L. Cosmides, & J. Tooby (Eds.), *The adapted mind: Evolutionary psychology and the generation of culture* (pp. 163—228). New York: Oxford University Press.
- Craik, F. I. M. , & McDowd, M. (1987). Age differences in recall and recognition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 14, 474—479.
- Crawford, V. P. (1997). Theory and experiment in the analysis of strategic interaction. In D. M. Kreps & K. F. Wallis (Eds.), *Advances in economics and econometrics: Theory and applications* (Vol. 1, pp. 206—242). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Cronin, H. (1991). *The ant and the peacock: Altruism and sexual selection from Darwin to today*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Cutting, J. , & Kozłowski, L. (1977). Recognition of friends by their walk. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 9, 353—356.
- Czerlinski, J. (1998). *Calculation costs of heuristics measured in EIPs*. Unpublished manuscript, Munich, Germany: Max Planck Institute for Psychological Research.
- Darwin, C. (1871). *The descent of man, and selection in relation to sex* (2 vols.). London: John Murray.
- Darwin, C. (1965). *The expression of the emotions in man and animals*. Chicago: University of Chicago Press. (Original work published 1872)
- Darwin, C. (1969). *The autobiography of Charles Darwin, 1809—1882*. Edited by N. Barlow. New York: Norton. (Original work published 1887)
- Daston, L. J. (1988). *Classical probability in the Enlightenment*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Davis, F. D. , Lohse, G. L. , & Kottmann, J. E. (1994). Harmful effects of seemingly helpful information on forecasts of stock earnings. *Journal of Economic Psychology*, 15, 253—267.
- Davison, M. , & McCarthy, D. (1988). *The matching law: A research re-*

- view. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Dawes, R. M. (1979). The robust beauty of improper linear models in decision making. *American Psychologist*, 34, 571-582.
- Dawes, R. M., & Corrigan, B. (1974). Linear models in decision making. *Psychological Bulletin*, 81, 95-106.
- Dawkins, R. (1982). *The extended phenotype*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- DeBondt, W. F. M., & Thaler, R. H. (1985). Does the stock market overreact? *Journal of Finance*, 40, 793-805.
- Dedekind, R. (1987). Was sind und was sollen die Zahlen? *Gesammelte mathematische Werke* (3 vols.). Braunschweig, Germany: Vieweg. (Original work published 1887)
- de Finetti, B. (1937) La prévision: Ses lois logiques, ses sources subjectives. *Annales de l'Institut Henri Poincaré*, 7, 1-68. (Reprinted in 1964 in English translation as Foresight: Its logical laws, its subjective sources. In H. E. Kyburg, Jr. & H. E. Smokler (Eds.), *Studies in subjective probability*. New York: Wiley.)
- Defoe, D. (1980). *Robinson Crusoe*. New York: Penguin. (Original work published 1719)
- de Groot, A. D. (1978). *Thought and choice in chess* (2nd ed.). The Hague: Mouton.
- Deutsche Börse AG (1997, June). *Vision & Money*.
- DiFonzo, N. (1994). *Piggybacked syllogisms for investor behavior: Probabilistic mental modeling in rumor-based stock market trading*. PhD dissertation, Temple University, Philadelphia.
- Doherty, M. E. (Ed.). (1996). Social judgement theory: [Special issue]. *Thinking & Reasoning*, 2, 105-248.
- Domingos, P., & Pazzani, M. (1996). Beyond independence: Conditions for the optimality of the simple Bayesian classifier. In *Proceedings of the 13th International Conference on Machine Learning* (pp.105-112). San Mateo, CA: Morgan Kaufmann.
- Driver, P. M., & Humphries, D. A. (1988). *Protean behavior: The biology of unpredictability*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Dugatkin, L. A. (1996). Interface between culturally based preferences and genetic preferences: Female mate choice in *Poecilia reticulata*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 93, 2770-2773.
- Dugatkin, L. A., & Godin, J. J. (1998). How females choose their mates. *Scientific American*, 278(4), 46-51.
- Duncker, K. (1945). On problem solving (L. S. Lees, Trans.). *Psychological Monographs*, 58(5 Whole no. 270). (Original work published 1935)
- Dykstra, C. R., & Karasov, W. H. (1993). Daily energy expenditure by nestling house wrens. *Condor*, 95, 1028-1030.
- Edland, A. (1994). Time pressure and the application of decision rules;

- Choices and judgments among multi-attribute alternatives. *Scandinavian Journal of Psychology*, 35, 281—291.
- Edwards, W. (1968). Conservatism in human information processing. In B. Kleinmuntz (Ed.), *Formal representation of human judgment* (pp. 17—52). New York: Wiley.
- Edwards, W., Lindman, H., & Savage, L. J. (1963). Bayesian statistical inference for psychological research. *Psychological Review*, 70, 193—242.
- Ehrenberg, A. S. C. (1982). How good is best? *Journal of the Royal Statistical Society A*, 145, Part 3, 364—366.
- Einhorn, H. J. (1970). The use of non-linear, noncompensatory models in decision making. *Psychological Bulletin*, 73, 221—230.
- Einhorn, H. J., & Hogarth, R. M. (1975). Unit weighting schemes for decision making. *Organizational Behavior and Human Performance*, 13, 171—192.
- Einhorn, H. J., & Hogarth, R. M. (1981). Behavioral decision theory: Processes of judgment and choice. *Annual Review of Psychology*, 32, 53—88.
- Einhorn, H. J., Kleinmuntz, D. N., & Kleinmuntz, B. (1979). Linear regression and process-tracing models of judgment. *Psychological Review*, 86, 465—485.
- Ellsberg, D. (1961). Risk, ambiguity, and the Savage axioms. *Quarterly Journal of Economics*, 75, 643—669.
- Elster, J. (1979). *Ulysses and the sirens: Studies in rationality and irrationality*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Erev, I., & Roth, A. E. (1998). Predicting how people play games: Reinforcement learning in experimental games with unique, mixed strategy equilibria. *American Economic Review*, 88, 848—881.
- Ericsson, K. A., & Simon, H. A. (1993). *Protocol analysis: Verbal reports as data* (rev. ed.). Cambridge, MA: MIT Press.
- Estes, W. (1976). The cognitive side of probability learning. *Psychological Review*, 83, 37—64.
- Estes, W. K. (1986). Array models for category learning. *Cognitive Psychology*, 18, 500—549.
- Evans, J. St. B. T. (1989). *Bias in human reasoning*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Fagen, R. (1981). *Animal play behavior*. New York: Oxford University Press. 375
- Feigenbaum, E. A., & Simon, H. A. (1984). EPAM-like models of recognition and learning. *Cognitive Science*, 8, 305—336.
- Ferguson, T. S. (1989). Who solved the secretary problem? *Statistical Science*, 4, 282—296.
- Fischer Welt Almanach [Fischer World Almanac]. (1993). Frankfurt, Germany: Fischer.
- Fischhoff, B. (1975). Hindsight $\neq$ foresight: The effect of outcome knowledge on judgment under uncertainty.

- Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1, 288—299.
- Fischhoff, B. (1982a). Debiasing. In D. Kahneman, P. Slovic, & A. Tversky (Eds.), *Judgment under uncertainty: Heuristics and biases* (pp. 422—444). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Fischhoff, B. (1982b). For those condemned to study the past: Heuristics and biases in hindsight. In D. Kahneman, P. Slovic, & A. Tversky (Eds.), *Judgment under uncertainty: Heuristics and biases* (pp. 335—351). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Fischhoff, B., & Beyth, R. (1975). "I knew it would happen": Remembered probabilities of once-future things. *Organizational Behavior and Human Performance*, 13, 1—16.
- Fishburn, P. C. (1974). Lexicographic orders, utilities and decision rules: A survey. *Management Science*, 20, 1442—1471.
- Fishburn, P. C. (1988). *Nonlinear preference and utility theory*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Fisher, R. A. (1936). The use of multiple measures in taxonomic problems. *Annals of Eugenics*, 7, 179—188.
- Fiske, P., & Kalas, J. A. (1995). Mate sampling and copulation behaviour of great snipe females. *Animal Behaviour*, 49(1), 209—219.
- Forbes, M. R. L., & Ankney, C. D. (1987). Hatching asynchrony and food allocation within broods of pied-billed grebes, *Podilymbus podiceps*. *Canadian Journal of Zoology*, 65, 2872—2877.
- Ford, J. K., Schmitt, N., Schechtman, S. L., Hults, B. H., & Doherty, M. L. (1989). Process tracing methods: Contributions, problems, and neglected research questions. *Organizational Behavior and Decision Processes*, 43, 75—117.
- Forsgren, E. (1997). Mate sampling in a population of sand gobies. *Animal Behaviour*, 53(2), 267—276.
- Forster, M., & Sober, E. (1994). How to tell when simpler, more unified, or less ad hoc theories will provide more accurate predictions. *British Journal of Philosophical Science*, 45, 1—35.
- Franklin, B. (1987). *Writings*. New York: The Library of America. (Original letter written Sept. 19, 1772)
- Fretwell, S. D., & Lucas, H. J. Jr. (1970). On territorial behavior and other factors influencing habitat distribution in birds. *Acta Biotheoretica*, 19, 16—36.
- Frey, B. S., & Eichenberger, R. (1996). Marriage paradoxes. *Rationality and Society*, 8(2), 187—206.
- Freyd, J., & Miller, G. F. (1992). *Creature motion*. Technical Report 93--3. Department of Psychology, University of Oregon, Eugene.
- Friedman, D. (1991). Evolutionary games in economics. *Econometrica*, 59, 637—666.
- Friedman, D. (1996). Equilibrium in ev-

- olutionary games; Some experimental results. *Economic Journal*, 106, 1—25.
- Friedman, N. , & Goldszmit, M. (1996). Learning Bayesian networks with local structure. In *Proceedings of the 12th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence (UAI)* (pp. 252—262). San Mateo, CA: Morgan Kaufmann.
- Gale, D. , & Shapley, L. (1962). College admissions and the stability of marriage. *American Mathematical Monthly*, 69, 9—15.
- Galef, B. G. , Jr. (1987). Social influences on the identification of toxic foods by Norway rats. *Animal Learning & Behavior*, 15, 327—332.
- Galef, B. G. , Jr. , McQuoid, L. M. , & Whiskin, E. E. (1990). Further evidence that Norway rats do not socially transmit learned aversions to toxic baits. *Animal Learning & Behavior*, 18, 199—205.
- Galef, B. G. , Jr. , & White, D. J. (1998). Mate-choice copying in Japanese quail, *Coturnix coturnix japonica*. *Animal Behaviour*, 55, 545—552.
- Garey, M. R. , & Johnson, D. S. (1979). *Computers and intractability: A guide to the theory of NP-completeness*. San Francisco: Freeman.
- Gelman, R. , Durgin, F. , & Kaufman, L. (1995). Distinguishing between animates and inanimates: Not by motion alone. In D. Sperber, D. Premack, & A. J. Premack (Eds.), *Causal cognition: A multidisciplinary debate* (pp. 150—184). Oxford, UK: Clarendon Press.
- Geman, S. , Bienenstock, E. , & Dourats, E. (1992). Neural networks and the bias/variance dilemma. *Neural Computation*, 4, 1—58.
- Gennari, J. H. (1991). Concept formation and attention. In *Proceedings of the Thirteenth Annual Conference of the Cognitive Society* (pp. 724—728). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Gibson, J. J. (1966). *The senses considered as perceptual systems*. Boston: Houghton Mifflin.
- Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton Mifflin.
- Gigerenzer, G. (1981). *Messung und Modellbildung in der Psychologie*. Munich: Ernst Reinhard Verlag.
- Gigerenzer, G. (1984). External validity of laboratory experiments: The frequency-validity relationship. *American Journal of Psychology*, 97, 185—195.
- Gigerenzer, G. (1991a). From tools to theories: A heuristic of discovery in cognitive psychology. *Psychological Review*, 98, 254—267.
- Gigerenzer, G. (1991b). How to make cognitive illusions disappear. Beyond heuristics and biases. In W. Stroebe & M. Hewstone (Eds.), *European review of social psychology* (Vol. 2, pp. 83—115). Chichester, UK: Wiley.
- Gigerenzer, G. (1993). The bounded rationality of probabilistic mental models. In K. I. Manktelow & D. E.

- Over (Eds.), *Rationality; Psychological and philosophical perspectives*. London: Routledge.
- Gigerenzer, G. (1994). Why the distinction between single-event probabilities and frequencies is relevant for psychology (and vice versa). In G. Wright & P. Ayton (Eds.), *Subjective probability* (pp. 129—161). New York: Wiley.
- Gigerenzer, G. (1996). On narrow norms and vague heuristics: A reply to Kahneman and Tversky. *Psychological Review*, 103, 592—596.
- Gigerenzer, G. (1997). Bounded rationality: Models of fast and frugal inference. *Swiss Journal of Economics and Statistics*, 133, 201—218.
- Gigerenzer, G., Czerlinski, J., & Martignon, L. (1999). How good are fast and frugal heuristics? In J. Shanteau, B. A. Mellers, & D. A. Schum (Eds.), *Decision science and technology: Reflections on the contributions of Ward Edwards* (pp. 81—103). Norwell, MA: Kluwer.
- Gigerenzer, G., & Goldstein, D. G. (1996a). Reasoning the fast and frugal way: Models of bounded rationality. *Psychological Review*, 103, 650—669.
- Gigerenzer, G., & Goldstein, D. G. (1996b). Mind as computer: The birth of a metaphor. *Creativity Research Journal*, 9, 131—144.
- Gigerenzer, G., & Hoffrage, U. (1995). How to improve Bayesian reasoning without instructions: Frequency formats. *Psychological Review*, 102, 684—704.
- Gigerenzer, G., Hoffrage, U., & Kleinbölting, H. (1991). Probabilistic mental models: A Brunswikian theory of confidence. *Psychological Review*, 98, 506—528.
- Gigerenzer, G., & Murray, D. J. (1987). *Cognition as intuitive statistics*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Gigerenzer, G., & Richter, H. R. (1990). Context effects and their interaction with development: Area judgments. *Cognitive Development*, 5, 235—264.
- Gigerenzer, G., Swijtink, Z., Porter, T., Daston, L., Beatty, J., & Krüger, L. (1989). *The empire of chance: How probability changed science and everyday life*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Gilbert, J. P., & Mosteller, F. (1966). Recognizing the maximum of a sequence. *American Statistical Association Journal*, 61, 35—73.
- Ginzburg, L. R., Janson, C., & Ferson, S. (1996). Judgment under uncertainty: Evolution may not favor a probabilistic calculus. *Behavioral and Brain Sciences*, 19, 24—25.
- Gode, D. K., & Sunder, S. (1993). Allocative efficiency of markets with zero-intelligence traders: Market as a partial substitute for individual rationality. *Journal of Political Economics*, 101, 119—137.
- Godfray, H. C. J. (1991). Signaling of need by offspring to their parents. *Nature*, 352, 328—330.
- Goldstein, D. G. (1997). *Models of*

- bounded rationality for inference. Doctoral thesis, University of Chicago. Dissertation Abstracts International, 58 (01), 435B. (University Microfilms No. AAT 9720040)
- Goldstein, D. G., & Gigerenzer, G. (1998). *Models of ecological rationality: The recognition heuristic*. Manuscript submitted for publication.
- Gottlander, K. (1987). Parental feeding behavior and sibling competition in the pied flycatcher, *Ficedula hypoleuca*. *Ornis Scandinavica*, 18, 269—276.
- Gray, R. D., & Kennedy, M. (1994). Perceptual constraints on optimal foraging: A reason for departures from the ideal free distribution? *Animal Behaviour*, 47, 469—471.
- Green, R. F. (1984). Stopping rules for optimal foragers. *American Naturalist*, 123, 30—43.
- Greene, D. H., & Knuth, D. E. (1982). *Mathematics for the analysis of algorithms*. Boston: Birkhäuser.
- Greig-Smith, P. (1985). Weight differences, brood reduction, and sibling competition among nestling stonechats. *Journal of Zoology (London)*, 205, 453—465.
- Griggs, R. A., & Cox, J. R. (1982). The elusive thematic-materials effect in Wason's selection task. *British Journal of Psychology*, 73, 407—420.
- Groner, M., Groner, R., & Bischof, W. F. (1983). Approaches to heuristics: A historical review. In R. Groner (Ed.), *Methods of heuristics* (pp. 1—18). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Grüneis, F., Nakao, M., Yamamoto, M., Musha, T., & Nakahama, H. (1989). An interpretation of $1/f$ fluctuations in neural spike trains during dream sleep. *Biological Cybernetics*, 60, 161—169.
- Gulliksen, H. (1950). *Theory of mental tests*. New York: Wiley.
- Hamel, G., & Prahalad, C. K. (1994). *Competing for the future*. Boston: Harvard Business School Press.
- Hamilton, W. R. (1995). Political polling: From the beginning to the center of American election campaigns. In J. A. Thurber & C. J. Nelson (Eds.), *Campaigns and elections American style* (pp. 161—180). Boulder, CO: Westview Press.
- Hammond, K. R. (1955). Probabilistic functioning and the clinical method. *Psychological Review*, 62, 255—262. 378
- Hammond, K. R. (1966). *The psychology of Egon Brunswik*. New York: Holt Rinehart & Winston.
- Hammond, K. R. (1996a). *Human judgment and social policy: Irreducible uncertainty, inevitable error, unavoidable injustice*. New York: Oxford University Press.
- Hammond, K. R. (1996b). Upon reflection. *Thinking & Reasoning*, 2, 239—248.
- Hammond, K. R., Steward, T. R., Brehmer, B., & Steinmann, D. O. (1975). Social judgment theory. In M. F. Kaplan & S. Schwartz

