

# 前 言

通过样例学习是心理学的古老研究领域，在20世纪五六十年代样例学习已成为教育心理学研究的主题。从20世纪50年代中期到70年代，认知和教育心理学家就采用“例中学”(learning-by-example)的范式研究和描述概念形成的加工过程。到20世纪70年代中期，大量的研究指出应找出一种途径来促进概念的学习，但是越来越多的认知教育研究者对样例的研究却超越了仅仅研究概念的获得，相反研究者转向了关注较复杂的知识和学习形式。研究者的兴趣主要集中在专家和新手问题解决的研究，例如：专家和新手解决象棋、几何、代数、物理等问题的研究。专家和新手问题解决的研究表明：专家在解释或解决问题时注意问题的深层方面，而新手常常受表面特征的误导。研究者为了说明专家和新手之间成绩的差异，于是提出了图式这一概念。图式被看作是专家所拥有的能够再认识问题的复杂的记忆结构。

从20世纪80年代开始，Sweller及其同事开始探讨基于练习的教学对问题解决的作用，可是，Sweller的研究所积累的大量证据表明：基于练习的问题解决并不是提高问题解决成绩的重要方法。实验口头报告研究表明：传统的练习条件下，学习者倾向于使用典型的新手策略，诸如试误；而在解决问题之前呈现样例的条件下，学习者使用较为有效的问题解决策略，表现为集中注意问题的结构方面。正是由于Sweller的一系列研究及其课堂调查激发了样例学习研究的高潮，现在普遍称之为“样例研究”(worked example research)。

本书首先回顾了样例学习研究的历史线索和发展脉络。把样例学习研究概括为样例学习的基本加工机制研究、样例的外部表征特征与学习的基

本关系研究以及学习者和样例之间的相互作用研究。在对样例学习研究的历史线索进行分析后,着重对20世纪80年代以来样例学习研究的焦点问题进行了剖析,提出了基于编码特征的样例学习研究框架,并设计了一系列实验进行验证。

本研究追踪国际心理学对样例学习领域的研究前沿,梳理并归纳了样例学习研究的基本特点,剖析了20世纪80年代以来样例学习研究的焦点问题和新动向,从样例解题步骤的子目标编码入手,探讨了样例学习的认知活动和图式的获得机制。对推进样例学习与迁移的研究,对于深入理解原理学习的认知过程,深入揭示学习迁移的本质,进一步认识原理学习的规律,有重要的理论价值。同时本研究对如何通过样例教学来有效地促进抽象原理信息的获得,对推进中小学教学改革、提高各学科原理教学的质量也有重要的启示。对指导中小学教学,特别是理科教学有着十分重要的作用,为因材施教提供了教学设计的基本原则。

由于研究的局限,书中难免存在纰漏,特别是书的体例还不尽如人意,但庄子有言:“始生之物,其形必丑”,借此以慰藉自己;同时他还说:“其作始也简,其将毕也巨”,希望能看到更多这一领域的巨著。目前,国内关于样例学习心理的研究专著还是很少,该书的出版能为这一领域的研究提供参考。同时对对中小学样例教学设计也具有一定的借鉴!



# 目 录

## 第一篇 样例学习的理论研究

第一章 样例学习概述 .....	(2)
一、样例学习研究的历史回顾 .....	(2)
二、样例学习研究的意义 .....	(4)
第二章 样例学习研究的基本问题 .....	(5)
一、样例学习的基本加工机制研究 .....	(5)
二、样例的外部表征与学习的基本关系研究 .....	(20)
三、学习者和样例间的交互作用研究——自我解释效应 .....	(25)
四、样例设计研究及其基本观点 .....	(29)
第三章 当前样例学习研究的焦点和问题 .....	(34)
一、20世纪80年代以来样例学习研究的焦点 .....	(34)
二、有待进一步解决的问题 .....	(42)
三、本研究的基本假设 .....	(45)

## 第二篇 样例学习的实验研究

第四章 样例的子目标编码对新问题解决中原理通达和运用的 作用 .....	(48)
一、实验1——样例的子目标编码对新问题解决中原理通达的 作用研究 .....	(54)
二、实验2——样例的子目标编码对新问题解决中原理运用的	