- (Eds.), *Human judgment and decision processes* (pp. 271—312). New York: Academic Press.
- Harrison, G. W., & McCabe, K. A. (1996). Stability and preference distortion in resource matching: An experimental study of the marriage problem. In R. M. Isaac (Ed.), *Research in experimental economics* (Vol. 8). Greenwich, CT: JAI Press.
- Harsanyi, J. C., & Selten, R. (1988). *A general theory of equilibrium selection in games*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Hartley, D. (1749). *Observations on man, his frame, his duty, and his expectations* (Vols. 1, 2). London.
- Hasher, L., Goldstein, D., & Toppino, T. (1977). Frequency and the conference of referential validity. *Journal of Verbal Learning and Behavior*, 16, 107—112.
- Hasher, L., & Zacks, R. T. (1979). Automatic and effortful processes in memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 108, 356—388.
- Hasher, L., & Zacks, R. T. (1984). Automatic processing of fundamental information: The case of frequency of occurrence. *American Psychologist*, 39, 1372—1388.
- Haubensack, G. (1992). The consistency model: A process model for absolute judgments. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, 303—309.
- Hawkins, S. A., & Hastie, R. (1990). Hindsight: Biased judgements of past events after the outcomes are known. *Psychological Bulletin*, 107, 311—327.
- Heider, F., & Simmel, M. (1944). An experimental study of apparent behavior. *American Journal of Psychology*, 57, 243—259.
- Hell, W., Gigerenzer, G., Gauggel, S., Mall, M., & Müller, M. (1988). Hindsight bias: An interaction of automatic and motivational factors? *Memory & Cognition*, 16, 533—538.
- Henss, R. (1996). The attractiveness of prominent people. Unpublished manuscript, University of Saarbrücken, Saarbrücken, Germany.
- Herrnstein, R. J. (1961). Relative and absolute strength of response as a function of reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 4, 267—272.
- Herrnstein, R. J., & Vaughan, W., Jr. (1980). Melioration and behavioral allocation. In J. E. R. Staddon (Ed.), *Limits to action: The allocation of individual behavior* (pp. 143—176). New York: Academic Press.
- Hertwig, R. (1996). Temporal dynamics of hindsight bias: The effect of retention interval. Unpublished manuscript, Max Planck Institute for Psychological Research, Munich, Germany.
- Hertwig, R., & Chase, V. M. (1998). Many reasons or just one: How response mode affects reasoning in the Linda problem. *Thinking & Reasoning*, 4, 319—352.

- Hertwig, R., Gigerenzer, G., & Hoffrage, U. (1997). The reiteration effect in hindsight bias. *Psychological Review*, 104, 194—202.
- Hertz, J., Krogh, A., & Palmer, R. G. (1991). *Introduction to the theory of neural computation*. Redwood City, CA: Addison-Wesley.
- Hey, J. D. (1982). Search for rules for search. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 3, 65—81.
- Hey, J. D. (1987). Still searching. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 8, 137—144.
- Hintzman, D. L. (1984). MINERVA 2: A simulation model of human memory. *Behavior Research Methods, Instruments and Computers*, 16, 96—101.
- Hintzman, D. L. (1988). Judgments of frequency and recognition memory in a multiple-trace memory model. *Psychological Review*, 95, 528—551.
- Hirschfeld, L. A., & Gelman, S. A. (Eds.). (1994). *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Hock, H. S., Malcus, L., & Hasher, L. (1986). Frequency discrimination: Assessing global-level and element-level units in memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 12, 232—240.
- Hoffman, P. J. (1960). The paramorphic representation of clinical judgment. *Psychological Bulletin*, 57, 116—131.
- Hoffrage, U. (1995). *The adequacy of subjective confidence judgments: Studies concerning the theory of probabilistic mental models*. Doctoral thesis, University of Salzburg, Austria.
- Hoffrage, U., Hertwig, R., & Gigerenzer, G. (1999). *Hindsight bias: A by-product of knowledge updating?* Manuscript submitted for publication.
- Hoffrage, U., Martignon, L., & Hertwig, R. (1997, August). *Does judgment policy "capturing" really capture the policies?* Poster presented at the 16th conference on Subjective Probability, Utility and Decision Making, University of Leeds, Leeds, UK.
- Hogarth, R. M. (1981). Beyond discrete biases: Functional and dysfunctional aspects of judgmental heuristics. *Psychological Bulletin*, 90, 197—217.
- Hogarth, R. M. (1987). *Judgement and choice: The psychology of decision* (2nd ed.). Chichester, UK: Wiley.
- Hogarth, R. M., & Makridakis, S. (1981). Forecasting and planning: An evaluation. *Management Science*, 27, 115—138.
- Holmes, W. G., & Sherman, P. W. (1983). Kin recognition in animals. *American Scientist*, 71, 46—55.
- Holte, R. C. (1993). Very simple classification rules perform well on most commonly used datasets. *Machine Learning*, 3(11), 63—91.
- Holton, G. (1988). *Thematic origins of scientific thought* (2nd ed.). Cambridge, MA: Harvard University

380

- Press.
- Holyoak, K. J., & Spellman, B. A. (1993). Thinking. *Annual Review of Psychology*, 44, 265—315.
- Horsfall, J. A. (1984). Brood reduction and brood division in coots. *Animal Behaviour*, 32, 216—225.
- Hrdy, S. B., & Judge, D. S. (1993). Darwin and the puzzle of primogeniture. *Human Nature*, 4, 1—45.
- Huber, O. (1979). Nontransitive multi-dimensional preferences: Theoretical analysis of a model. *Theory and Decision*, 10, 147—165.
- Hume, D. (1975). *A treatise of human nature*. Oxford, UK: Clarendon Press. (Original work published 1739)
- Jacobs, L. R., & Shapiro, R. Y. (1996). Presidential manipulation of polls and public opinion: The Nixon administration and the pollsters. *Political Science Quarterly*, 110, 519—538.
- Jacoby, J., Jaccard, J. J., Currim, I., Kuss, A., Ansari, A., & Troutman, T. (1994). Tracing the impact of item-by-item information accessing on uncertainty reduction. *Journal of Consumer Research*, 21, 291—302.
- Jacoby, L. L., Kelley, C., Brown, J., & Jasechko, J. (1989). Becoming famous overnight: Limits on the ability to avoid unconscious influences of the past. *Journal of Personality and Social Psychology*, 56, 326—338.
- Jacoby, L. L., Woloshyn, V., & Kelley, C. (1989). Becoming famous without being recognized: Unconscious influences of memory produced by dividing attention. *Journal of Experimental Psychology*, 118, 115—125.
- James, M. (1985). *Classification algorithms*. New York: Wiley.
- Jameson, D., & Hurvich, L. M. (1959). Note on factors influencing the relation between stereoscopic acuity and observation distance. *Journal of the Optical Society of America*, 49, 639.
- Jensen, F. (1996). *An introduction to Bayesian networks*. London: UCL Press.
- Johnson, E. J., & Meyer, R. J. (1984). Compensatory choice models of noncompensatory processes: The effect of varying context. *Journal of Consumer Research*, 11, 528—541.
- Johnson, E. J., & Payne, J. W. (1985). Effort and accuracy in choice. *Management Science*, 31(4), 395—414.
- Johnson, E. J., Payne, J. W., Schkade, D. A., & Bettman, J. R. (1991). *Monitoring information processing and decisions: The mouselab system*. Unpublished manuscript, Center for Decision Studies, Fuqua School of Business, Duke University, Durham, NC.
- Johnson, M. K., Peterson, M. A., Yap, E. C., & Rose, P. M. (1989). Frequency judgments: The problem of defining a perceptual event. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15, 126—136.
- Johnson, M. K. & Sherman, S. J. (1990). Constructing and recon-

- structing the past and the future in the present. In T. Higgins & R. M. Sorrentino (Eds.), *Handbook of motivation and cognition: Foundations of social behavior* (Vol. 2, pp. 482—526). New York: Guilford Press.
- Johnson, M. P., & Raven, P. H. (1973). Species number and endemism: The Galapagos Archipelago revisited. *Science*, 179, 893—895.
- Johnstone, R. A. (1997). The tactics of mutual mate choice and competitive search. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 40(1), 51—59.
- Jonides, J., & Jones, C. M. (1992). Direct coding for frequency of occurrence. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18, 368—378.
- Julesz, B. (1971). *Foundations of cyclopean perception*. Chicago: University of Chicago Press.
- Juslin, P. (1993). An explanation of the hard-easy effect in studies of realism of confidence in one's general knowledge. *European Journal of Cognitive Psychology*, 5(1), 55—71.
- Kacelnik, A., Cotton, P. A., Stirling, L., & Wright, J. (1995). Food allocation among nestling starlings: Sibling competition and the scope of parental choice. *Proceedings of the Royal Society of London*, 259, 259—263.
- Kadlec, D. (1997, January 27). Why U. S. funds aren't up to par. *Time*, 32—33.
- Kagel, J. H., Battalio, R. C., & Green, L. (1995). *Economic choice theory*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Kahneman, D., Slovic, P., & Tversky, A. (1982). *Judgment under uncertainty: Heuristics and biases*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1979). Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica*, 47, 263—291.
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1982). On the study of statistical intuitions. *Cognition*, 11, 123—141.
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1996). On the reality of cognitive illusions: A reply to Gigerenzer's critique. *Psychological Review*, 103, 582—591.
- Kamil, A. C., & Roitblat, H. L. (1985). The ecology of foraging behavior: Implications for animal learning and memory. *Annual Review of Psychology*, 36, 141—169.
- Kass, R., & Raftery, A. (1995). Bayes factors. *Journal of the American Statistical Association*, 90 (430), 773—779.
- Keeney, R. L., & Raiffa, H. (1993). *Decisions with multiple objectives*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Kelley, H. H. (1967). Attribution theory in social psychology. In D. Levine (Ed.), *Nebraska symposium on motivation* (Vol. 15, pp. 192—238). Lincoln: University of Nebraska Press.
- Kerstholt, J. H. (1995). Decision making in a dynamic situation: The effect

- of false alarms and time pressure. *Journal of Behavioral Decision Making*, 8, 181—200.
- Klayman, J. (1985). Children's decision strategies and their adaptation to task characteristics. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 35, 179—201.
- Klayman, J., & Ha, Y. (1987). Confirmation, disconfirmation, and information in hypothesis testing. *Psychological Review*, 94, 211—228.
- Klein, G. (1998). *Sources of power: How people make decisions*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Kleinmuntz, D. N., & Kleinmuntz, B. (1981). Decision strategies in simulated environments. *Behavioral Science*, 26, 294—305.
- Koelliker, M., Richner, H., Werner, I., & Heeb, P. (1998). Begging signals and biparental care: Nestling choice between parental feeding locations. *Animal Behaviour*, 53, 215—222.
- Koestler, A. (1960). *The watershed: A biography of Johannes Kepler*. Garden City, NY: Anchor Books.
- Koriat, A. (1993). How do we know that we know? The accessibility model of the feeling of knowing. *Psychological Review*, 100, 609—639.
- Kozlowski, L., & Cutting, J. (1977). Recognizing the sex of a walker from a dynamic point-light display. *Perception and Psychophysics*, 21, 575—580.
- Krebs, J. R., & Davies, N. B. (1991). *Behavioural ecology: An evolutionary approach* (3rd ed.). Oxford, UK: Blackwell.
- Krebs, J. R., & Davies, N. B. (1997). *Behavioural ecology: An evolutionary approach* (4th ed.). Oxford, UK: Blackwell.
- Kreps, D. M. (1990). *A course in microeconomic theory*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Krüger, L., Gigerenzer, G., & Morgan, M. (Eds.). (1987). *The probabilistic revolution. Vol. II: Ideas in the sciences*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Kruschke, J. K. (1992). ALCOVE: An exemplar-based connectionist model of category learning. *Psychological Review*, 99, 22—44.
- Kusch, M. (1999). *Psychological knowledge: A social history and philosophy*. London: Routledge.
- Lacey, E. P., Real, L., Antonovics, J., & Heckel, D. G. (1983). Variance models in the study of life history. *American Naturalist*, 112, 114—131.
- Laplace, P. S. (1951). *A philosophical essay on probabilities*. (F. W. Truscott and F. L. Emory, Trans.). New York: Dover. (Original work published 1814)
- Legendre, G., Raymond, W., & Smolensky, P. (1993). Analytic typology of case marking and grammatical voice. *Proceedings of the Berkeley Linguistics Society*, 19, 464—478.
- Leibniz, G. W. (1951). Toward a universal characteristic. In P. P. Wiener (Ed.), *Leibniz: Selections* (pp. 17—25). New York: Scribner's Sons. (Original work published

- 1677)
- Leijonhufvud, A. (1996). Towards a not-too-rational macroeconomics. In D. Colander (Ed.), *Beyond micro-foundations: Post Walrasian macroeconomics* (pp. 39--56). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Leonard, M., & Horn, A. (1996). Provisioning rules in tree swallows. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 38, 341--347.
- Lichtenstein, S., Slovic, P., Fischhoff, B., Layman, M., & Combs, B. (1978). Judged frequency of lethal events. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 4, 551--578.
- Lippman, S. A., & McCall, J. J. (1976). Economics of job search: A survey. *Economic Inquiry*, 14(2), 155--189.
- Locke, J. (1959). *An essay concerning human understanding*. A. C. Fraser (Ed.). New York: Dover. (Original work published 1690)
- Loftus, E. F. (1997). Memory for a past that never was. *Current Directions in Psychological Science*, 6, 60--65.
- Lopes, L. L., & Oden, G. D. (1991). The rationality of intelligence. In E. Eels & T. Maruszewski (Eds.), *Poznan studies in the philosophy of the sciences and the humanities* (Vol. 21, pp. 225--249). Amsterdam: Rodopi.
- Lucas, R. E., Jr. (1980). *Studies in business cycle theory*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Luce, R. D. (1956). Semiorders and a theory of utility discrimination. *Econometrica*, 24, 178--191.
- Luce, R. D. (1995). Four tensions concerning mathematical modeling in psychology. *Annual Review of Psychology*, 46, 1--26.
- Luchins, A. S., & Luchins, E. H. (1994). The water jar experiments and Einstellung effects. Part II: Gestalt psychology and past experience. *Gestalt Theory*, 16, 205--270.
- Lynch, P. (1994). *Beating the street*. New York: Simon & Schuster.
- MacKay, D. (1995). Developments in probabilistic modelling with neural networks—ensemble learning. In B. Kappen & S. Gielen (Eds.), *Neural networks: Artificial intelligence and industrial applications* (pp. 191--198). Heidelberg: Springer Verlag.
- Makse, H. A., Havlin, B., & Stanley, H. E. (1995). Modelling urban growth patterns. *Nature*, 377, 608--612.
- Malacarne, G., Cucco, M., & Bertolo, E. (1994). Sibling competition in asynchronously hatched broods of the pallid swift (*Apus pallidus*). *Ethology, Ecology, and Evolution*, 6, 293--300.
- March, J. G., & Simon, H. A. (1993). *Organizations* (2nd ed.). Oxford, UK: Blackwell.
- Martignon, L., & Hoffrage, U. (1999). *Fast and frugal heuristics can be fit*. Manuscript submitted for publication.
- Martin, A., & Moon, P. (1992). Purchasing decisions, partial knowledge, and economic search: Experimental and simulation evidence. *Journal of*



- Behavioral Decision Making*, 5(4), 253—266.
- Martin, G. L., & Pittman, J. A. (1991). Recognizing handprinted letters and digits using backpropagation learning. *Neural Computation*, 3(2), 258—267.
- Martins, T. L. F., & Wright, J. (1993). Brood reduction in response to manipulated brood sizes in the common swift. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 32, 61—70.
- Massaro, D. W. (1988a). Ambiguity in perception and experimentation. *Journal of Experimental Psychology: General*, 117, 417—421.
- Massaro, D. W. (1988b). Some criticisms of connectionist models of human performance. *Journal of Memory and Language*, 27, 213—234.
- Maule, A. J. (1994). A componential investigation of the relation between structural modelling and cognitive accounts of human judgement. *Acta Psychologica*, 87, 199—216.
- Mazalov, V., Perrin, N., & Dombrovsky, Y. (1996). Adaptive search and information updating in sequential mate choice. *American Naturalist*, 148(1), 123—137.
- McAllister, D., Mitchell, T. R., & Beach, L. R. (1979). The contingency model for selection of decision strategies: An empirical test of the effects of significance, accountability, and reversability. *Organizational Behavior and Human Performance*, 24, 228—244.
- McBeath, M., Morikawa, K., & Kaiser, M. (1992). *Perceptual bias for forward-facing motion*. *Psychological Science*, 3(6), 362—367.
- McCarthy, J., & Hayes, P. J. (1969). Some philosophical problems from the standpoint of artificial intelligence. In B. Meltzer & D. Michie (Eds.), *Machine intelligence* (Vol. 4, pp. 463—502). Edinburgh, UK: Edinburgh University Press.
- McClelland, A. G. R., & Bolger, F. (1994). The calibration of subjective probabilities: Theories and models 1980—1994. In G. Wright & P. Ayton (Eds.), *Subjective probability* (pp. 453—482). Chichester, UK: Wiley.
- McCormick, J. (1987, August 17). The wisdom of Solomon. *Newsweek*, 24—25.
- McDonald, G. C., & Schwing, R. C. (1973). Instabilities of regression estimates relating air pollution to mortality. *Technometrics*, 15, 463—482.
- McGonigle, B., & Chalmers, M. (1992). Monkeys are rational. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 45B, 189—228.
- McKenna, P., & Warrington, E. K. (1980). Testing for nominal dysphasia. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 43, 781—788.
- McKenzie, C. R. M. (1994). The accuracy of intuitive judgment strategies: Covariation assessment and Bayesian inference. *Cognitive Psychology*, 26, 209—239.
- McRae, S. B., Weatherhead, P. J., & Montgomerie, R. (1993). American

- robin nestlings compete by jockeying for position. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 33, 101—106.
- Medin, D. L., & Schaffer, M. M. (1978). Context theory of classification learning. *Psychological Review*, 85, 207—238.
- Medin, D. L., Wattenmaker, W. D., & Michalski, R. S. (1987). Constraints and preferences in inductive learning: An experimental study of human and machine performance. *Cognitive Science*, 11, 299—339.
- Mellers, B. A., & Birnbaum, M. H. (1982). Loci of contextual effects in judgment. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 8, 582—601.
- Mellers, B. A., & Cooke, A. D. J. (1994). Trade-offs depend on attribute range. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 1055—1067.
- Merz, C. J., & Murphy, P. M. (1996). *UCI repository of machine learning databases* [http://www.ics.uci.edu/~mlcarn/MLRepository.html]. Irvine, CA: University of California, Department of Information and Computer Science.
- Metzger, A. (1975). *Gesetze des Sehens*. Heidelberg: Graupert Verlag.
- Michotte, A. (1950). The emotions regarded as functional connections. In M. L. Reymert (Ed.), *Feelings and emotions* (Mooseheart Symposium) (pp. 114—126). New York: McGraw-Hill.
- Michotte, A. (1963). *The perception of causality*. London: Methuen.
- Milinski, M., & Parker, G. A. (1991). Competition for resources. In J. R. Krebs & N. B. Davies (Eds.), *Behavioural ecology: An evolutionary approach* (3rd ed., pp. 137—168). Oxford, UK: Blackwell.
- Miller, C. S., & Laird, J. E. (1996). Accounting for graded performance within a discrete search framework. *Cognitive Science*, 20, 499—537.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity of processing information. *Psychological Review*, 63, 81—97.
- Miller, G. A., Galanter, E., & Pribram, K. H. (1960). *Plans and the structure of behavior*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Miller, G. F. (1998). How mate choice shaped human nature: A review of sexual selection and human evolution. In C. Crawford & D. Krebs (Eds.), *Handbook of evolutionary psychology: Ideas, issues, and applications* (pp. 87—129). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Miller, G. F., & Cliff, D. (1994). Pro-
tean behavior in dynamic games: Arguments for the coevolution of pursuit-evasion tactics in simulated robots. In D. Cliff, P. Husbands, J. -A. Meyer, & S. W. Wilson (Eds.), *From animals to animats 3: Proceedings of the Third International Conference on Simulation of Adaptive Behavior* (pp. 411—420). Cambridge, MA: MIT Press/Bradford Books.
- Miller, G. F., & Freyd, J. (1993). *The*

- interplay among evolutionary, cognitive, and behavioral dynamics*. Technical Report CSRP 290. University of Sussex, Brighton, UK; School of Cognitive and Computing Sciences (COGS).
- Miller, G. F., & Todd, P. M. (1998). Mate choice turns cognitive. *Trends in Cognitive Sciences*, 2, 190—198.
- Mises, R. von (1957). *Probability, statistics, and truth* (H. Geiringer, Trans.). London: Allen and Unwin.
- Mitchell, W. C. (1912). The backward art of spending money. *American Economic Review*, 2, 269—281.
- Mock, P. J., Khubesian, M., & Larcheveque, D. M. (1991). Energetics of growth and maturation in sympatric passerines that fledge at different ages. *Auk*, 108, 34—41.
- Mondloch, C. J. (1995). Chick hunger and begging affect parental allocation of feeding in pigeons. *Animal Behaviour*, 49, 601—613.
- Montgomery, H., Gärling, T., Lindberg, E., & Selart, M. (1990). Preference judgments and choice: Is the prominence effect due to information integration or information evaluation? In K. Borcharding, O. I. Larichev, & D. M. Messick (Eds.), *Contemporary issues in decision making* (pp. 149—157). Amsterdam: Elsevier-North Holland.
- Montgomery, H., & Svenson, O. (1989). A think aloud study of dominance structuring in decision processes. In H. Montgomery & O. Svenson (Eds.), *Process and structure in human decision making* (pp. 135—150). Chichester, UK: Wiley.
- Moore, J. A. (1975). *Total biochemical oxygen demand of animal manures*. Unpublished doctoral dissertation, University of Minnesota.
- Morton, F. B. (1995, February). Charting a school's course. *Chicago*, 86—95.
- Mosteller, F. (1987). *Fifty challenging problems in probability with solutions*. New York: Dover. (Reprint of the 1965 Addison-Wesley edition.)
- Muth, J. F. (1961). Rational expectations and the theory of price movement. *Econometrica*, 29, 315—335.
- Nagel, R. (1995). Unraveling in guessing games: An experimental study. *American Economic Review*, 85, 1313—1326.
- Narula, S. C., & Wellington, J. W. (1977). Prediction, linear regression, and minimum sum of relative errors. *Technometrics*, 19, 185—190.
- Newell, A. (1973). You can't play 20 questions with nature and win: Projective comments on the papers of this symposium. In W. G. Chase (Ed.), *Visual information processing* (pp. 283—308). New York: Academic Press.
- Newell, A., & Simon, H. A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Newton, I. (1978). Feeding and development of the sparrowhawk, *Accipiter nisus*, nestlings. *Journal of Zoology (London)*, 184, 465—487.
- Nisbett, R. E., & Wilson, T. D. (1977). Telling more than we can

know; Verbal reports on mental processes. *Psychological Review*, 35, 250- 256.

- Norman, D. A. (1993). *Things that make us smart: Defending human attributes in the age of the machine*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Nosofsky, R. M. (1986). Attention, similarity, and the identification-categorization relationship. *Journal of Experimental Psychology: General*, 115(1), 39—57.
- Nosofsky, R. M., Palmeri, T. J., & McKinley, S. C. (1994). Rule-plus-exception model of classification learning. *Psychological Review*, 101, 53—79.
- Oaksford, M., & Chater, N. (1994). A rational analysis of the selection task as optimal data selection. *Psychological Review*, 101, 608—631.
- Ochs, J. (1995). Coordination problems. In J. H. Kagel & A. E. Roth (Eds.), *Handbook of experimental economics* (pp. 195—252). Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Ostreiher, R. (1997). Food division in the Arabian babbler nest: Adult choice or nestling competition? *Behavioral Ecology*, 8, 233—238.
- Parducci, A. (1965). Category judgment: A range-frequency model. *Psychological Review*, 72, 407—418.
- Pascal, B. (1962). *Pensées*. Paris: Editions du Seuil. (Original work published 1669)
- Payne, J. W. (1976). Task complexity and contingent processing in decision making: An information search and
- Payne, J. W., Bettman, J. R., & Johnson, E. J. (1988). Adaptive strategy selection in decision making. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 14, 534—552.
- Payne, J. W., Bettman, J. R., & Johnson, E. J. (1990). The adaptive decision maker: Effort and accuracy in choice. In R. M. Hogarth (Ed.), *Insights in decision making: A tribute to Hillel J. Einhorn* (pp. 129—153). Chicago: University of Chicago Press.
- Payne, J. W., Bettman, J. R., & Johnson, E. J. (1993). *The adaptive decision maker*. New York: Cambridge University Press.
- Payne, J. W., Bettman, J. R., & Luce, M. F. (1996). When time is money: Decision behavior under opportunity-cost time pressure. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 66, 131—152.
- Payne, J. W., Braurnstein, M., & Carroll, J. (1978). Exploring predecisional behavior: An alternative approach to decision research. *Organizational Behavior and Human Performance*, 22, 17—44.
- Pearl, J. (1984). *Heuristics: Intelligent search strategies for computer problem solving*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Pearl, J. (1988). *Probabilistic reasoning in intelligent systems*. San Francisco: Morgan Kaufmann.

- Pearson, K. (1897). On the scientific measure of variability. *Natural Science*, 11, 115—118.
- Penrose, K. W., Nelson, A. G., & Fisher, A. G. (1985). Generalized body composition prediction equation for men using simple measurement techniques. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 17(2), 189.
- Persson, M. (1996). *Flexible and accurate reasoning with an exemplar-based algorithm: An examination of Gigerenzer and Goldstein (1996), based on a more realistic learning model*. Unpublished undergraduate thesis, Uppsala University, Uppsala, Sweden.
- Peterson, C. R., & Beach, L. R. (1967). Man as an intuitive statistician. *Psychological Bulletin*, 68, 29—46.
- Pfennig, D. W., Gamboa, G. J., Reeve, H. K., Reeve, J. S., & Ferguson, I. D. (1983). The mechanism of nestmate discrimination in social wasps. *Behavioral Ecology & Sociobiology*, 13, 299—305.
- Pinker, S. (1997). *How the mind works*. New York: Norton.
- Planck, M. (1958). Zur Theorie des Gesetzes der Energieverteilung im Normalspectrum. In M. Planck, *Physikalische Abhandlungen und Vorträge* (Vol. 1, pp. 698—706). Braunschweig, Germany: Vieweg.
- Polya, G. (1954). *Mathematics and plausible reasoning*. Vol. 1: *Induction and analogy in mathematics*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Pomiankowski, A. (1987). The costs of choice in sexual selection. *Journal of Theoretical Biology*, 128, 195—218.
- Popper, K. (1959). *The logic of scientific discovery*. London: Hutchinson.
- Posner, M. I., & Keele, S. W. (1968). On the genesis of abstract ideas. *Journal of Experimental Psychology*, 77(3), 353—363.
- Prahalad, C. K., & Hamel, G. (1990). The core competence of the corporation. *Harvard Business Review*, May-June, 79—91.
- Premack, D. (1990). The infant's theory of self-propelled objects. *Cognition*, 36, 1—16.
- Price, K., & Ydenberg, R. (1995). 388 Begging and provisioning in broods of asynchronously hatched yellow-headed blackbird nestlings. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 37, 201—208.
- Prince, A., & Smolensky, P. (1991). *Notes on connectionism and harmony theory in linguistics*. Technical Report No. CU - CS - 533 - 91. Boulder, CO: University of Colorado, Boulder, Department of Computer Science.
- Pringle, M., & Day, R. H. (1996). Modes of economizing behavior: Experimental evidence. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 29, 191—209.
- Quinlan, J. R. (1986). Induction of decision trees. *Machine Learning*, 1(1), 81—106.
- Quinlan, J. R. (1993). C4.5: *Programs*

- for machine learning. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann.
- Raimi, R. A. (1976). The first digit problem. *The American Mathematical Monthly*, 83, 521—538.
- Ramachandran, V. S. (1990). Interactions between motion, depth, color and form; The utilitarian theory of perception. In C. Blakemore (Ed.), *Vision: Coding and efficiency* (pp. 346—360). New York: Cambridge University Press.
- Ramanujam, V., & Venkatraman, N. (1984). An inventory and critique of strategy research using the PIMS database. *Academy of Management Review*, 9(1), 138—151.
- Ramsey, F. P. (1931). Truth and probability. In F. P. Ramsey (Ed.), *The foundations of mathematics and other logical essays* (pp. 156—198). London: Routledge & Kegan Paul.
- Rapoport, A., & Tversky, A. (1970). Choice behavior in an optional stopping task. *Organizational Behavior and Human Performance*, 5, 105—120.
- Ratcliff, R. (1978). A theory of memory retrieval. *Psychological Review*, 85, 59—108.
- Real, L. (1980). Fitness, uncertainty, and the role of diversification in evolution and behavior. *American Naturalist*, 115, 623—638.
- Redondo, T., & Castro, F. (1992). Signaling of nutritional need by magpie nestlings. *Ethology*, 92, 193—204.
- Reed, J. R. (1981). Song sparrow “rules” for feeding nestlings. *Auk*, 98, 828—831.
- Regier, T. (1996). *The human semantic potential: Spatial language and constrained connectionism*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Restle, F. (1961). *Psychology of judgment and choice*. New York: Wiley.
- Revusky, S. H., & Bedarf, E. W. (1967). Association of illness with prior ingestion of novel foods. *Science*, 155, 219—220.
- Reynolds, V. (1973). Ethology of social change. In C. Renfrew (Ed.), *The explanation of culture change: Models in prehistory* (pp. 467—480). Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
- Rice, J. A. (1995). *Mathematical statistics and data analysis* (2nd ed.). Belmont, CA: Duxbury Press.
- Ridley, M. (1993). *The red queen: Sex and the evolution of human nature*. London: Viking.
- Rimé, B., Boulanger, B., Laubin, P., Richir, M., & Stroobants, K. (1985). The perception of interpersonal emotions originated by patterns of movement. *Motivation and Emotion*, 9(3), 241—260.
- Rivest, R. J. (1987). Learning decision lists. *Machine Learning*, 2, 229—246.
- Rodkin, D. (1995, February). 10 keys for creating top high schools. *Chicago*, 78—85.
- Rosch, E. (1978). Principles of categorization. In E. Rosch & B. B. Lloyd (Eds.), *Cognition and categorization* (pp. 27—48). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

389

让我们更精明

- Roth, A. E., & Erev, I. (1995). Learning in extensive-form games: Experimental data and simple dynamic models in the intermediate term. *Games and Economic Behavior*, 8, 164-212.
- Roth, A. E., & Sotomayor, M. (1990). *Two-sided matching: A study in game-theoretic modeling and analysis*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Rozef, M. S., & Kinney, W. R. (1976). Capital market seasonality: The case of stock returns. *Journal of Financial Economics*, 3, 379-402.
- Rumelhart, D. E., & Todd, P. M. (1993). Learning and connectionist representations. In D. E. Meyer & S. Kornblum (Eds.), *Attention and performance XIV* (pp. 3-30). Cambridge, MA: MIT Press/Bradford Books.
- Runeson, S. (1977). On the possibility of "smart" perceptual mechanisms. *Scandinavian Journal of Psychology*, 18, 172-179.
- Runeson, S., & Costall, A. P. (1991). *The ecological concept of information versus the traditional notion of cue*. Unpublished manuscript.
- Russo, J. E., & Doshier, B. A. (1983). Strategies for multiattribute binary choice. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 9, 676-696.
- Ryden, O., & Bengtsson, H. (1980). Differential begging and locomotory behavior by early and late hatched nestlings affecting the distribution of food in asynchronously hatched broods of altricial birds. *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 53, 291-303.
- Saad, G., & Russo, J. E. (1996). Stopping criteria in sequential choice. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 67 (3), 258-270.
- Saffran, J. R., Aslin, R. N., & Newport, E. L. (1996). Statistical learning by 8-month-old infants. *Science*, 274, 1926-1928.
- Samuelson, L. (1997). *Evolutionary games and equilibrium selection*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Sandberg, J. S., Basso, M. J., & Okin, B. A. (1978). Winter rain and summer ozone: A predictive relationship. *Science*, 200, 1051-1054.
- Sargent, T. J. (1993). *Bounded rationality in macroeconomics*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Sauermann, H., & Selten, R. (1962). Anpassungstheorie der Unternehmung. *Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft*, 118, 577-597.
- Savage, L. J. (1954). *The foundations of statistics*. New York: Dover.
- Schacter, D. L. (Ed.). (1995). *Memory distortions: How minds, brains, and societies reconstruct the past*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Schacter, D. L., & Tulving, E. (1994). What are the memory systems of 1994? In D. L. Schacter & E. Tulving (Eds.), *Memory systems 1994* (pp. 1-38). Cambridge, MA: MIT Press.
- Schlosser, E. (1998, September 3).