作用研究 .....	( 68 )
第五章 不同类型的子目标编码对新问题解决中原理通达和运用的作用研究 .....	( 82 )
一、实验3——不同类型的子目标编码对新问题解决中原理通达的作用研究 .....	( 86 )
二、实验4——不同类型的子目标编码对新问题解决中原理运用的作用研究 .....	( 94 )
第六章 样例的概化水平对原理通达和运用影响的实验研究 .....	( 104 )
一、实验5——不同概化水平的子目标编码对原理通达的影响 ...	( 106 )
二、实验6——不同概化水平的子目标编码对原理运用的影响 ...	( 108 )
三、讨论 .....	( 109 )
四、结论 .....	( 110 )
第七章 多重样例的变异性 and 编码对迁移的影响 .....	( 112 )
一、实验7A .....	( 115 )
二、实验7B .....	( 120 )
三、实验7C .....	( 126 )
第八章 样例和问题的联结方式对迁移的作用 .....	( 131 )
一、实验8A .....	( 134 )
二、实验8B .....	( 138 )
三、实验8C .....	( 140 )

### 第三篇 总讨论

第九章 基于编码特征的样例学习分析 .....	( 144 )
一、样例的编码特征与原理学习 .....	( 144 )
二、样例的编码特征与精加工模型的选择 .....	( 147 )
三、原理图式获得的限制条件及其控制 .....	( 148 )
四、样例学习研究对教学设计的启示 .....	( 150 )



# 第一篇

---

# 样例学习的理论研究

# 第一章 样例学习概述

## 一、样例学习研究的历史回顾

所谓样例学习,就是从具有详细解答步骤的事例中归纳出隐含的抽象知识来解决问题的学习。样例学习已经成为学习的主要指导方法。一般认为通过样例学习有利于学生正确归纳所学原理,易化认知技能的获取,有助于减轻学生的认知负荷,提高学习效率。样例学习改变了学生被动接受知识的地位,极大地调动了他们的学习积极性。

近年来,“样例(worked example)”学习受到研究者的极大关注(例如:Zhu和Simon,1987;Chi、Bassok、Lewis、Reimann和Glaser,1989;Ward和Sweller,1990;Ross,1989;Catrambone,1998,2001;莫雷,1999,2000,2001等等)特别是在数学、物理、计算机程序等领域。虽然研究者对样例没有精确的界定,但是他们使用的样例都有着某种家族相似性——都包括问题状态和解决程序,同时也暗含着通过样例如何解决其他相似的问题。在某种意义上,样例为学习者提供了学习和仿效专家问题解决的模型。

尽管样例学习在近来受到研究者的极大重视,但是通过样例学习的概念已不是什么新鲜的事。实际上,在20世纪50、60年代,样例学习已成为教育心理学研究的主题。在20世纪50年代中期到70年代,认知和教育心理学家采用“例中学(learning-by-example)”的范式研究和描述概念形成的加工过程(Bourne、Goldstein和Link,1964;Tennyson、Wooley和Merrill,1972)。虽然当时这些研究者所使用的样例(example)与现在心理学家使用的样例(worked example)在许多方面不同,但是他们对样例的

使用有着基本相同的假设,即通过样例来举例说明要学习的原理或模式。例如:在概念获得领域,运用样例获取概念的典型范式是:通过呈现给被试大量的说明概念的样例和没有说明概念的样例后,来测量学生识别一系列靶概念的能力,以此来了解学生是否获得了与样例相同的基本概念。从教学心理学家的视野看,这些研究鼓舞了教育实践,特别是样例的选择、呈现以及样例程序的设计。

在20世纪70年代中期,大量的研究指出应识别出一种途径来促进概念的学习,但是越来越多的认知教育研究者对样例的研究却超越了仅仅获得离散的概念,相反研究者转向关注较复杂的知识和学习形式(Brewer和Nakamura,1984)。比较感兴趣的研究主题有专家和新手问题解决的研究,例如:专家和新手是如何运用相应知识解释像象棋、几何、代数、物理等的经验和解决相应的问题。研究表明:专家在解释或解决这些问题时注意问题的深层方面,而新手常常受表面特征的误导。研究者为了说明专家和新手之间成绩的差异,于是提出了图式这一概念。图式被看作是专家所拥有的能够再认识问题和提取解释问题的恰当程序的复杂的记忆结构。