- Fast-food nation. Part one: The true cost of America's diet. *Rolling Stone*, 58—117.
- Schmidt, F. L. (1971). The relative efficiency of regression and simple unit predictor weights in applied differential psychology. *Educational and Psychological Measurement*, 31, 699—714.
- Schmitt, M., & Martignon, L. (1999). *Improving the performance of Take the Best*. Technical Report. Graz, Austria: Institut für Informatik, University of Graz.
- Schonfield, D., & Robertson, B. (1966). Memory storage and aging. *Canadian Journal of Psychology*, 20, 228—236.
- Schwarz, N., Bless, H., Strack, F., Klumpp, G., Rittenauer-Schatka, H., & Simons, A. (1991). Ease of retrieval as information: Another look at the availability heuristic. *Journal of Personality and Social Psychology*, 61, 195—202.
- Sedlmeier, P., Hertwig, R., & Gigerenzer, G. (1998). Are judgments of the positional frequencies of letters systematically biased due to availability? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 24, 754—770.
- Selten, R. (1991). Evolution, learning, and economic behavior. *Games and Economic Behavior*, 3, 3—24.
- Selten, R. (1996). *Aspiration adaptation theory*. Discussion Paper No. B—389. Bonn, Germany: University of Bonn.
- Selten, R., & Buchta, J. (1994). *Experimental sealed bid first prize auctions with directly observed bid functions*. Discussion Paper No. B—270. Bonn, Germany: University of Bonn.
- Selten, R., & Stoecker, R. (1986). End behavior in sequences of finite Prisoner's Dilemma supergames: A learning theory approach. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 7, 47—70.
- Semenza, C., & Sgaramella, T. M. (1993). Production of proper names: A clinical case study of the effects of phonemic cueing. In G. Cohen & D. M. Burke (Eds.), *Memory for proper names* (pp. 265—280). Hove, UK: Erlbaum.
- Semenza, C., & Zettin, M. (1989). Evidence from aphasia for the role of proper names as pure referring expressions. *Nature*, 342, 678—679.
- Sen, A. (1993). Internal consistency of choice. *Econometrica*, 61, 495—521.
- Sethuraman, R., Cole, C., & Jain, D. (1994). Analyzing the effect of information format and task on cutoff search strategies. *Journal of Consumer Psychology*, 3(2), 103—136.
- Shannon, C. (1948). A mathematical theory of communication. *Bell Systems Technical Journal*, 27, 379—423, 623—656.
- Shanteau, J. (1988). Psychological characteristics and strategies of expert decision makers. *Acta Psychologica*, 68, 203—215.
- Shanteau, J. (1992). How much information does an expert use? Is it relevant?

- vant? *Acta Psychologica*, 81, 75—86.
- Sharpe, W. (1964). Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk. *Journal of Finance*, 19, 425—442.
- Shepard, R. N. (1961). Attention and the metric structure of the stimulus space. *Journal of Mathematical Psychology*, 1, 54—87.
- Shepard, R. N. (1967a). On subjectively optimum selections among multi-attribute alternatives. In W. Edwards & A. Tversky (Eds.), *Decision making* (pp. 257—283). Harmondsworth, UK: Penguin.
- Shepard, R. N. (1967b). Recognition memory for words, sentences, and pictures. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 6, 156—163.
- Shepard, R. N. (1990). *Mind sights*. New York: Freeman.
- Shields, M. D. (1983). Effects of information supply and demand on judgment accuracy: Evidence from corporate managers. *The Accounting Review*, 58, 284—303.
- Shleifer, A., & Summers, L. H. (1990). The noise trader approach to finance. *Journal of Economic Perspectives*, 4, 19—33.
- Simon, H. A. (1947). *Administrative behavior*. New York: Macmillan.
- Simon, H. A. (1955a). A behavioral model of rational choice. *Quarterly Journal of Economics*, 69, 99—118.
- Simon, H. A. (1955b). On a class of skew distribution functions. *Biometrika*, 42, 425—440.
- Simon, H. A. (1956a). Rational choice and the structure of environments. *Psychological Review*, 63, 129—138.
- Simon, H. A. (1956b). Dynamic programming under uncertainty with a quadratic criterion function. *Econometrica*, 24, 19—33.
- Simon, H. A. (1957). *Models of man: Social and rational*. New York: Wiley.
- Simon, H. A. (1959). Theories of decision-making in economics and behavioral science. *American Economic Review*, 49, 253—283.
- Simon, H. A. (1982). *Models of bounded rationality*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Simon, H. A. (1987). Rational decision making in business organizations. In L. Green & J. H. Kagel (Eds.), *Advances in behavioral economics* (Vol. 1, pp. 18—47). Norwood, NJ: Ablex.
- Simon, H. A. (1990). Invariants of human behavior. *Annual Review of Psychology*, 41, 1—19.
- Simon, H. A. (1991). Cognitive architectures and rational analysis: Comment. In K. VanLehn (Ed.), *Architectures for intelligence* (pp. 25—39). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Simon, H. A. (1996, February 19). Interview with Bruce Weber. A mean chess-playing computer tears at the meaning of thought. *New York Times*, pp. A1, A11.
- Simon, H. A., & Schaeffer, J. (1992). The game of chess. In R. J. Aumann & S. Hart (Eds.), *Handbook of*

- game theory (Vol. 1, pp. 1—17). Amsterdam; Elsevier.
- Skov, R. B., & Sherman, S. J. (1986). Information-gathering processes; Diagnosticity, hypothesis-confirmatory strategies, and perceived hypothesis confirmation. *Journal of Experimental Social Psychology*, 22, 93—121.
- Sloman, S. A. (1996). The empirical case for two systems of reasoning. *Psychological Bulletin*, 119, 3—22.
- Smith, A. (1937). *The wealth of nations*. New York; Modern Library.
- Smith, E. A. (1991). *Inujjuamiut foraging strategies: Evolutionary ecology of an Arctic hunting economy*. New York; de Gruyter.
- Smith, E. E., Patalano, A. L., & Jonides, J. (1998). Alternative strategies of categorization. *Cognition*, 65, 167—196.
- Smith, H. G., & Montgomerie, R. (1991). Nestling American robins compete with siblings by begging. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 29, 307—312.
- Smyth, A. H. (Ed.). (1907). *The writings of Benjamin Franklin*, Vol. 10. New York; Macmillan.
- Sober, E. (1975). *Simplicity*. Oxford, UK; Oxford University Press.
- Soros, G. (1994). *The theory of reflexivity*. New York; Soros Fund Management.
- Spelke, E. S., Phillips, A., & Woodward, A. L. (1995). Infants' knowledge of object motion and human action. In D. Sperber, D. Premack, & A. J. Premack (Eds.), *Causal cognition: A multidisciplinary debate* (pp. 44—78). Oxford, UK; Clarendon Press.
- Sperber, D., Cara F., & Girotto, V. (1995). Relevance theory explains the selection task. *Cognition*, 57, 31—95.
- Squire, L. R., Knowlton, B., & Musen, G. (1993). The structure and organization of memory. *Annual Review of Psychology*, 44, 453—495.
- Stamps, J., Clark, A., Kus, B., & Arrowood, P. (1985). Parent-offspring conflict in budgerigars. *Behaviour*, 94, 1—40.
- Standing, L. (1973). Learning 10,000 pictures. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 25, 207—222.
- Stephens, D. W., & Krebs, J. R. (1986). *Foraging theory*. Princeton, NJ; Princeton University Press.
- Stigler, G. J. (1961). The economics of information. *Journal of Political Economy*, 69, 213—225.
- Stigler, S. (1986). *The history of statistics*. Cambridge, MA; Harvard University Press/Bellknap Press.
- Sullivan, M. S. (1994). Mate choice as an information gathering process under time constraint: Implications for behaviour and signal design. *Animal Behaviour*, 47(1), 141—151.
- Sulloway, F. (1996). *Born to rebel: Birth order, family dynamics, and creative lives*. New York; Pantheon.
- Svenson, O. (1979). Process description of decision making. *Organizational Behavior and Human Performance*, 23, 86—112.

392

让我们更精明

- Svenson, O. (1992). Differentiation and consolidation theory of human decision making: A frame of reference for the study of pre- and post-decision processes. *Acta Psychologica*, 80, 143—168.
- Svenson, O., & Maule, A. J. (Eds.). (1993). *Time pressure and stress in human judgment and decision making*. New York: Plenum Press.
- Synodinos, N. E. (1986). Hindsight distortion: "I-knew-it-all-along" and I was sure about it. *Journal of Applied Social Psychology*, 16, 107—117.
- Tanner, W. P., Jr., & Swets, J. A. (1954). A decision-making theory of visual detection. *Psychological Review*, 61, 401—409.
- Tetlock, P. E. (1983). Accountability and complexity of thought. *Journal of Personality and Social Psychology*, 45, 74—83.
- Thaler, R. H. (1991). *Quasi rational economics*. New York: Russell Sage Foundation.
- Thaler, R. H. (1992). *The winner's curse: Paradoxes and anomalies of economic life*. New York: Free Press.
- Thaler, R. H. (Ed.). (1993). *Advances in behavioral finance*. New York: Russell Sage Foundation.
- Thoreau, H. (1960). *Walden*. New York: Signet. (Original work published 1854)
- Timmermans, D. (1993). The impact of task complexity on information use in multi-attribute decision making. *Journal of Behavioral Decision Making*, 6, 95—111.
- Todd, P. M. (1997). Searching for the next best mate. In R. Conte, R. Hegselmann, & P. Terna (Eds.), *Simulating social phenomena* (pp. 419—436). Berlin: Springer-Verlag.
- Todd, P. M., & Miller, G. F. (1993). Parental guidance suggested: How parental imprinting evolves through sexual selection as an adaptive learning mechanism. *Adaptive Behavior*, 2(1), 5—47.
- Todd, P. M., & Miller, G. F. (1997). Biodiversity through sexual selection. In C. G. Langton & K. Shimohara (Eds.), *Artificial Life V: Proceedings of the Fifth International Workshop on the Synthesis and Simulation of Living Systems* (pp. 289—299). Cambridge, MA: MIT Press/Bradford Books.
- Todd, P. M., & Wilson, S. W. (1993). Environmental structure and adaptive behavior from the ground up. In J.-A. Meyer, H. L. Roitblat, & S. W. Wilson (Eds.), *From animals to animats 2: Proceedings of the Second International Conference on Simulation of Adaptive Behavior* (pp. 11—20). Cambridge, MA: MIT Press/Bradford Books.
- Tooby, J., & Cosmides, L. (1990). The past explains the present: Emotional adaptations and the structure of ancestral environments. *Ethology and Sociobiology*, 11, 375—424.
- Tooby, J., & Cosmides, L. (1992). The psychological foundations of culture. In J. Barkow, L. Cosmides, &

- J. Tooby (Eds.), *The adapted mind: Evolutionary psychology and the generation of culture* (pp. 19—136). New York: Oxford University Press.
- Tooby, J., & Cosmides, L. (1998). *Ecological rationality and the multimodal mind*. Manuscript submitted for publication.
- Toscani, O. (1997). *Die Werbung ist ein lächelndes Aas*. Frankfurt: Fischer.
- Townsend, J. T., & Ashby, F. G. (1982). Experimental tests of contemporary mathematical models of visual letter recognition. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 8(6), 834—864.
- Trope, Y., & Bassok, M. (1982). Confirmatory and diagnosing strategies in social information gathering. *Journal of Personality and Social Behavior*, 43(1), 22—34.
- Tsotsos, J. K. (1991). Computational resources do constrain behavior. *Behavioral and Brain Sciences*, 14, 506.
- Tucker, W. (1987, September 25). Where do the homeless come from? *National Review*, 34—44.
- Tuddenham, R. D., & Snyder, M. M. (1954). Physical growth of California boys and girls from birth to age 18. *Calif. Publ. Child Develop.*, 1, 183—364.
- Tversky, A. (1972). Elimination by aspects: A theory of choice. *Psychological Review*, 79, 281—299.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1973). Availability: A heuristic for judging frequency and probability. *Cognitive Psychology*, 5, 207—232.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1974). Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. *Science*, 185, 1124—1131.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1981). The framing of decisions and the psychology of choice. *Science*, 211, 453—458.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1983). Extensional versus intuitive reasoning: The conjunction fallacy in probability judgment. *Psychological Review*, 90, 293—315.
- Upton, G., & Fingleton, B. (1985). *Spatial data analysis by example. Volume 1: Point pattern and quantitative data*. Chichester, UK: Wiley.
- Valone, T. J., Nordell, S. E., Giraldeau, L.-A., & Templeton, J. J. (1996). The empirical question of thresholds and mechanisms of mate choice. *Evolutionary Ecology*, 10(4), 447—455.
- Van Huyck, J., Battalio, R. C., Mathur, S., Van Huyck, P., & Ortmann, A. (1995). On the origin of conventions: Evidence from symmetric bargaining games. *International Journal of Game Theory*, 24, 187—212.
- Van Wallendael, L. R., & Guignard, Y. (1992). Diagnosticity, confidence, and the need for information. *Journal of Behavioral Decision Making*, 5, 23—37.
- Varey, C. A., Mellers, B. A., & Birnbaum, M. H. (1990). Judgments of proportions. *Journal of Experimental Psychology*, 119, 1—16.

- tal Psychology; Human Perception and Performance*, 16, 613—625.
- Vega-Redondo, F. (1996). *Evolution, games, and economic behavior*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- von Neumann, J., & Morgenstern, O. (1944). *Theory of games and economic behavior*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Vriend, N. J. (1996). Rational behavior and economic theory. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 29, 263—285.
- Waage, J. K. (1979). Foraging for patchily-distributed hosts by the parasitoid, *Nemeritis canescens*. *Journal of Animal Ecology*, 48, 353—371.
- Walberg, H. J., Strykowski, B. F., Rovai, E., & Hung, S. S. (1984). Exceptional performance. *Review of Educational Research*, 54, 87—112.
- Wald, A. (1947). *Sequential analysis*. New York: Wiley.
- Waldmann, N. R., & Martignon, L. (1998). A Bayesian network model of causal learning. In M. A. Gernsbacher & S. J. Derry (Eds.), *Proceedings of the Twentieth Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 1102—1107). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Wallsten, T. S. (1980). Processes and models to describe choice and inference behavior. In T. S. Wallsten (Ed.), *Cognitive processes in choice and decision behavior* (pp. 215—237). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Wallsten, T. S., & Barton, C. (1982). Processing probabilistic multidimensional information for decisions. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 8, 361—384.
- Wang, X. T. (1996a). Domain-specific rationality in human choices: Violations of utility axioms and social contexts. *Cognition*, 60, 31—63.
- Wang, X. T. (1996b). Framing effects: Dynamics and task domains. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 68, 145—157.
- Ward, D. (1992). The role of satisficing in foraging theory. *Oikos*, 63, 312—317.
- Warrington, E. K., & McCarthy, R. A. (1988). The fractionation of retrograde amnesia. *Brain and Cognition*, 7, 184—200.
- Wason, P. C. (1983). Realism and rationality in the selection task. In J. S. B. T. Evans (Ed.), *Thinking and reasoning: Psychological approaches* (pp. 44—75). London: Routledge & Kegan Paul.
- Wehner, R. (1997). Sensory systems and behaviour. In J. R. Krebs & N. B. Davies (Eds.), *Behavioural ecology: An evolutionary approach* (4th ed., pp. 19—41). Oxford, UK: Blackwell.
- Wehner, R., Michel, B., & Antonsen, P. (1996). Visual navigation in insects: Coupling of egocentric and geocentric information. *Journal of Experimental Biology*, 199, 129—140.
- Wehner, R., & Wehner, S. (1990). Insect navigation: Use of maps or Ariadne's thread? *Ethology, Ecology and Evolution*, 2, 27—48.
- Weibull, J. W. (1995). *Evolutionary*

- game theory. Cambridge, MA: MIT Press.
- Weisberg, S. (1985). *Applied linear regression*. New York: Wiley.
- Westenberg, M. R. M., & Koele, P. (1992). Response modes, decision processes and decision outcomes. *Acta Psychologica*, 80, 169—184.
- Wiegmann, D., Real, L. A., Capone, T. A., & Ellner, S. (1996). Some distinguishing features of models of search behavior and mate choice. *American Naturalist*, 147(2), 188—204.
- Wilcox, N. (1993). Lottery choice: Incentives, complexity and decision time. *Economic Journal*, 103, 1397—1417.
- Wilks, S. S. (1938). Weighting systems for linear functions of correlated variables when there is no dependent variable. *Psychometrika*, 3, 23—40.
- Williams, B. A. (1988). Reinforcement, choice, and response strength. In R. C. Atkinson, R. J. Herrnstein, G. Lindzey, & R. D. Luce (Eds.), *Stevens' handbook of experimental psychology* (Vol. 2, pp. 167—244). New York: Wiley.
- Williams, K. W., & Durso, F. T. (1986). Judging category frequency: Automaticity or availability? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 12, 387—396.
- Wilson, T. D., & Schooler, J. W. (1991). Thinking too much: Introspection can reduce the quality of preferences and decisions. *Journal of Personality and Social Psychology*, 60, 181—192.
- Wimsatt, W. C. (1987). False models as means to truer theories. In M. Nitecki & A. Hoffman (Eds.), *Neutral models in biology* (pp. 107—166). London: Oxford University Press.
- Wimsatt, W. C. (in press). *Re-engineering philosophy for limited beings: Piecewise approximations to reality*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Winter, S. G. (1975). Optimization and evolution in the theory of the firm. In R. H. Day & T. Groves (Eds.), *Adaptive economic models* (pp. 73—118). New York: Academic Press.
- Winterfeldt, D. von, & Edwards, W. (1973). *Costs and payoffs in perceptual research*. Unpublished manuscript, University of Michigan, Engineering Psychology Laboratory.
- Winterfeldt, D. von, & Edwards, W. (1986). *Decision analysis and behavioral research*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Woodley, W. L., Simpson, J., Biondini, R., & Berkeley, J. (1977). Rainfall results 1970—1975: Florida area cumulus experiment. *Science*, 195, 735—742.
- Wright, R. (1994). *The moral animal: Evolutionary psychology and everyday life*. New York: Pantheon.
- Wundt, W. (1973). *An introduction to psychology* (R. Pintner, Trans.). New York: Arno. (Original work published 1912)
- Yaniv, I., & Foster, D. P. (1995). Graininess of judgment under uncertainty: An accuracy-informativeness

396

让我们更精明

简捷启发式

- tradeoff. *Journal of Experimental Psychology: General*, 121, 424-432.
- Zacks, R. T., Hasher, L., & Hock, H. S. (1986). Inevitability and automaticity: A response to Fisk. *American Psychologist*, 41, 216-218.
- Zajonc, R. B. (1968). Attitudinal effects of mere exposure. *Journal of Personality and Social Psychology Monograph Supplement*, 9, 1-27.
- Zeigarnic, B. (1927). Das Behalten erledigter und unerledigter Handlungen [The retention of completed and uncompleted tasks]. In K. Lewin (Ed.), *Untersuchungen zur Handlungs und Affektpsychologie* [Psychological studies of action and effect]. *Psychologische Forschung*, 9, 1-85.
- Zipf, G. K. (1949). *Human behavior and the principle of least effort*. Cambridge, MA: Addison-Wesley.



人名索引

- Abrahams, M. V. ,338
 Abt, S. ,97
 Aeberhard, S. ,238,252
 Aho, A. V. ,332
 Alatalo, R. V. ,307
 Alba, J. W. ,143
 Albers, W. ,224- 225
 Alexander, R. M. ,338
 Allais, M. ,346
 Allison, T. ,100
 Ambady, N. ,14
 Anderson, J. R. ,6,7,8,195,220,236,240
 Anderson, N. H. ,84
 Andersson, M. ,262,263,289,290
 Ankney, C. D. ,322
 Ansari, A. ,244
 Antonovics, J. ,310
 Antonsen, P. ,340
 Arkes, H. R. ,212
 Arrow, K. J. ,345
 Arrowood, P. ,313,322
 Arthur, W. B. ,32,60
 Ashby, F. G. ,235,237—239,243
 Aslin, R. N. ,217
 Attneave, F. ,211n,232
 Ayton, P. ,43,214

 Barkow, J. H. ,290
 Barnes, V. E. ,83
 Barnett, S. A. ,40
 Baron, J. ,58
 Baron-Cohen, S. ,258,284
 Barsalou, L. W. ,212

 Bartlett, F. C. ,191,195,207—208
 Barton, C. ,164
 Basso, M. J. ,101
 Bassok, M. ,243
 Bateson, P. P. G. ,290,307 398
 Battalio, R. C. ,342n,349
 Bayes, T. ,171,188
 Baylor, G. W. ,330
 Beach, L. R. ,83,149,165,211n
 Beatty, J. ,5
 Becker, G. S. ,310,311
 Bedarf, E. W. ,40
 Benford, F. ,225n
 Ben Zur, H. ,164
 Bengtsson, H. ,322
 Berkeley, J. ,100
 Berretty, P. M. ,236
 Bertolo, E. ,322
 Best, L. B. ,323
 Bettman, J. R. ,23,26—27,30,58,82,90,
 107,111,140,146,147,149,150,157,
 164,165
 Beyth, R. ,193,199
 Bienenstock, E. ,19,129
 Biggs, S. F. ,149
 Billings, R. S. ,153,164—165
 Binmore, K. ,347
 Biondini, R. ,100
 Birnbaum, M. H. ,24,211n,232
 Bischof, W. F. ,25
 Bjork, R. A. ,195,201
 Bjurlin, C. ,322
 Bless, H. ,214

简捷启发式

- Blum, A. L. , 240
 Blythe, P. W. , 236, 250, 265
 Böckenholt, U. , 152n
 Bolger, F. , 82
 Boltzmann, L. , 170
 Boulanger, B. , 266
 Bourbaki, N. , 137
 Boyd, R. , 12
 Braitenberg, V. , 334—335
 Brase, G. L. , 216
 Braunstein, M. , 149
 Brehmer, A. , 84
 Brehmer, B. , 84, 154, 212
 Breiman, L. , 1—2, 91, 138, 227, 241
 Breznitz, S. , 164
 Brock, W. , 60
 Brooks, L. R. , 238
 Brooks, R. , 344
 Brooks, R. A. , 327, 329, 331, 334, 335
 Brown, J. , 38, 56
 Brown, N. R. , 210, 214, 229
 Bruno, N. , 121—122
 Brunswik, E. , 8, 15, 84, 97, 118, 122, 155, 201, 207—208, 212, 218, 279
 Bryant, D. M. , 322
 Buchta, J. , 350
 Buffet, W. , 59
 Bussemeyer, J. R. , 211n
 Bush, B. , 287
 Buss, D. M. , 92, 290
 Buzzell, R. , 71
 Campbell, D. T. , 194
 Campbell, J. D. , 194
 Capone, T. A. , 289
 Cara, F. , 91
 Carlson, A. , 307
 Carroll, J. , 149
 Castro, F. , 322
 Cervantes, M. de, 59
 Chalmers, M. , 14
 Charnov, E. L. , 340
 Chase, V. M. , 24, 164
 Chater, N. , 7, 92, 94, 231
 Chipman, H. , 129
 Christensen-Szalanski, J. J. J. , 83, 205
 Cicchetti, D. , 100
 Clark, A. B. , 313, 322
 Clemen, R. T. , 128, 171
 Cliff, D. , 262, 263
 Cohen, J. , 153
 Cole, C. , 307
 Combs, B. , 214, 232
 Conlisk, J. , 5, 7, 351
 Connolly, T. , 15
 Cooke, A. D. J. , 165
 Cooksey, R. W. , 154, 208
 Coomans, D. , 238, 252
 Cooper, G. , 175—177, 185
 Cootner, P. , 60
 Corbin, R. M. , 292
 Corrigan, B. , 106, 107
 Cosmides, L. , 12, 30, 31, 33, 216, 290, 333, 364
 Costall, A. P. , 122
 Cotton, P. A. , 322
 Cox, J. R. , 56—57
 Craik, F. I. M. , 38
 Crawford, V. P. , 349
 Cronin, H. , 290, 291
 Cucco, M. , 322
 Currim, J. , 244
 Cutting, J. , 260
 Cutting, J. E. , 121—122
 Czerlinski, J. , 112
 Darwin, C. , 4, 10—11, 14, 75, 259, 262, 263, 289
 Daston, L. J. , 2, 76, 170, 216
 Davies, N. B. , 75, 344

- Davis, F. D. , 14
 Davison, M. , 342
 Dawes, R. M. , 84, 87—90, 102—114, 117, 123—127, 133n, 135, 136, 144—145, 153, 154, 156
 Dawkins, R. , 337
 Day, R. H. , 351
 DeBondt, W. F. M. , 60
 Dedekind, R. , 137
 de Finetti, B. , 170
 Defoe, D. , 209—210
 de Groot, A. D. , 329
 de Vel, G. , 238, 252
 Deutsche Boerse, A. G. , 71
 DiFonzo, N. , 82
 Doherty, M. E. , 154, 208
 Doherty, M. L. , 165
 Dombrovsky, Y. , 289
 Domingos, P. , 240
 Doshier, B. A. , 149
 Doursat, E. , 19, 129
 Driver, P. M. , 15, 32, 263
 Dugatkin, L. A. , 31, 81, 122, 344
 Duncker, K. , 26, 80
 Durgin, F. , 261
 Durso, F. T. , 214
 Dykstra, C. R. , 313

 Edland, A. , 164
 Edwards, W. , 28, 107, 187—188
 Ehrenberg, A. S. C. , 107
 Eichenberger, R. , 290, 294, 300
 Einhorn, H. J. , 12, 82, 84, 106, 114, 153, 154, 164
 Einstein, A. , 25—26
 Ellner, S. , 289
 Ellsberg, D. , 346
 Emerson, R. W. , 257
 Elster, J. , 15
 Erev, J. , 349n

 Ericsson, K. A. , 149
 Estes, W. K. , 195, 212, 238
 Evans, J. St. B. T. , 14

 Fagen, R. , 260, 264
 Feigenbaum, E. A. , 239
 Ferguson, I. D. , 54
 Ferguson, T. S. , 287, 288, 293
 Ferson, S. , 195
 Fingleton, B. , 364
 Fischhoff, B. , 193, 194, 199, 214, 232
 Fishburn, P. C. , 82, 143
 Fisher, A. G. , 100
 Fisher, R. A. , 251
 Fiske, P. , 289
 Fobian Willham, C. , 205
 Forbes, M. R. L. , 322
 Ford, J. K. , 165
 Forsgren, E. , 289
 Forster, M. , 362
 Foster, D. P. , 225
 Franklin, B. , 75—76
 Fretwell, S. D. , 338
 Frey, B. S. , 290, 294, 300
 Freyd, J. , 261, 262
 Friedman, D. , 349n
 Friedman, J. H. , 3—5, 91, 138, 227, 241
 Friedman, N. , 129

 Galanter, E. , 79
 Gale, B. T. , 71
 Gale, D. , 290
 Galef, B. G. , Jr. , 31, 40
 Gamboa, G. J. , 54
 Garey, M. R. , 328
 Gärling, T. , 164
 Gauggel, S. , 199
 Gelman, R. , 261
 Gelman, S. A. , 363
 Geman, S. , 13, 129

- Gennari, J. H. , 241
 George, E. , 129
 Gibson, J. J. , 8, 260
 Gigerenzer, G. , 2—3, 12, 13, 16, 28, 39, 46—48, 52, 54, 57, 61, 82, 84, 86, 89, 91, 95, 97, 106, 111, 117, 119, 130—131n, 149, 170, 213n, 232, 250
 Gilani, N. , 15
 Gilbert, J. P. , 288, 292, 293, 296
 Gillet, C. , 100
 Ginzburg, L. R. , 195
 Giraldeau, L. -A. , 289
 Girotto, V. , 91
 Gode, D. K. , 352
 Godfray, H. C. J. , 311
 Godin, J. J. , 344
 Goldstein, D. , 39
 Goldstein, D. G. , 16, 24, 46—48, 52, 57, 61, 84, 86, 89, 95, 97, 106, 111, 117, 130, 186, 198, 250
 Goldszmit, M. , 129, 176, 178
 Gott, R. , 238, 239
 Gottlander, K. , 322, 323
 Gray, R. D. , 338
 Green, L. , 342n
 Green, R. F. , 340, 341, 351
 Greene, D. H. , 332
 Greig-Smith, p. , 322
 Griggs, R. A. , 56—57
 Groner, M. , 25
 Groner, R. , 25
 Grüneis, F. , 220n
 Guignard, Y. , 244
 Gulliksen, H. , 90
 Ha, Y. , 91
 Hamel, G. , 71
 Hamilton, W. R. , 192
 Hammond, K. R. , 15, 154, 155, 212
 Harrison, G. W. , 307
 Harsanyi, J. C. , 349
 Hartley, D. , 215—216
 Hasher, L. , 39, 211, 212, 214—215
 Hastie, R. , 193, 196, 201
 Haubensack, G. , 211n
 Havlin, B. , 220
 Hawkins, S. A. , 193, 196, 201
 Hayes, P. J. , 333
 Heckel, D. G. , 310
 Heeb, P. , 314, 322
 Heider, F. , 260, 261, 264, 266
 Hell, W. , 199
 Henss, R. , 99
 Herrnstein, R. J. , 342, 343n
 Herskovitz, E. , 175—177
 Hertwig, R. , 24, 156, 164, 196, 199, 204, 213n, 232
 Hertz, J. , 240
 Hey, J. D. , 291, 307
 Heywood, J. , 287
 Hintzman, D. L. , 195, 216
 Hirschfeld, L. A. , 363
 Hock, H. S. , 211, 215
 Hoffman, P. J. , 156
 Hoffrage, U. , 54, 55, 82, 84, 91, 123, 125, 126, 130, 149, 156, 171, 196, 197, 204, 212
 Hogarth, R. M. , 12, 58, 82, 84, 106, 107, 114, 153
 Holland, J. H. , 60
 Holmes, W. G. , 54
 Holte, R. C. , 27, 90, 139, 171, 241, 251—253
 Holton, G. , 25—26
 Holyoak, K. J. , 214
 Horn, A. , 322
 Horsfall, J. A. , 322
 Hrdy, S. B. , 323
 Huber, O. , 143
 Hufts, B. H. , 165
 Hume, D. , 211

- Humphries, D. A. ,15,32,263
 Hung, S. S. ,219
 Hurvich, L. M. ,122
 Hynan, L. S. ,152n

 Jaccard, J. J. ,244
 Jacobs, L. R. ,192
 Jacoby, J. ,244
 Jacoby, L. L. ,38,56
 Jain, D. ,307
 James, M. ,252
 Jameson, D. ,122
 Janson, C. ,195
 Jasechko, J. ,38,56
 Jensen, F. ,187
 Johnson, D. S. ,328
 Johnson, E. J. ,23,26—27,30,32,58,82,
 90,107,111,140,146,147,149,150,157,
 164,165
 Johnson, M. K. ,193,216
 Johnson, M. P. ,100
 Johnstone, R. A. ,289,307
 Jones, C. M. ,212
 Jonides, J. ,212,253
 Joyce, C. R. B. ,154,212
 Judge, D. S. ,323
 Julesz, B. ,122
 Juslin, P. ,82

 Kacelnik, A. ,322
 Kadlec, D. ,61
 Kagan, B. ,322
 Kagel, J. H. ,342n
 Kahneman, D. ,14,25,27,28,56,170,
 211n,213,214,216—218,346
 Kaiser, M. ,261
 Kalas, J. A. ,289
 Kamil, A. C. ,344
 Karasov, W. H. ,313
 Kasparov, G. ,329

 Kass, R. ,178
 Kaufman, L. ,261
 Keele, S. W. ,237n
 Keeney, R. L. ,82
 Kelley, C. ,38,56
 Kelley, H. H. ,16
 Kennedy, M. ,338
 Kepler, J. ,287—288,291
 Kerstholt, J. H. ,164
 Khubesian, M. ,313
 Kinney, W. R. ,60
 Kipling, R. ,169
 Klayman, J. ,91,166
 Klein, G. ,9,234
 Kleinbölting, H. ,82,84,91,197,212
 Kleinmuntz, B. ,107,154
 Kleinmuntz, D. N. ,107,154
 Klumpp, G. ,214
 Knowlton, B. ,38
 Knuth, D. E. ,332
 Koele, P. ,153,164
 Koelliker, M. ,314,322
 Koestler, A. ,287
 Koriat, A. ,57
 Kottemann, J. E. ,21
 Kozlowski, L. ,260
 Krebs, J. R. ,75,320,337,339,344
 Kreps, D. M. ,347
 Krogh, A. ,240
 Krüger, L. ,5,170
 Kruschke, J. K. ,238
 Kus, B. ,313,322
 Kusch, M. ,31
 Kuss, A. ,244

 Lacey, E. P. ,310
 Laird, J. E. ,237—239
 Lakonishok, J. ,60
 Langley, P. ,240
 Laplace, P. S. ,5,20,76

401

- Larcheveque, D. M. ,313
 Laubin, P. ,266
 Layman, M. ,214,232
 LeBaron, B. ,60
 Legendre, G. ,91
 Leibniz, G. W. ,29- 30
 Leijonhufvud, A. ,347,351
 Leonard, M. ,322
 Lichtenstein, S. ,214,232
 Lindberg, E. ,164
 Lippman, S. A. ,288
 Locke, J. ,5,75
 Loftus, E. ,191
 Lohse, G. L. ,21
 Lopes, L. L. ,213n
 Lucas, H. J. ,Jr. ,338
 Lucas, R. E. ,Jr. ,60
 Luce, M. F. ,23,164,165
 Luce, R. D. ,143,162
 Luchins, A. S. ,80
 Luchins, E. H. ,80
 Lundberg, A. ,307
 Lynch, P. ,62

 MacKay, D. ,129
 Maddox, W. T. ,237
 Makridakis, S. ,107
 Makse, H. A. ,220
 Malacarne, G. ,322
 Marcus, L. ,211
 Mall, M. ,199
 March, J. G. ,350
 Marcus, S. A. ,153,164,165
 Marmorstein, H. ,143
 Martignon, L. ,123,125,126,130,132,156,175
 Martin, A. ,289,291,306,307
 Martin, G. L. ,238
 Martins, T. L. F. ,322
 Massaro, D. W. ,13,122