从20世纪80年代开始,Sweller及其同事从事如何通过传统的练习定向教学使学生习得图式,促进他们的问题解决的研究课题。主要集中在通过练习提高新手对问题结构的意识。而且值得注意的是,基于问题解决练习的教学取向备受欢迎,也得到了许多著名的教育家和研究者的认可。可是,Sweller的研究方案很快积累了大量的实验证据,表明与样例练习相比传统的、基于练习的问题解决并不是提高问题解决成绩的重要方法。实验口头报告研究表明:在传统的练习条件下,学习者倾向于使用典型的新手策略,诸如:试误;而在解决问题之前呈现样例的条件下,学习者使用较为有效的问题解决策略,表现为集中注意问题的结构方面。朱新明和赫伯特·西蒙(1987)首次在课堂教学情境下研究运用样例学习的有效性,这项研究开辟了在课堂教学情景下样例学习研究的先河,目前,在样例研究领域该项研究成果得到最为广泛的引用(Atkinson et al, 2000)。Carroll(1994)、Ward和Sweller(1990)的研究也支持在课堂教学中

使用样例学习比严格的问题解决练习更为有效。

总之, Sweller的研究方案及其课堂调查激起了一系列新的富有创造性的研究, 这些研究现在被普遍称为“样例研究(worked example research)”。

## 二、样例学习研究的意义

我们知道, 虽然不能说所有的样例研究都是在实验室情境下进行的, 但是大多数的样例研究是在有控制的实验条件下进行的, 而且这些研究都以课本上的习题作为实验材料。如果从广泛的教育情境中来考察这种实验室的研究, 它并不能简单地告诉我们如何进行教育实践, 因为学生的发展还受到社会、物理、文化背景的影响, 而这些因素恰恰是教育实践中的不可控因素, 这些原因也似乎成了认知研究与实际运用相结合时最大的挑战。虽然说只依靠实验室的研究成果无法指导教育实践, 但是这种有控制的实验室研究却对教育实践有着十分重要的参考价值。大量的研究指出( McGilly, 1998; Shuell, 1996), 许多大规模的教育改革都是以认知实验的研究为基础, 许多关于学习和发展的基本观点都是源于对教学实践的抽象的认知研究, 例如: 交互式教学就是典型的基于样例研究的教学观点, 朱新明等在国内进行的示例演练教学也是建立在认知研究的基础之上。因此, 可以说认知实验对教学实践有着实质性的促进作用。

我们认为, 通过严格的实验研究可以清晰地理解学习的过程, 掌握学生学习的心理实质, 所以, 实验研究是获得科学的学习理论知识和教学理论知识的重要途径之一, 因而对课堂教学和实践有着十分重要的影响。尽管实验情境与课堂情境之间有着一定的差别, 但是从实验室情境向课堂情境的迁移是可能发生的, 因为在不同情境下人们的认知过程有着许多恒定因素。样例学习研究就是在了解学习者学习的心理机制的基础上, 提供给教学实践一定的理论指导和依据, 它不仅是样例学习研究的重大意义所在, 而且也正反映了这种基于认知定向的实验室研究对一般教学的指导意义, 也应该受到教育界的重视。

## 第二章 样例学习研究的基本问题

### 一、样例学习的基本加工机制研究

样例学习加工机制的研究主要有两个方向:第一是从问题解决角度研究人类的认知技能获取,第二是从人工智能角度研究机器学习。

#### (一) 认知技能获取的研究

认知技能获取的研究,主要经历了三个阶段:

第一阶段大约在20世纪60年代,研究范围集中于知识贫乏领域,如算术谜题、智力游戏等,所关心的问题则由影响解题困难的原因,逐步转向解决一个具体问题的加工过程。在此阶段,开始使用口语报告这种分析方法。1972年,纽厄尔和西蒙在《人类的问题解决》一书中介绍了许多重要的理论概念,如问题空间、搜索树及产生式系统等。该领域的特点是:大多数的中间状态都可以表示为实物状态。

第二阶段在20世纪70年代,发展了两个相关领域:决策和推理。其特点是从一系列的心理推理中得出结论。随后,人们的研究范围集中于知识丰富领域。最初研究方向为新手和专家的对比,如新手和专家在信息表征、推理方式上的差异等。

第三阶段在20世纪80年代,人们的研究重点集中于如何由新手变成专家,最初的方向分为练习效应、运动技能以及迁移的共同因素模型。到20世纪80年代后期,由于计算机技术的空前发展和在心理学研究中的广泛运用,关于认知技能的研究越来越细化,研究越来越关注样例在认知