 Mathur, S. ,349
 Maule, A. J. ,164
 Mazalov, V. ,289
 McAllister, D. ,165
 McBeath, M. ,261
 McCabe, K. A. ,307
 McCall, J. J. ,288
 McCarthy, D. ,342
 McCarthy, J. ,333
 McCarthy, R. A. ,37
 McClelland, A. G. R. ,82
 McCormick, J. ,27
 McCulloch, R. ,129
 McDonald, G. C. ,99
 McDowd, M. ,38
 McGonigle, B. ,14
 McKenna, P. ,40
 McKenzie, C. R. M. ,14
 McKinley, S. C. ,195,228,238,239
 McQuoid, L. M. ,40
 McRae, S. B. ,323
 Medin, D. L. ,195,236,238
 Meehl, P. ,107,112
 Mellers, B. A. ,24,165,211n,232
 Merz, C. J. ,139,251
 Metzger, A. ,121
 Michalski, R. S. ,236
 Michel, B. ,340
 Michotte, A. ,261,266
 Milinski, M. ,338
 Miller, C. S. ,237-239
 Miller, G. A. ,79,146,150
 Miller, G. F. ,250,261-265,290,293
 Milson, R. ,6
 Mises, R. von,170
 Mitchell, T. R. ,83,149,165
 Mitchell, W. C. ,347
 Mock, P. J. ,313
 Mondloch, C. J. ,322
 Montgomerie, R. ,323

- Montgomery, H. , 149, 164
 Moon, P. , 289, 291, 306, 307
 Moore, J. A. , 100
 Morgan, M. , 170
 Morgenstern, O. , 346
 Morikawa, K. , 261
 Morton, F. B. , 99, 102
 Mosteller, F. , 288, 292, 293, 296
 Müller, M. , 199
 Murphy, P. M. , 139, 251
 Murray, D. J. , 6, 13, 24, 28
 Musen, G. , 38
 Musha, T. , 220n
 Muth, J. F. , 60

 Nagel, R. , 350
 Nakahama, H. , 220n
 Nakao, M. , 220n
 Nakisa, R. , 94, 231
 Narula, S. C. , 99
 Nelson, A. G. , 100
 Newell, A. , 26
 Newport, E. L. , 217
 Newton, I. , 3, 323
 Nisbett, R. E. , 149
 Nordell, S. E. , 289
 Nosofsky, R. M. , 195, 228, 237—239, 251

 Oaksford, M. , 7, 92, 94, 231
 Occam, W. of, 119
 Ochs, J. , 349
 Oden, L. , 213n
 Okin, B. A. , 101
 Olshen, R. A. , 3—5, 91, 138, 227, 241
 Önkäl, D. , 43
 Ortmann, A. , 349
 Ostreicher, R. , 322

 Palmer, R. , 60
 Palmer, R. G. , 240

 Palmeri, T. J. , 195, 228, 238, 239
 Parducci, A. , 211n
 Parker, G. A. , 338
 Pascal, B. , 6
 Patalano, A. L. , 253
 Payne, J. W. , 15, 26—27, 30, 32, 58, 82, 90, 107, 111, 140, 146, 147, 149, 150, 152, 157, 164, 165
 Pazzani, M. , 240
 Pearl, J. , 173, 178, 332
 Pearson, K. , 12
 Penrose, K. W. , 100
 Perrin, N. , 289
 Persson, M. , 128n, 227
 Peterson, C. R. , 211n
 Peterson, M. A. , 216
 Pfennig, D. W. , 54
 Phillips, A. , 261
 Pinker, S. , 11
 Pittman, J. A. , 238
 Planck, M. , 170
 Polya, G. , 25, 26
 Pomiankowski, A. , 298
 Popper, K. , 362
 Porter, T. , 5
 Posner, M. I. , 237n
 Prahalad, C. K. , 71
 Premack, D. , 261
 Pribram, K. H. , 79
 Price, K. , 322
 Prince, A. , 91
 Pringle, M. , 351

 Quinlan, J. R. , 139, 241

 Raftery, A. , 178
 Raiffa, H. , 82
 Raimi, R. A. , 225n
 Ramachandran, V. S. , 363
 Ramanujam, V. , 71

403

简捷启发式

- Ramsey, F. P. , 346
 Rapoport, A. , 290—291, 307
 Ratcliff, R. , 195
 Raven, P. H. , 100
 Raymond, W. , 91
 Real, L. , 310
 Real, L. A. , 289
 Redington, M. , 94, 231
 Redondo, T. , 322
 Reed, J. R. , 323
 Reeve, H. K. , 54
 Reeve, J. S. , 54
 Reiger, T. , 11
 Restle, F. , 242
 Revusky, S. H. , 40
 Reynolds, V. , 219
 Rice, J. A. , 100
 Richerson, P. J. , 12
 Richir, M. , 266
 Richner, H. , 314, 322
 Richter, H. R. , 24
 Ridley, M. , 290
 Rimé, B. , 266
 Rittenauer-Schatka, H. , 214
 Rivest, R. J. , 27, 90, 171
 Robertson, B. , 38
 Rodkin, D. , 99, 102
 Roitblat, H. L. , 344
 Rosch, E. , 236
 Rose, P. M. , 216
 Rosenthal, R. , 14
 Rosman, A. J. , 149
 Roth, A. E. , 289, 306, 349n
 Rovai, E. , 219
 Rozef, M. S. , 60
 Rumelhart, D. E. , 11
 Runeson, S. , 122
 Russo, J. E. , 15, 149, 243
 Ryden, G. , 322
 Saad, G. , 15, 243
 Saffran, J. R. , 217
 Samuelson, L. , 349n
 Sandberg, J. S. , 101
 Sargent, T. J. , 6, 7
 Sauermann, H. , 347
 Savage, L. J. , 170, 186, 346
 Schacter, D. L. , 38, 191
 Schaeffer, J. , 329, 331
 Schaffer, M. M. , 195, 238
 Schechtman, S. L. , 165
 Scherer, L. L. , 165
 Schkade, D. A. , 149
 Schlosser, E. , 358
 Schmidt, F. L. , 114
 Schmitt, M. , 132
 Schmitt, N. , 165
 Schonfield, D. , 38
 Schooler, J. W. , 14
 Schooler, L. J. , 195, 220
 Schwarz, N. , 214
 Schwing, R. C. , 99
 Sedlmeier, P. , 213n, 232
 Selart, M. , 164
 Selten, R. , 9, 347, 349—351
 Semenza, C. , 40
 Sen, A. , 364
 Sergenian, G. K. , 149
 Sethuramen, R. , 307
 Sgaramella, T. M. , 40
 Shannon, C. , 125
 Shanteau, J. , 165—166
 Shapiro, R. Y. , 192
 Shapley, L. , 290
 Sharpe, W. , 60
 Shepard, R. N. , 8, 31, 39, 82, 141, 167, 209
 Sherman, P. W. , 54
 Sherman, S. J. , 193, 243
 Shields, M. D. , 165
 Shleifer, A. , 60

- Siegler, R. S. ,210,214,229
 Simmel, M. ,260,261,264,266
 Simon, H. A. , 8—9, 11, 26, 37, 75, 77, 149, 167, 207—208, 220, 239, 289, 322, 329—331,346,347,350,351,360
 Simons, A. ,214
 Simpson, J. ,100
 Skov, R. B. ,243
 Sloman, S. A. ,14
 Slovic, P. ,211n,214,232
 Smith, A. ,346
 Smith, E. A. ,210
 Smith, E. E. ,253
 Smith, H. G. ,323
 Smolensky, P. ,91
 Smyth, A. H. ,75
 Snyder, M. M. ,100
 Sober, E. ,362
 Soros, G. ,60
 Sotomayor, M. ,289,306
 Spelke, E. S. ,261
 Spellman, B. A. ,214
 Sperber, D. ,91
 Squire, L. R. ,38
 Stamps, J. ,313,322
 Standing, L. ,39—40
 Stanley, H. E. ,220
 Steinmann, D. G. ,212
 Stephens, D. W. ,320,337,339,344
 Steward, T. R. ,212
 Stigler, G. J. ,6,77
 Stigler, S. ,136,346
 Stirling, L. ,322
 Stoecker, R. ,350
 Stone, C. J. ,3—5,91,138,227,241
 Strack, F. ,214
 Stroobants, K. ,266
 Strykowski, B. F. ,219
 Sullivan, M. S. ,298
 Sulloway, F. ,324
 Sultan, R. ,71
 Summers, L. H. ,60
 Sunder, S. ,352
 Svenson, G. ,149,151,164
 Swets, J. A. ,16
 Swijtink, Z. ,5
 Synodinos, N. E. ,193
 Tanner, W. P. ,Jr. ,16
 Tatner, P. ,322
 Taylor, P. ,60
 Templeton, J. J. ,289
 Tesser, A. ,194
 Tetlock, P. E. ,165
 Thaler, R. H. ,27,60
 Thoreau, H. ,362
 Tiffany, D. ,99
 Timmermans, D. ,149,165
 Todd, P. M. ,11,236,250,262,265,290,293
 Tooby, J. ,12,30,31,33,216,290,333,364
 Toppino, T. ,39
 Toscani, O. ,56
 Townsend, J. T. ,243
 Trope, Y. ,243
 Troutman, T. ,244
 Tsotsos, J. K. ,327
 Tucker, W. ,99
 Tuddenham, R. D. ,100
 Tulving, E. ,38
 Tversky, A. ,14,25—28,56,90,143,170,211n,213,214,216,218,236,242,244,290—291,307,346
 Ullman, J. D. ,332
 Upton, G. ,364
 Valone, T. J. ,289
 Van Huyck, J. ,349

404

简捷启发式

Van Huyck, P. ,349
Van Wallendael, L. R. ,244
Varey, C. A. ,232
Vaughan, W. ,Jr. ,343n
Vega-Redondo, F. ,349n
Venkatraman, N. ,71
von Neumann, J. ,346
Vriend, N. J. ,6,345,346

Waage, J. K. ,341
Walberg, H. J. ,219
Wald, A. ,24
Waldmann, M. R. ,175
Wallsten, T. S. ,162,164
Wang, X. T. ,219
Ward, D. ,344
Warrington, E. K. ,37,40
Wason, P. C. ,14
Wattenmaker, W. D. ,236
Weatherhead, P. J. ,323
Wehner, R. ,336,339,340
Wehner, S. ,340
Weibull, J. W. ,349n
Weisberg, S. ,99—101
Wellington, J. W. ,99
Werner, I. ,314,322
Westenberg, M. R. M. ,153,164
Whiskin, E. E. ,40
White, D. J. ,31

Wiegmann, D. ,289
Wilcox, N. ,351
Wilks, S. S. ,90
Williams, B. A. ,342,343
Williams, K. W. ,214
Wilson, D. 5. ,322
Wilson, S. W. ,262
Wilson, T. D. ,14,149
Wimsatt, W. C. ,11,26
Winter, S. G. ,6
Winterfeldt, D. von, 107
Woloshyn, V. ,56
Woodley, W. L. ,100
Woodward, A. L. ,261
Wright, G. ,214,290
Wright, J. ,322
Wright, R. ,290
Wundt, W. ,357

Yamamoto, M. ,220n
Yaniv, I. ,225
Yap, E. C. ,216
Ydenberg, R. ,322

Zacks, R. T. ,211,212,214—215
Zajonc, R. B. ,38—39
Zeigarnic, B. ,195
Zettin, M. ,40
Zipf, G. K. ,219n—220n

405



主题索引

- ABC 研究方案(ABC research program), 15—25, 362—365
- 丰富信息(abundant information), 参见“环境结构”
- 可解释性(accountability), 165
- 准确性(accuracy), 4—5, 20—21, 89—91, 108, 215, 358—359, 亦可参见“匹配过当”; 各种启发式的“成绩”; “匹配不足”
- 拟合(fitting), 20, 102—106, 128, 183
- 可推论性(generalization), 92—94, 108—113, 183, 278, 282
- 在现实环境中的(in real-world environments), 21—22, 82—83, 90—91
- 适应性(adaptation), 17, 22, 30—31, 194, 216—218, 259, 335—336, 344
- 副产品(by-product of), 191, 194, 196, 204, 208
- 适应(性)目标(adaptive goal), 32, 218, 261—264, 307, 362—364
- 适应工具箱(adaptive toolbox), 29—33, 94—95, 141, 334, 357
- 青春期(adolescence), 即“配偶值学习期”(mate value learning period), 301—306
- 算法规则复杂性(algorithmic complexity), 参见“算法规则的复杂性”
- 健忘症(amnesia), 37—38
- 动物行为(animal behavior), 75, 261—264, 336—345, 亦可参见“蚂蚁定向能力”; “行为生态学”; “鸟(类)”; “古比鱼”; “老鼠”; “黄蜂”
- 机体性动作/animate motion), 参见“动作”
- 蚂蚁定向能力(ant navigation), 340

拟人论(anthropomorphism), 260—261, 266

人工智能(artificial intelligence), 23, 29, 171, 177, 328—335, 338, 354, 亦可参见“机器学习”

启发式(heuristics in), 328, 331—333

407

抱负水准(aspiration level), 13—14, 17, 289, 295, 300, 339, 351, 360, 亦可参见“满意性”

调整(adjustment of), 301, 304—306

注意(attention), 212, 215—216, 238—239, 241

男性魅力(attractiveness of men)(20 种环境资料), 99

女性魅力(attractiveness of women)(20 种环境资料), 99

属性(attribute), 参见“线索”

孤独症(autism), 284

自动编码(automatic encoding), 38, 211—212

可用性(availability), 27—28, 56—57, 213—215, 218

讨价博弈(bargaining game), 345, 348, 351

基础比率(base-rate), 28, 254, 273

贝叶斯模型(Bayesian models), 7, 77, 169, 172—181, 240—241, 亦可参见“朴素贝叶斯”

贝叶斯网络(Bayesian network), 76, 173—181, 184

成绩(效)(performance), 182—183

贝叶斯规则(Bayes's rule), 24, 176

讨食(begging), 311, 314—315, 323

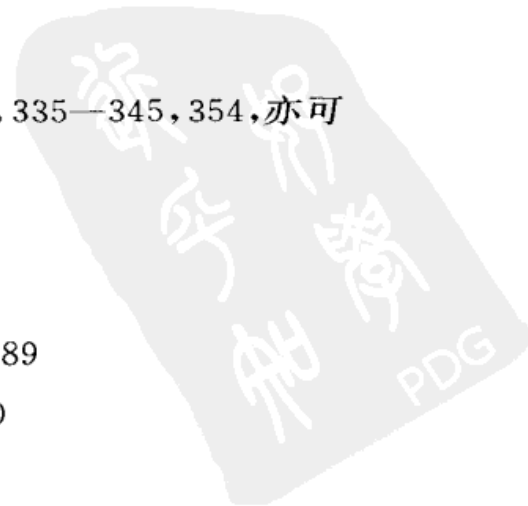
行为生态学(behavioral ecology), 310—312, 335—345, 354, 亦可参见“动物行为”

基准(benchmarks), 参见“标准”

Benford 法则(Benford's law), 225

N 中最佳搜索规则(best-of-N search rule), 289

物种差异(biodiversity)(20 种环境资料), 100



鸟(类)(birds), 235, 247, 311—314, 322—323, 亦可参见“鸽子”;
 “西方蓝鸫”
 出生顺序(birth order), 参见“父母投资”
 身体肥胖(body fat)(20 种环境资料), 100
 有限理性(bounded rationality), 5—7, 24, 75, 327—333, 339, 347,
 350—355, 360, 亦可参见“快速节俭启发式”; “满意性”
 形式(forms of), 7, 12—16
 在文献中术语的使用(use of terms in the literature), 12, 27,
 352—355
 脑损伤(brain damage), 38
 (启发式的)构筑块[building blocks (of heuristics)], 16—18, 25,
 31, 57, 94, 113, 129—134, 143—146, 237, 242, 357, 360
 决策规则(decision rule), 17, 24, 79—80, 143—146, 198, 224—
 225
 搜索规则(search rule), 16, 23—24, 143—146, 198, 223, 243
 终止规则(stopping rule), 16, 23—24, 77—79, 134—136, 143—
 146, 198, 224—225, 238, 243

 交通事故(car accidents)(20 种环境资料), 100
 归类(categorization), 23, 235—254, 272—276, 280—283, 359, 亦
 可参见“分类”
 范例模型(exemplar models), 77, 94, 238, 251—253
 记忆需求(memory requirements of), 239, 241, 246—247, 253
 借助于一条线索(by one cue) (1 - R 规则), 139, 241
 基于规则的模型(rule-based models), 239
 排除归类法(Categorization by Elimination, 即 CBE), 131, 184,
 236, 239, 244—254, 280—283, 359
 作为采纳最佳启发式的扩展(延伸)(as extension of Take The
 Best), 250