技能获得中的作用,开始探索认知技能获得中负迁移错误的机制,关注认知技能获得中的认知跳跃等现象。

### 1. 关于负迁移错误的研究

近来,许多研究者都在寻找认知技能的“一般”成分,出现了认知技能迁移研究的高潮,但是关于认知技能负迁移的研究在心理学文献中并不是很多,正如安德森和辛格利所言:“虽然负迁移是一个常见现象,但是关于这方面的证据很少”。经常援引的例子就是卢钦斯(Luchins, 1942)的水罐实验,该研究可谓是对认知技能负迁移研究的先河。水罐实验认为负迁移是由于认知定势造成的。但是水罐实验所设计的问题只是两类任务,前一个问题通过熟悉的算法法就可以解决,而另一类问题可以通过简化算法解决。第二类迁移问题只能用新的算法解决而不是通过熟悉算法。许多研究论证了由一致算法问题的练习所产生的不灵活性。研究发现:当两种方法都能解决问题时,练习过的被试更喜欢用熟悉但复杂的算法胜于简化算法,更重要的是,当问题不能用熟悉算法解决时,练习过的被试比未练习过的被试成绩更低。在这种系列认知任务中,卢钦斯所发现的定势效应遭到了实验的否认。因为在不同的迁移问题上他的训练问题用的是相同顺序的算子系列,被试习得了反应(如:1B-1A-2C)或一系列的运算是不清楚的。如果被试只记住了这样一系列的反应,那么负迁移就是这种简化策略的不恰当使用,而不是对程序性序列知识的不恰当运用。基于这种认识,研究者开展了一系列的研究,提出了许多的解释,大致包括三类:Norman捕捉过失(capture slip)的解释,认为当一个行为系列受到较强的抑制时,就会用相关的、较弱的行为系列去取代,从而出现了负迁移,认为负迁移错误是基于记忆的代表和机制之上。Heckhausen和Beckman用副跟踪错误(sidetracking errors)解释负迁移错误现象,该观点建立在注意广度的理论基础之上,认为负迁移是由于有共同加工成分的迁移问题影响了对练习的注意,出现了跟踪错误。Reasoner用“强但错误(strong but wrong)”的观点来解释负迁移现象,认为负迁移发生在基于规则(如:程序)和基于技能(如:自动化)的操作之

上,当认知操作(运算)不特定时,容易出现负迁移。Reasone指出,先前的练习或训练应对这种负迁移错误负有责任。

所以,对认知技能负迁移错误的探讨就成了近来认知心理学关于认知技能研究中的一个热点问题,出现了许多有价值的研究。如:Willingham关于程序性知识的形成研究,Woltz等关于技能获得中的运算顺序记忆和序列认知技能的迁移研究及Woltz等在系列认知技能中负迁移错误的研究。

## 2. 认知技能获得中样例作用的研究

认知技能学习必须依靠先前的陈述性知识,一般情况下,这种陈述性知识又是通过样例学习而获得的。但是,认知心理学对样例在认知技能获得中的作用机制却存在不同的观点,有人认为认知技能的获得是一个从样例到规则的过程,有人则认为认知技能的获得是从规则到样例的过程。

① 样例到规则。许多研究表明,最初的问题解决明显地包括对样例的参考,如利用课文中的例子或从记忆中回忆这些例子等。由于样例说明了类似问题的解法,并且问题解决者通过类比把样例的解法映射到当前问题上。然而,随着重复练习,由于形成了一般的规则,因此在解决新问题时,就没有必要通达学习样例。在思维的适应性控制理论(ACT-R)中,它是陈述性知识(样例的译码)过渡到程序性知识(产生式规则)的基本途径。其实实验证据是:一是被试不再参照外部样例,并且在口头报告中也不再提及样例;二是被试的知识表现出比较概括化,并且与特定的样例很少联系;其三被试在使用知识的过程中形成方向非对称性,方向非对称性是程序性知识的一个特点。

② 规则到样例。持该观点的人认为,认知技能获得的过程是一个从规则到样例的过程。样例首先提供的是一种产生式规则,随着逐渐的练习,学习者记住了特殊样例并且能用这种记忆促进加工过程。如Rubinowitz和Goldberg发现了重复问题在知识通达中的对称性。他用了字母算术任务,如 $D+3=?$ ,答案是G,被试练习一些特定的样例后在相反的

方向上测试发现其速度很快,如 $G-3=?$ 。这就是被试是否记住特殊样例(如 $D+3=G$ )的指标。由于被试以 $G$ 和 $3$ 为线索,所以提取了 $D$ 。这与产生式基础上的非对称性指标形成了对照。因此佐证了样例在认知技能获得中的作用。

③ 四阶段模型(four-stage model)。现代认知派心理学家J.Anderson在他的思维的适应性控制理论(ACT,ACT-R)中认为:认知技能或程序性知识的获得是由于对样例的陈述性记忆,在不断的练习中学习者逐渐地把问题与样例进行类比,译码最初对样例的陈述性记忆成产生式规则的形式,即进行所谓的知识编辑。知识编辑包括程序化和复合两个相互独立的过程,程序化是认知技能获得的关键,它是在特定的背景中经过反复练习形成产生式规则的过程,其前提是陈述性知识首先进入长时记忆。复合是将一般的产生式规则序列合成为高度专一的产生式规则。Anderson认为,认知技能的获得包括四个阶段:与学习样例进行类比、形成抽象规则、逐渐地转向使用产生式规则和提取特殊样例四个阶段。在第一阶段,学习者记住了特殊的样例,但不知道样例表征一个规则。样例是作为一个陈述性结构被编码的,如果样例同训练的问题相匹配,他们就能简单地提取答案,然而如不匹配,他们必须类比性地扩展样例。当问题出现时,被试就去编码问题之间的关系。最初的编码是陈述性的,类似于无固定方向性的陈述性编码。也就是说在第一阶段,学习者通过类比解决问题,即:他们依照已知的样例并试图把样例与问题的解决联系起来。第二个阶段是抽象规则阶段,学习者形成了关于样例的陈述性规则,由于是规则,因而学习的速度会变快。第三个阶段是产生式规则运用阶段,这时学习者已经形成了关于样例的程序性规则,在没有任何样例重复的情况下规则使用的速度提高了。这些产生式规则允许较快的反应,但仅在一个方向上起作用,出现方向非对称性。进入这一阶段后学习者不再按照他们习得的书面知识,而是自动按照熟悉的问题或问题的方面很快地、自动地解决问题,没有使用较多的注意资源。这可能是由于练习的作用——语词记忆促进了对不同的程序性记忆的整合。第四个阶段,

学习者在头脑中已经拥有了大量样例的不同类型的问题,因此可以很快直接从记忆中提取问题的解法,它甚至比产生式规则更直接更快。Anderson指出,这些阶段是相互叠加的,反映的是学习者使用不同解决方法的灵活性,诸如类比或抽象规则方法的使用取决于学习者对手边特定问题的熟悉性。

从技能获得的观点看,当学习者在第一阶段(类比)或开始进入第二阶段(学习抽象规则)时与纯粹的问题解决相关的样例学习是非常重要的。当教学目标是促进第三阶段的获得时,样例可能不是一个首选的方法,问题解决练习就显得特别关键。然而,即使已经达到第四阶段,专家也可能向其他专家学习复杂的操作(performance),目的是学习格式上的技巧(stylistic technique)或调优(fine-tune)他们自己的复杂操作。

### 3. 关于认知跳跃的研究

跳跃(skip steps)是认知技能获得过程中经常出现的现象。当人们一遍又一遍地解决相同类型的难题时,他们不仅解决得更快,而且他们解决问题的过程也发生了变化,通常的结果是他们能跳跃式地解决该类问题。跳跃式解决问题通常被认为是一个复合过程,在这个过程中,一个人原来需要用两步或更多的步骤来完成一个任务,现在只需一步。直觉上,如果一个人用更少的步骤来解决问题,他完成任务所用的时间必然更少。实验上也得到了证实,如Charness和Campbell的研究表明,出现认知跳跃后,再去解决新问题时仅需70%的时间,其他动作速度也加快。Fresch的研究也表明了复合过程是跳跃区别于一般认知学习速度增加的一个重要指标,认为认知跳跃或复合是认知技能获得的重要成分。

近年来认知心理学对这一现象提出了解释,有的认为认知跳跃是用较大的算子代替了较小的算子的操作,如规则的复合、组块化、通过类比编辑规则等;有的认为是恰当算子的执行和特定记忆样例的提取,如示例理论。