简捷启发式

- 流程图(flowchart), 248
- 例证(illustration of), 244—246, 280
- 成效(绩)(performance), 250—253, 279, 281—283
- 因果推断(causal inference), 24, 261
- 排除归类法(CBE, 即 Categorization by Elimination), 236
- 确定性(certainty), 6, 8—9, 52—53
- 国际象棋(chess), 12, 26, 329—333, 335
- 孩子(子女)(children), 参见“父母投资”
- 城市人口(city population)(20 种环境资料), 41, 45, 99, 102, 155
- 估计(estimation), 221—232
- 环境的结构(structure of environment), 84, 220—222, 225
- 作为双项选择领域(as two-alternative choice domain), 43, 45, 77—94, 99, 106, 109, 232
- 分类(classification), 4, 26, 241, 亦可参见“归类”
- 分类和回归树(classification and regression tree, 即 CART), 4, 90—91, 138, 241
- 分类树(classification tree), 4, 112, 137—139
- 采纳最佳(Take The Best as), 138
- 决断系数(coefficient of determination, 即 R^2), 参见“线性预测力”
- 认知局限性(cognitive limitations), 参见“限制” 408
- 连贯性(coherence), 参见“标准”
- 组合(可能性)的急剧膨胀(combinatorial explosion), 318—319, 329
- 通用货币(common currency), 15, 17, 亦可参见“矛盾规避策略”
- 比较(comparison), 参见“双项选择”
- 可代偿策略(compensatory strategy), 52, 83, 144—146, 153, 165—167, 282, 亦可参见“启发式”
- 算法规则的复杂性(complexity of algorithms), 146, 179—180, 183—186, 227, 240, 332

表(table), 184

可计算性(computability), 76, 171, 177, 180—181, 322, 327—328, 335, 亦可参见“组合(可能性)的急剧增加膨胀”

计算模型(computational models), 16—18, 28—29, 191

信心(confidence), 193, 196—200, 202—204, 207

规避矛盾策略(conflict-avoiding strategy), 57—58, 81—82, 224, 亦可参见“启发式”; “不可代偿性”; “不可比性”

混淆矩阵(confusion matrix), 273, 275

联结主义(connectionism), 参见“神经网络”

一致性(consistency), 18, 364, 参见“标准”

限制(constraints), 10—12, 147, 337—338

有限(的)计算能量(limited computational capacity), 166, 347, 355

有限(的)知识(limited knowledge), 39—41, 44—49, 58, 63—65, 78—93, 187, 230

有限(的)记忆(limited memory), 146, 150, 191

有限(的)时间(limited time), 147, 164, 166, 279, 337, 亦可参见“时间紧迫性”

消费者搜索(consumer search), 62, 288, 291

意外猎物模型(contingency prey model), 210, 亦可参见“最优化觅食理论”

合作博弈(coordination game), 262, 349

对应性(correspondence), 参见“标准”

代价—收益分析(cost-benefit analysis), 16, 31, 146—147, 198, 254, 351, 363, 亦可参见“权衡”

追求(courtship), 262—263, 266—267, 269, 272—276, 287

奶牛耗氧量(cow manure)(20种环境资料), 100

交叉验证(cross-validation), 106—108, 111, 114—116, 364, 亦可参见“可推论性”

简捷启发式

线索(cue), 78—79, 212—213, 亦可参见“动作”

区段(bins), 245—247

内部相关(intercorrelation), 90, 114, 116, 165, 173, 176—177, 279

学习(learning), 92—94, 212, 亦可参见“可推论性”

顺序(order), 80—81, 92, 112—113, 129—134, 198, 223—228, 238—239, 242—244, 249, 280—281

配置(profile), 120, 123—125, 173, 227—228

相关的(relational), 197—199, 274—275, 277—278

搜索(search), 参见“构筑块”

效度(validity), 80—81, 92, 141—145, 148, 198, 212, 亦可参见“效度测定”

资料拟合(data fitting), 参见“准确性”

达维斯规则(Dawes's rule), 86—90, 106—115, 123—129, 133, 135—136, 140, 143—145, 153—154, 156, 160, 176, 184, 208, 250, 279, 281

定义(界定)definition, 84, 102, 143

成绩(成效)performance, 87—89, 103—106, 123—128, 158—159, 161

简略版(truncated version), 112

达克斯指数(DAX), 62, 65—67, 70, 亦可参见“股票”

撤职(decapitation), 293

决策—分界理论(decision-bound theory)(categorization), 239

决策表(decision list), 171

决策规则(decision rule), 参见“构筑块”

决策树(decision tree), 3—5, 179—180, 240—241, 亦可参见“分类树”

深蓝(Deep Blue), 329, 331—332, 亦可参见“国际象棋”

延缓接受搜索程序(deferred acceptance search procedure), 290
 神灵(demons), 5—12, 33, 77, 172—173, 328, 331, 333—335, 344,
 352, 亦可参见“拉普拉斯超级神灵”
 深度知觉(depth perception), 121—122
 区分率(discrimination rate), 123, 125, 136
 定义(界定)(definition), 84—85
 离婚(divorce), 290
 具体(特定)领域(domain specificity), 18—19, 31—32, 41, 211,
 328, 333—336, 340, 357, 363
 道琼斯指数(Dow Jones), 62, 65—67, 70, 亦可参见“股票” 409
 嫁妆问题(dowry problem), 292—295, 亦可参见“秘书问题”;
 “37%规则”
 双过程理论(dual process theories), 20
 动态决策模型(dynamic decision models), 283

 生态相关(ecological correlation), 42, 55—56, 218, 亦可参见“效度
 测定”
 生态理性(ecological rationality), 5, 13, 18—25, 90—92, 119, 328,
 335, 339—341, 364
 特定(特殊)启发式的(of specific heuristics), 123, 136, 225, 283,
 360—361
 生态效度(ecological validity), 参见“效度测定”
 经济学(economics), 59—72, 288—289, 309—311, 345—352, 365
 实验(experimental), 349—350
 可教的博弈理论(educative game theory), 347—348
 高效市场假说(efficient market hypothesis), 60, 68
 努力—准确性框架(effort-accuracy framework), 83, 146—147, 亦
 可参见“权衡”
 选举(elections), 192, 193

简捷启发式

逐项排除(Elimination by Aspects, 即 EBA), 26, 90, 143—146, 153—154, 158—161, 242, 249

排除模型(elimination models), 242—244, 359, 亦可参见“排除归类法”; “逐项排除规则”; “最快者启发式”

具体(化)(embodiment), 329, 334, 亦可参见“机器人技术”

情绪(emotions), 31—32, 308, 亦可参见“爱”

作为终止机制(as stopping mechanisms), 31, 363

启蒙运动(Enlightenment), 29, 169—170

环境(enviromnent), 12, 18, 21—22, 113—114, 361

环境结构(environment structure), 12—16, 19, 91, 113—117, 120—127, 262, 307, 311—313, 323, 361, 364

丰富信息(abundant information), 126—127, 232

J形分布(J-shaped distribution), 218—221, 225, 361

不可代偿信息(noncompensatory information), 120—124, 361

贫乏信息(scarce information), 124—126, 230, 361

均衡点[equilibria (game theory)], 289—290, 348—349

估计(estimation), 113, 164, 209—234, 亦可参见“最快者启发式”

树(tree), 184, 227—234

逃跑(evasion), 262—263, 266—268, 273—276

进化(evolution), 19, 92, 218—219, 261—264, 290, 亦可参见“适应(性)”

进化心理学(evolutionary psychology), 290, 310—312, 364

进化的博弈理论(evoluteive game theory), 347—350

范例模型(exemplar model), 128, 184, 195, 227, 231, 238, 亦可参见“归类”

预期效用(益)理论(expected utility theory), 7, 9, 17, 77, 157, 345—347, 亦可参见“标准”

专家(experts), 62—70, 165—166, 330—331

足协杯(F. A. Cup), 43
 谬误(fallacies), 21, 25, 27, 213
 真伪易辨性(falsifiability), 362
 熟悉性(familiarity), 38, 56—57
 快速节俭启发式(fast and frugal heuristics), 7, 14—18, 57—58,
 191, 236, 259, 280—282, 330, 332, 334, 339, 344, 350, 358—
 360, 亦可参见“个别启发式样列表”
 特征(feature), 参见“线索”
 反馈(feedback), 148, 196—197, 199—207, 281, 304—306
 喂养策略(feeding strategy), 参见“父母投资”
 知晓感(feeling of knowing), 57
 争斗(fighting), 75, 263, 266—267, 270, 273—276
 消防(队)员(firefighters), 13—14
 鱼类生殖力(fish fertility)(20 种环境资料), 100, 115
 适当载体(fitness affordance), 261—263
 拟合(fitting), 参见“准确性”
 极限平铺(flat maximum), 90—91, 107, 296
 觅食(foraging), 13, 264, 336—344
 狩猎-采集(hunter-gatherer), 210
 遗忘(forgetting), 参见“记忆”
 构架问题(frame problem), 333
 富兰克林规则(Franklin's rule), 26—27, 76, 81, 126—127, 130,
 143—144, 146, 154, 157—161, 184, 208, 250, 279, 281
 定义(界定)(definition), 76, 83—84, 143
 成绩(成效)(performance), 87—89, 158—159, 161
 (事件的)频率[frequency(of events)], 211—217
 节俭性(信息使用)[frugality (information use)], 22, 87—89,
 103—105, 146, 157, 160, 228—229, 251—253, 282—283,
 330—331, 亦可参见“快速节俭启发式”

410

让我们更精明

简捷启发式

燃料消耗(fuel consumption)(20 种环境资料),100

博弈理论(game theory),289—290,347—352

可推论性(generalization),19—20,92—94,103—106,108—113,
128—129,173,236,364,亦可参见“准确性”;“交叉验证”;“匹
配过当”;“耐用性”;“匹配不足”

概化场合模型[generalized context model(categorization)],238,
251

德国城市(German cities),参见“城市人口”

格式塔心理学(Gestalt psychology),26,80

上帝(God),6—9,29,75

好特征策略(good features strategy),143—145,157—161

Goodman-Kruskal 等级相关(Goodman-Kruskal rank correla-
tion),参见“效度测定”

猜谜游戏(guessing game),350—351

古比鱼[guppies (mate choice in)],31,81—82,122

心脏病(heart attack),3,91

启发式规则(heuristic principles),参见“构筑块”

启发式搜索(heuristic search),331—333,亦可参见“构筑块”

启发式(heuristics),31,142—143,198,291,328,332,351,亦可参
见“个别启发式列表”;“快速节俭启发式”

可代偿性(compensatory),144—148,153,281

历史(history of),25—29

嵌入(nesting of),17,33

不可代偿性(noncompensatory),144—145,151—153,157,281

选择(selection of),32—33,186,364

启发式—偏差方案(heuristics-and-biases program),27—29,
217—218

高中失学率(high school dropout rates)(20 种环境资料),98—99,
102—104,106,109—110
事后通偏向(hindsight bias),191—194,196—197,199—204,
207—208
作为记忆更新的副产品(as by-product of memory updating),
191,196,201,204,208
与公众测验(and public polling),192—193
逆转的(reversed),202—203,207
无家可归者(homelessness)(20 种环境资料),99
人类经济学(homo economicus),327
房屋价格(house prices)(20 种环境资料),99

ID3 决策树(ID3 decision tree),241,亦可参见“决策树”
理想化自由分布(ideal free distribution),参见“觅食策略”
基于无知的决策制定(ignorance-based decision making),57—59,
61—62,71,358,亦可参见“再认启发式”
模仿(imitation),31—32,亦可参见“古比鱼”;“学习”;“社会信息
迁移”
不可比性(incommensurability),15,亦可参见“通用货币”
(线索的)独立性[independence (of cues)],参见“线索”;“内部
相关”
推断(inference),23,196,201,207—208,259
信息搜索(information search),参见“搜索”
遗产[inheritance(human wealth)],323—324
信息(的)整合(integration of information),24,52,84,144,167,
238,亦可参见“可代偿策略”
意图(intentions),236,250,257—261
动作线索(motion cues of),276—280
不可处理性(intractability),参见“可计算性”

简捷启发式

不可传递性(intransitivity), 22, 83, 亦可参见“最少化启发式”; “可传递性”

投资(investment), 59—72, 352, 亦可参见“父母投资”; “股票”

鸢尾花类别[iris(flower) categorization], 251—253

非理性(不合理性)(irrationality), 27, 33, 346, 365

J-形分布(J-shaped distribution), 参见“环境结构”

工作搜索(job search), 288

最小可觉差(just noticeable difference), 111, 143

肯德尔 τ (Kendall's τ), 参见“效度测定”

早知如此效应(knew-it-all-along effect), 106, 117, 193, 亦可参见“事后通偏向”

知识(knowledge), 87, 191, 195, 197—198, 201—206

缺乏(欠缺)(lack of), 38, 41, 43, 57—59, 61, 71, 282, 358

错失[missing(limited)], 参见“限制”; “有限知识”

411

更新(updating), 191, 195—196, 200—202, 204, 206—208

知识效度(knowledge validity), 参见“效度测定”

地租价格[land rent prices (20 种环境资料)], 99

Landau 效标[Landau's criterion ($O(\quad)$)], 184—185, 亦可参见“算法规则复杂性”

拉普拉斯(的)超级神灵(Laplace's superintelligence), 8—10, 20, 33, 172, 191

普通人(laypeople), 参见“新手(初学者)”

学习(learning), 47—52, 92—94, 194, 230—231, 240, 272, 亦可参见“可推论性”; “机器学习”

动物(animal), 341—343

在贝叶斯网络中(in Bayesian networks), 176—178

语言(language), 216—217
在配偶搜索中(in mate search), 304—306
方向学习理论(learning direction theory), 350
少即多效应(less-is-more effect), 38, 40, 45—49, 52—54, 57, 89, 358
字母识别(letter recognition), 243
词典编纂策略(lexicographic strategy), 26, 82, 90, 111, 122, 129, 132—134, 137, 352—354
词典编纂(LEX), 143—146, 152—162, 166—167
词典编纂附加规则(LEX-ADD), 143—145, 153, 158—161
半词典编纂规则(LEX-Semi), 143—146, 153—154, 157—161
线性模型(linear model), 84, 87, 90, 122—123, 136—137, 154—156, 281—282, 亦可参见“达维斯规则”; “富兰克林规则”; “多元线性回归”
线性预测力[linear predictability (R^2)], 114—115
线性回归(linear regression), 参见“多元线性回归”
局部概率表[local probability table (LPT)], 175—176, 178, 亦可参见“贝叶斯网络”
逻辑(logic), 21—22, 25, 357
逻辑回归(logistic regression), 172
爱(love), 31, 292, 308, 363

机器学习(machine learning), 26—27, 90, 138—139, 171, 237—238, 240, 251, 亦可参见“人工智能”
哺乳动物睡眠(mammals' sleep)(20种环境资料), 100
Mann-Whitney 测验(Mann-Whitney test), 130
边缘值定理(marginal value theorem), 340—341, 351, 亦可参见“觅食”
标识范围(Markov blanket), 178—179, 亦可参见“贝叶斯网络”

简捷启发式

- 婚姻(结婚)(marriage), 7—15, 287, 294
- 匹配法则(matching law), 341—343
- 配偶选择(mate choice), 31, 81—82, 263, 288, 290, 292, 307, 308, 344, 亦可参见“古比鱼”; “性选择”; “社会信息迁移”
- 配偶搜索(mate search), 287—308, 360—361, 亦可参见“爱”; “搜索”
- 持续时间(duration), 294, 298
- 互动(双向)[mutual(two-sided)], 289—290, 292, 300—306
- 单向(one-sided), 292—300
- 偏好(preferences), 307
- 拒绝(rejection), 300, 304—306
- 风险规避(risk averse), 297
- 配偶值(mate value), 392
- 分布(distribution of), 290, 292, 307
- 了解个人自身的(learning one's own), 291—292, 303—306
- 最大化(maximizing), 293, 295—297
- MATER I, II, 330, 亦可参见“国际象棋”
- 预期效用(益)最大化(maximization of expected utility), 参见“预期效益理论”
- 媒介(体)(mediator), 42
- 记忆(memory), 80, 195, 199, 亦可参见“事后通偏向”; “工作记忆”
- 容量(能量, 能力)(capacity), 39—40, 146, 191, 203
- 歪曲(失真)(distortion), 191, 193
- 情景(episodic), 201
- 遗忘(forgotten), 191, 195
- 丧失(loss), 191
- 提取(retrieval), 191, 195—196, 199, 202
- 搜索(search), 参见“构筑块”
- 语义(semantic), 201