① 规则复合。这种观点认为,在问题解决过程中由于把相邻的算子折合成一个单一算子,就出现了跳跃式学习,这种邻近算子的折合就称

为规则复合。规则复合的基本思想是:如果为达到某一目标而激活的一系列算子,能够形成一个新的算子,并作为一个较大的算子能够代替前面一系列产生式的作用,那么这就是产生式规则的复合。一旦出现了这种复合算子,就会产生跳跃式学习这种行为,原先由单一算子操作出现的一些中间过程不再出现。例如,当第一次学习代数并要求解方程式 $-X-A=B$ 时,学生可能分三步来解决这个问题,首先,两边 $+A$ ,简化为 $-X=B+A$ ,接着两边乘 $-1$ ,最后得 $X=-B+A$ 。复合操作则把第一与第二步合并为一步,直接得到 $-X=B+A$ ,然后把这与第三步合并变一步,直接得到最后结果。

但是, Lewis的研究对跳跃学习仅仅是因为邻近算子的复合提出了怀疑。他研究了一些所谓的强力算子(powerful operators),这些算子的作用相当于它所包含的一系列算子的作用。强力算子的关键特征是它包括了一些非邻近算子在内,而这种算子所引起的操作一般的规则复合理论无法解释。例如,一个学习代数的初学者可能会在解方程式 $X+2(X+1)=4$ 时,首先对所有的 $X$ 和 $1$ 乘以 $2$ 。然后把 $X$ 和 $2X$ 加在一起,然后从 $4$ 中减去 $2$ 。但是熟练者马上能写出 $3X=2$ 。在这里,不相邻的算子复合在一起产生出了 $3X$ 。Lewis把这种跳跃称为从两步跨系统(two-pass system,即用多步骤解决问题)到一步跨系统(one-pass system,即用一步骤解决问题)。

② 组块化。Newell认为认知跳跃的机制是组块化,这种现象发生在问题解决过程陷入僵局的时候。当认知系统到达一种状况,即没有算子可运用或者没有可运用于算子的知识存在的情况下,僵局就出现了。一旦僵局出现,认知系统就确定下一个目标以解决僵局,并创造一个新的空间来解决下一个目标。一旦下一个目标被解决了,认知系统又创造出一个新的算子,这样,运用僵局被解决后得到的结果就是组块。组块是由僵局解决的结果和僵局出现这些结果前反向搜索(back tracing)的元素组成的。算子就是一个条件——动作对。认知跳跃就是算子复合形成组块的过程,通过不断的复合形成越来越大的组块,跳跃的步数就越

多。例如,当呈现 $-X-A=B$ 时,被试最终会形成表征 $X=-B-A$ 这一代数形式的产生式规则的单一组块。组块化理论避免规则复合观点中非邻近算子的复合这种现象,能够更好地解释认知跳跃。

③ 通过类比建立规则。ACT-R理论认为,认知技能的获得是通过产生式规则实现的。熟练的操作行为是以执行这些产生式规则解决当前任务为特点的。新的产生式规则进入系统的唯一机制是通过与在陈述性记忆中存在的样例进行类比而实现的。当要求完成的任务没有产生式规则可用时,ACT-R会试图匹配一个先前获得的陈述性样例,作为与当前目标相类似的算子的正确使用的例子。如果发现了一个足够相似的样例,这个类比机制就会产生一个产生式规则以产生正确的动作。简而言之,初学者在问题解决中是通过参考样例而进行的,而专家则运用算子。在这种类比机制中,跳跃学习是由于样例类比和多个算子使用的整合而产生的。

④ 样例的提取。与上述三种观点不同,Logan认为,完成的操作受制于执行恰当算子和对一个特定样例的提取之间的竞争。当首次去做某一任务时,人们会运用必要的算子。最终会在恰当反应和特定刺激之间建立起一足够强的联系,因此,以后可以直接提取这一反应。与ACT-R理论相反,Logan的理论的指标是:新手的认知技能成绩是以算子的运用来计分的,而熟练者的认知技能成绩则是以过去样例的提取来计分的。根据Logan的理论,一旦依靠直接提取的记忆就能马上解决问题,那么认知跳跃就出现了。认为提取的关于问题解决的记忆痕迹能够包括问题解决的较多步骤,问题解决者能直接写出样例的最后一步操作,而剔除了中间的步骤,这就使得问题解决者跳过中间步骤。