- 痕迹(trace), 195, 196
- 心理模型(mental models), 213, 327, 334, 亦可参见“概率心理模型”
- 密涅瓦第二[MINERVA 2(记忆模型)], 216
- 最少化启发式(Minimalist heuristic), 22, 79—94, 101, 132, 184
- 定义(界定)(definition), 79—80
- 成绩(成效)(performance), 87—88, 92—94, 103—106, 108—111
- 混合策略(mixed strategy), 348—349, 亦可参见“游戏理论” 412
- 道德决策代数学(moral algebra), 75—76, 81, 84, 参见“富兰克林规则”
- 道德(的)(morality), 6, 33, 76
- 死亡率(mortality)(20种环境资料), 99
- (运动)动作(motion), 257—272
- 线索(cues), 257—261, 274—280
- 知觉(perception), 260—261, 265
- 轨迹(trjectories), 250, 264—272, 276, 278—279
- 基于……的图灵测试(Turing test based on), 148—153, 283—284
- 探测实验(Mouselab), 148—153
- 多元线性回归(multiple linear regression), 20, 76—77, 84, 86—89, 92—94, 101, 103—118, 123—126, 135—136, 154—156, 172, 184, 227—234, 352—353
- 蘑菇归类(mushroom categorization), 251—253
- 互助基金(mutual fund), 59—61, 67—68, 70, 72, 亦可参见“股票”
- 朴素贝叶斯(naive Bayes), 173—176, 183—184, 208, 240—241, 亦可参见“贝叶斯模型”
- 成绩(成效)(performance), 182—183

简捷启发式

- 纳什均衡点(Nash equilibrium), 348—350, 亦可参见“均衡点”
- 自然选择(natural selection), 261, 335, 339, 亦可参见“进化”
- 恐新倾向(neophobia), 40
- 神经网络(neural network), 18, 20, 94, 184, 240, 250—253, 278, 281—283
- 不可代偿信息(noncompensatory information), 参见“环境结构”
- 不可代偿策略(noncompensatory strategy), 81—83, 90—91, 121—123, 144—147, 151—153, 164—167, 224, 246, 334, 亦可参见“环境结构”; “启发式”; “不可比性”
- 标准(规范)(norms), 28—29, 82—83, 170—172, 307, 346—347, 357, 亦可参见“逻辑”; “成绩效标”; “合理性”; “社会规范”
- 连贯性(coherence), 18, 21—22, 28—29, 82, 362, 364
- 对应性(correspondence), 18, 22, 28—29, 364
- 评价特定启发式的(for evaluating specific heuristics), 59, 68, 84, 128, 172, 227, 314
- 新手(novices), 62—70, 165—166
- 非多项式可完成的(NP-completeness), 132, 185, 328, 亦可参见“算法规则复杂性”
- 18岁时的胖瘦情况(obesity at age 18)(20种环境资料), 100
- (目标)对象搜索(object search), 参见“搜索”
- 奥坎氏简化论(Occam's Razor), 119, 128, 178
- 单一弹性搜索规则(one-bounce search rule), 291
- 单一理由决策制定(one-reason decision making), 15, 17, 58, 79, 81—82, 90, 112, 117—118, 145, 358
- 失去良机的代价(opportunity costs), 11, 164, 336
- 最优化觅食理论(optimal foraging theory), 327, 337, 亦可参见“觅食”
- 理想化自由分布(ideal free distribution), 338

- 最优化理论(optimal theory), 29, 91
- 最优化(optimization), 10—13, 15, 22, 33, 81, 107, 112, 132—134, 336, 337—339
- 受限制条件下的最优化(optimization under constraints), 7, 10
12, 15, 27, 241, 289, 318—322, 338—339, 346, 354, 参见“神灵”
- 组织行为理论(organization theory), 350—351
- 结果取向的实验方法(outcome-oriented experimental approach), 142, 154—165, 亦可参见“过程取向的实验方法”
- 匹配过当(overfitting), 19—20, 109—110, 128—129, 135, 177, 361, 亦可参见“准确性”; “拟合”; “可推论性”
- 定义(界定)(definition), 128
- 一夜成名(overnight fame), 56
- 洛杉矶的氧化水平[oxidant level in Los Angeles (20 种环境资料)], 100
- 旧金山的臭氧水平[ozone level in San Francisco (20 种环境资料)], 101
- 平行加工(parallel processing), 137, 183, 240, 亦可参见“神经网络”
- 父母投资(parental investment), 309—324 413
- 出生顺序效应(birth order effects on), 312, 323—324
- 人类(in humans), 309—311, 323—324
- 最优化策略(optimizing strategies), 318, 320—322
- 简单喂养启发式(simple feeding heuristics), 313—317, 322
- 知觉(perception), 260—261, 363, 亦可参见“深度知觉”
- 成绩(绩效)标准(performance criteria), 29, 82—83, 157, 244, 364, 亦可参见“准确性”; “节俭性”; “速度”
- Peter 错觉(Petter's illusion), 120—121

简捷启发式

- 鸽子(pigeons), 257, 322, 344, 亦可参见“强化程式”
- 计划(planning), 330, 332—334, 363
- 玩耍(play), 263—264, 267, 271—276
- 点光演示(point-light displays), 260
- 普尔松过程(Poisson process), 220
- 策略探取(policy capturing), 154—156, 359, 亦可参见“过程取向的实验方法”
- 人口规模(population size), 参见“城市人口”
- 有价值证券(管理)理论[portfolio(management) theory], 60
- 后验概率分布(posterior probability distribution), 172—173, 178, 180—181, 亦可参见“贝叶斯模型”
- 食肉动物(predator), 235—236, 257, 264
- 偏好(preference), 90, 107—108, 157, 242, 289—290, 307, 亦可参见“配偶搜索”
- 逆转(reversals), 219
- 猎物(prey), 210, 235, 257
- 长子继承权(primogeniture), 324
- 先验概率分布(prior probability distribution), 172—173, 175, 178, 亦可参见“贝叶斯模型”
- 概率心理模型(probabilistic mental models, 即 PMM), 82, 197—202
- 概率革命(probabilistic revolution), 5—6, 169—170
- 概率(probability), 17, 76, 170—171
- 条件(conditional), 92, 174—180, 240, 亦可参见“效度测定”
- 理论(论)(theory), 5, 21—22, 25, 27, 29—30, 292
- 转移的(of transition), 217
- 问题解决(problem solving), 363
- 过程取向的实验方法(process-oriented experimental approach), 142, 149—154, 162—165, 亦可参见“结果取向的实验方法”;

“策略探取”

教授工资(薪水)(professors' salaries)(20 种环境资料), 98—99,
101, 104—105, 110

配置记忆法(profile memorization method), 128, 173, 176, 181—
182, 184, 227

(数的)突出性[prominence(of numbers)], 224

变化多端的行为(protean behavior), 32, 263

口语分析(protocol analysis), 149, 亦可参见“策略探取”

供应(食)规则(provisioning rules), 参见“父母投资”

近程机制(proximate mechanism), 339—344

心理学(的)合理性(psychological plausibility), 141, 186, 195,
208, 226, 239—242, 365

公众政策(public policy), 103, 109

公众民意测验(public polling), 192

追逐(pursuit), 262—263, 266—268, 273—276

最快者启发式(QuickEst heuristic), 184, 221—234, 359, 361

定义(界定)(definition), 221—225

例证(illustration of), 226—227

成绩(成效)(performance), 228—234

利用采纳最佳的反馈后重建(RAFT model, 即“Reconstruction
After Feedback with Take The Best”), 197, 199, 201—204,
207

流程图(flowchart), 200

例证(illustration of), 202—204

根据云彩预测雨量(rainfall from cloud seeding)(20 种环境资料),
100

理性分析(rational analysis), 11

简捷启发式

理性(合理性)(rationality),亦可参见“有限理性”;“生态理性”;
“社会理性”;“无限理性”

经济学中的……(in economics),345—351

……观(visions of),5—15,327,360—362

(老)鼠(rats),40,42—43,54,344,亦可参见“再认”;“食物”

反应性系统[reactive systems (机器人技术)],334

回忆(recall),17,37,57,95,191,193,195—196,199—204,亦可参
见“记忆”;“利用采纳最佳的反馈后重建”

再认(recognition),12,30—31,37—58,59—72,86,88,亦可参见
“再认启发式”

负面报道(bad press),72

牌(照)(brand),56,71

集体(collective),43,62—65

相关的方向(direction of correlation),41

熟悉性(familiarity),38,56—57

食物(food),30,40—42,54,358

血缘关系(kin),54

地界标志(landmark),38,340

媒体作用(media effects),54—56,72

记忆(memory),17—31,37—43,56—57,95

名字(name),37—38,40,54—56,59,62,71—72

414

再认启发式(recognition heuristic),17,30,32—33,37—58,59,
61—62,66—72,75,98,111,358

定义(界定)(definition),41,61

实验检验(empirical test),50—54

不可代偿性(noncompensatoriness of),40,52

成绩(成效)(performance),44—45,65—72

其他启发式中的(in other heuristics),78—79,86,89—90,95

再认效度(recognition validity),参见“效度测定”

重建(记忆)[reconstruction(memory)], 191, 196—197, 199—201,
207—208, 亦可参见“利用采纳最佳的反馈后重建”

回归(regression), 参见“多元线性回归”

回归效应(regression effect), 232

强化程式(reinforcement schedules), 341—344, 亦可参见“学习”;
“动物”

重复效应(reiteration effect), 196

适当说(relevance theory), 91

有代表性样本(representative sample), 156—162, 166, 213

保留价(reservation price), 参见“终止规则”

机器人技术(robotics), 333—335

耐用性(robustness), 19—20, 90, 94, 107, 112, 127—136, 231, 250,
283, 亦可参见“可推论性”;“匹配过当”

搜索规则的(of search rules), 129—134

终止规则的(of stopping rules), 134—136

规则加例外模型[rule-plus-exception(RULEX) model], 239

笨拙规则(rules of thumb), 327, 340—341, 351—354, 亦可参见
“启发式”

满意性(satisficing), 7, 12—14, 17, 289, 329—331, 339, 353—354,
359—360, 亦可参见“抱负水准”;“终止规则”

贫乏信息(scarce information), 参见“环境结构”

海鲜(seafood), 242

搜索(search), 12, 23—24, 26, 112, 149—154, 164—165, 177—
178, 330—333, 346, 亦可参见“构筑块”;“消费者搜索”;“工作
搜索”;“配偶搜索”

基于选项的(alternative-wise), 144, 152

贝叶斯(式)的(Bayesian), 177—178, 227

代价(成本)(costs), 15, 288, 292, 332, 346

简捷启发式

- 对线索(信息)的[for cues(information)], 57, 77—83, 243—244, 360
- 基于线索的(cue-wise), 144, 152, 164
- 态度定势(Einstellung), 80, 87
- 外部的与内部的(external versus internal), 10, 77
- 对目标(选项)的[for objects(alternatives)], 13, 288, 360
- 排列(安排)(ordered), 16, 81. 亦可参见, 顺序, 线索
- 随机(random), 16, 79
- 搜索规则的耐用性(robustness of search rules), 129—134
- 空间(spatial), 152—153, 364, 亦可参见“觅食”
- 搜索(的)指标系数(search index coefficient), 152
- 秘书问题(secretary problem), 288, 亦可参见“嫁妆问题”
- 挑选出(来)的样本(selected sample), 156—163, 166
- 利己(self-interest), 345—346
- 序列特征检测模型(sequential feature testing model), 243
- 性选择(sexual selection), 29, 261, 289
- 同胞兄弟(姐妹)(siblings), 311—312
- 信号检测论(signal detection theory), 24
- 类(相)似性(similarity), 195, 238
- 简捷性(simplicity), 3—4, 34, 106, 119, 128, 359, 亦可参见“耐用性”
- 审美价值(aesthetic appeal of), 362
- 模拟(simulation), 47—48, 228, 291, 295, 301, 307, 312—322
- 足球(soccer), 43, 49, 50—52, 79—80, 84—85
- 社会信息迁移(social information transfer), 31, 363, 亦可参见“古比鱼”; “老鼠”
- 社会判断理论(social judgment theory), 154—156
- 社会(规范)标准(social norms), 31—32, 363
- 社会理性(social rationality), 25, 31—32, 284—285, 328, 345—

352,361

速度(决策)[speed (decision making)],225,235,259,279—280,
330—331,359,361

自发数(spontaneous numbers),224,232

稳定匹配[stable matching (mate search)],289—290,302—304

统计方法(statistical methods),18—20,23—24,364

逐步展开程序(step-by-step procedure),4,81,146

股票(stock),亦可参见“互助基金蓝筹股”,71

 蓝筹股(blue chip),71

 预测者(forecasters),21,59

 市场(market),59—72

 组合(portfolio),59,62—71

终止规则(stopping rule),10,15,17,23—24,77—82,90—91,134,
198,224—225,238,249,346,亦可参见“抱负水准”;“构筑块”

偏向(bias of),91,224

保留价(reservation price as),288—289,291

耐用性(robustness of),134—136

策略(strategy),参见“可代偿策略”;“启发式”;“不可代偿策略”

环境的结构(structure of environment),参见“环境结构”

超级神灵(superintelligence),参见“拉普拉斯超级神灵”

替代相关(surrogate correlation),42,54—55

符号概念获得模型(symbolic concept acquisition model),237,239

采纳最佳(Take The Best),32—33,78—140,176,184,198—200,
207,208,334,359

定义(界定)(definition),79—81

估计线索顺序(estimating cue order in),109,112—113

确切的对双极的线索值(with exact versus dichotomous cues),
111—112

415

简捷启发式

- 成绩(成效)(performance), 87—89, 92—94, 103—106, 109—113, 181—183, 361
- 与分类树的关系(relation to classification trees), 137—139
- 与词典编纂策略的关系(relation to lexicographic strategies), 111, 137, 145
- 与线性回归的关系(relation to linear strategies), 123, 136—137, 155
- 耐用性(robustness), 109—113, 115, 127—136
- 简略版(truncated version), 135—136
- 采纳最近(Take The Last), 32, 79—80, 86
 - 定义(界定)(definition), 78—81
 - 成绩(成效)(performance), 87—88, 92—94
- 采纳下一个最佳者(Take the Next Best), 295—302
 - 困难(difficulties with), 299
 - 互动式搜索中的(in mutual search), 300—302
- 测试—运行—测试—退出程序(Test-Operate-Test-Exit procedure), 79
- 测验项(test set), 92—94, 103—105, 134—135, 亦可参见“准确性”; “可推论性”; “交叉验证”
- 心智理论(theory of mind), 258, 284
- 出声思维技术(think-aloud technique), 149, 亦可参见“策略探取”
- 37%规则[37% rule (配偶搜索)], 288, 291, 295—300, 亦可参见“嫁妆问题”
 - 应用(application of), 293
 - 困难(difficulties with), 294
- 阈值标准规则(threshold criterion rule), 289, 亦可参见“终止规则”
- 时间复杂性(time complexity), 参见“算法规则复杂性”
- 时间紧迫性(time pressure), 13, 32, 141—142, 147—148, 161—

162, 164, 236, 280, 亦可参见“限制”;“有限时间”;“速度”

从工具到理论启发式(tools-to-theories heuristic), 23—24, 119

权衡(trade-offs), 16, 18, 22, 57—58, 78, 83, 89, 144, 146—147,
183—187, 359, 361, 亦可参见“代价—收益分析”;“努力—准确
性框架”

训练项(training set), 92—94, 103—105, 134—135, 228, 亦可参见
“准确性”;“拟合”;“交叉验证”;“可推论性”

可传递性(transitivity), 21—22, 83, 346, 364

(决策过程的)透明度[transparency (of decision processes)], 17,
18, 136, 172, 186, 362

尝试 12 启发式(Try a Dozen heuristic), 291, 300—301, 亦可参见
“采纳下一个最佳者”

双项选择(two-alternative choice), 17, 41, 44—45, 61, 77, 83, 197,
232—234, 亦可参见“城市人口”

双向匹配(配偶搜索)[two-sided matching (mate search)], 289—
290

无限理性(unbounded rationality), 7—12, 33, 172—173, 328,
333—338, 亦可参见“神灵”

匹配不足(underfitting), 128—129, 136

单元加权线性模型(unit-weight linear model), 参见“达维斯规则” 416

通用特征[universal characteristic], 29, 33

效益(效用)(utility), 参见“预期效益理论”

效度测定量(validity measures), 129—131, 亦可参见“线索”, “顺
序”;“线索”, “效度”

条件效度(conditional validity), 81, 127, 131, 133

生态效度(ecological validity), 48, 80—81, 84—86, 102, 130,
148, 198, 272

简捷启发式

- Goodman-Kruskal 等级相关 (Goodman-Kruskal rank correlation), 108, 130—131, 133—134
- 肯德尔 τ (Kendall's τ), 131, 133
- 知识效度 (knowledge validity), 44—49
- 再认效度 (recognition validity), 42—43, 45—49, 55, 89
- 成效 (success), 130—131, 133—134, 246
- 代偿机能 (vicarious functioning), 201, 279
- 视野 (域) (vision), 121—122, 260—261, 335—336
-
- 黄蜂 (wasps), 54, 339, 341
- 加权附加模型 (weighted additive model), 参见“富兰克林规则”
- 加权正面策略 (Weighted Pros strategy), 143—145, 152—153, 157—163, 166—167
- 西方蓝鸫 (western bluebirds), 312—313, 323
- 酒的类别 (wine categorization), 238, 244—246, 251—253
- 工作记忆 (working memory), 146, 150, 253, 亦可参见“记忆”
- 符茨堡学派 (Würzburg school), 31
-
- Zeigarnic 效应 (Zeigarnic effect), 195
- 智力为 0 的商人 (zero intelligence traders), 352
- Zipf 法则 (Zipf's law), 219—220