现代认知心理学认为这两类解释在本质上并不矛盾。Anderson和Fincham的研究发现,仅呈现给被试一些规则运用的样例,他们能从样例中得出正确的规则并能运用这些规则于当前的问题解决中,甚至在没有重复样例的情况下,仍然表现出学习的幂定律。然而,他们也发现,当样例重复时学习会更快,出现跳跃现象。Corson和Lundy在对被试规则学习

能力的测试研究中也发现:样例重复提高了规则学习的速度,表现出认知跳跃。

## (二) 样例在机器学习中的有关研究

关于机器学习的研究,从20世纪60年代以来,大致经历了以下四个阶段:

第一阶段是20世纪60年代。由于计算机技术的发展,人们根据神经网络模型建立了各种模式识别的自适应系统。这是一种感知性的学习系统,主要是通过不断地修正系统的控制参数以改进它的识别能力,不涉及具体领域的知识。正是由于脱离领域具体的知识,这种学习系统很难应用于各种实际情境,因而具有很大的局限性。

第二阶段是20世纪70年代初。主要工作是建立各种模拟人的概念学习的机器学习系统。这些学习系统采用各种句法结构或语义网络来表示有关的知识,能够提出关于所学概念的各种假设。但是这种学习系统局限于单个概念的学习,并且只是停留在理论研究和建立实验模型的水平。

第三阶段是20世纪70年代中期到80年代初。该阶段是机器学习蓬勃发展的阶段。由于知识工程(knowledge engineering)的出现,研究人员建立了各种专家系统,把人类专家的知识储存在计算机中,使它能像专家一样解决各种专业问题。这一时期的学习系统一般建立在大规模的领域知识的基础之上,并且与各种专家系统或自动推理系统紧密结合起来,在实际应用中发挥了巨大作用。机器学习的研究领域也从单个概念的学习扩展到多个概念以至各种认知技能的学习,各种新的学习算法也不断涌现。从知识表征的角度来看,主要是采用各种符号结构(如谓词逻辑、语义网络、产生式、框架、脚本等等)来表示知识,各种学习算法都是围绕这些符号结构的获取来设计的。因此,这一阶段是符号学习占统治地位的阶段。

第四阶段是从20世纪80年代初到现在。机器学习取得了突飞猛进的成就。其特点是:连接学习算法东山再起,符号学习日臻完善。联结学习

发现用“隐单元”来计算非线性函数,克服了早期神经元模型的局限。符号学习的成就主要体现在:分析学习的发展(G.DeJong,1986;T.Mitchell,1986;S.Minton,1987)、遗传算法的成功(J.H.Holand,1986)、决策数归纳(Quinlan,1983),等等。

在机器学习领域,Neves(1970)首次提出了“自适应产生式系统”的概念,即:如果一个产生式系统能通过“考察例题或解决问题”来获取新的产生式,从而扩大解决问题的范围或提高解题效率,则这个产生式系统被称为“自适应的产生式系统”。1978年,Neves最先用这一观点研究学科知识的自适应学习,随后,Anzai、Neves和Anderson等人从自适应产生式系统的角度,对人的“做中学和例中学”进行了大量研究,如Anderson的ACT理论、Neves的组块理论以及有关类比推理的研究等。以下就几个主要的理论观点做一简单介绍:

### 1. Anzai和Simon的“做中学”理论

Anzai和Simon(1979)在一个实验中让被试解决河内塔问题,被试在解决问题的过程中相继运用了四种不同的策略:顺向搜索策略、目标固着策略、目标递归策略以及金字塔形子目标。其中每一种策略都是在前一种策略的基础上发展起来的,并且比前一种策略更为有效。为了解释这种通过问题解决获得更为有效的策略的过程,他们认真分析了被试的口语报告,发现被试能够从前一种问题解决策略中,抽取有关问题结构的知识,而正是这种知识使得他能生成更加有效的策略。他们认为,被试的这种能力依赖于他的固有的学习潜能和长时记忆中已有的关于策略类型的知识,这些知识与从问题解决中抽取的信息一起推动着被试的学习进程。在这些分析的基础上,他们建构了一个自适应产生式系统,成功地模拟了被试在解决问题中获得和逐步完善所用策略的过程。在这一模型中,系统首先通过观察,学会避免一些无效的操作,从而能够缩小其搜索空间并发展出一种目标递归策略;接下来,被试就可以发展出金字塔性子目标策略,从而形成一系列的产生式,在各种子目标状态中执行相应的操作。