

# A Review of Piaget's Theory of Children's Intellectual Development

## —Discussing Artificial Intelligence Based on Constructivism

Xin Liu

College of Education, Huaibei Normal University, Huaibei Anhui  
Email: brainway@outlook.com

Received: Dec. 10<sup>th</sup>, 2019; accepted: Dec. 20<sup>th</sup>, 2019; published: Dec. 27<sup>th</sup>, 2019

---

### Abstract

Piaget's research on children's cognitive psychology is unique. In particular, the interpretation of intelligence and related concepts brings a glimmer of light for scholars to understand the essence, origin and development of intelligence. As an important part of Piaget's generative epistemology, the theory of children's intellectual development is a unique research field of developmental psychology. It explains the relationship among intelligence, assimilation and obedience in detail, and emphasizes that intellectual development is, in the final analysis, the transformation of psychological structure, with obvious constructivism. Although Piaget's theory has been questioned, it still has a strong vitality, especially in the theoretical guidance of education and teaching. Taking Piaget's Book Educational Science and child psychology as the main line, this paper selects key chapters and focuses on intelligence, thinking, calculation, cognitive development, reflection, self-consciousness and other contents, hoping to get some meaningful enlightenment through analysis, so that it can make up for the defects of current artificial intelligence theory research to a certain extent, and initially puts forward artificial constructivist. The concept of intelligence, which attempts to combine the constructivist view of intelligence, cognitive view and the theory of artificial intelligence, is an exploratory study. This paper first summarizes and ponders the relevant contents of Piaget's education science and children's psychology, then expounds the scholars' evaluation of Piaget's theory, and finally discusses the enlightenment that the theory of artificial intelligence can get from the theory of children's intelligence development.

### Keywords

Piaget, Intelligence Development, Theory of Artificial Intelligence

---

# 皮亚杰儿童智力发展理论述评

## ——兼论基于建构主义的人工智能

刘欣

## 摘要

皮亚杰对儿童认知心理的研究, 独辟蹊径。尤其对智力及相关概念的阐释, 为学者们理解智力的本质、起源和发展, 这些千百年的难题带来了一丝曙光。儿童智力发展理论作为皮亚杰发生认知论的重要组成部分, 是发展心理学的一个独特研究领域, 详尽解释了智力、同化、顺化之间的关系, 强调智力发展归根结底就是心理结构的转变, 具有明显的建构主义色彩。虽然皮亚杰相关理论一直受到质疑, 但时至今日, 尤其在教育教学的理论指导上依然保持着强大的生命力。文章以皮亚杰的著作《教育科学与儿童心理学》为主线, 择选要点章节, 重点讨论智力、思维、运算、认知发展、反思、自我意识等内容, 希望能够通过分析, 得到一些有意义的启示, 使其可以在一定程度弥补当前人工智能理论研究的缺陷, 初步提出建构主义人工智能概念, 尝试将建构主义智力观、认知观与人工智能理论结合, 是一项探索性研究。文章首先对皮亚杰《教育科学与儿童心理学》有关内容进行概述和思辨, 进而阐述学者们对皮亚杰理论的评价, 最后论述人工智能理论可以从儿童智力发展理论获得的启发。

## 关键词

皮亚杰, 智力发展, 人工智能理论

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 皮亚杰《教育科学与儿童心理学》中儿童智力发展理论的概述与思辨

让·皮亚杰(1896~1980)是 20 世纪著名的儿童心理学家与认知论者, 他耗尽了一生心血去追问和思考“儿童是如何思考的”这个问题, 用毕生的精力对儿童思维和智力的发展进行不懈研究, 共完成六十多本著作, 发表数百篇文章, 观点之新颖、阐述之详尽、规模之庞大、系统之完整, 令人无法望其项背。在皮亚杰的诸多著作中, 《教育科学和儿童心理学》是极具代表性的大成之作, 旗帜鲜明地谈论儿童智力发展理论与教育科学的关系[1]。本书由他前后相隔 30 年的两篇论文构成。第一部分“1935 年以后的教育和教学”写于 1965 年, 第二部分“新方法及其心理学基础”写于 1935 年。下面遵循由教育科学出版社出版的该书轨迹, 摘选书中涉及儿童智力发展理论的重点内容给予概述和思辨。

### 1.1. 智力的本质、起源和发展

所谓“发生认知论”, 研究的是, 儿童出生以后, 认知是怎样的, 智力、思维是怎样发展的。智力发展理论主要包括智力的本质、起源、发展, 其中智力发展阶段和认知发展阶段是一脉相承的。

智力的本质是什么? 在 P2~P3 页, 皮亚杰强调儿童与成人是有区别的, 因此儿童需要逐渐适应由成人主导的社会, 儿童逐步达到成人的状态不是依靠一套固有知识和道德体系的听取, 而必须通过他个人的努力与亲身体验才能学习和理解。因此, 笔者坚定地认为, 智力的本质是适应, 人类的智力系统本身就是一套完备的自适应性系统[2], 该系统的核心功能是侦测、调整主体对客体(环境)的适应性关系。儿

童完成个体社会化[3]的这一适应过程便是儿童智力系统不断增强其自适应性能力的过程，也即儿童智力发展的过程。如果把智力模型视为自适应模型，其问题求解的机制就是同化、顺化和平衡。在 P4 页，皮亚杰认为，从儿童到青少年时期逐步适应周围的物理和社会环境实际上是一种不断持续的建立平衡的过程，而这种平衡存在于两种相伴而行的机制之间，同化和顺化。同化是指有机体把外部要素整合进自己结构中去的过程，从认知发展理论来说，即个体在感受到刺激并把这种刺激放进头脑中原有的图式(图式实则为认知结构)之内，使它成为自己的一部分。顺化是指有机体调节自己内部结构以适应特定刺激情景的过程，即当个体不能用原有图式来吸收外部刺激时，便会对原有图式进行修改或重建，以适应环境。同化主要是个体对环境起作用，顺化主要是环境对个体起作用。整体而言，同化和顺化相伴发生并不断建立新的平衡，才构成认知的发展。皮亚杰还提到，所有的智力发展都是一个适应过程，所有的适应过程都包括事物对精神的同化及互补的顺化过程。这意味着，儿童的智力与成人的智力存在质的差异。在 P10 页，皮亚杰把智力定义为一种面对客体的行为能力。智力，即对客体施加行为，就是拥有对客体采取行动的能力。他提到的行为能力恰恰是智力系统的自适应性能力的外在表现，或者说是智力适应性本质的行为体现。由此，笔者推断，智力模型是自适应模型，智力系统是自适应系统(或称为适应性引擎)，系统的核心功能模块是自适应模块。

关于智力的起源，皮亚杰认为，智力既不起源于先天的成熟，也不起源于后天的经验，而是起源于主体的动作；同时既不起源于主体，也不起源于客体(环境)，而是起源于主体与客体(环境)的相互作用。P9 页论及了认知心理学中两个最重要的观点：智力运算的发展起源于最广泛的有效活动，因为逻辑首先是行动的总体协调的表达；行动的总体协调不仅体现在个体层面，也体现社会层面，每个人的运算被联合在一起。上述观点可以得知，智力是有效的协调行动，智力理应起源于个体与环境(物理环境、社会环境)的交互作用。人类如何与环境交互呢？当然是通过人类在环境里做出的动作来达成，如抓握一个杯子。若进一步推演，可以得出，知识的本质是主体在主客体相互作用中建立的联系，当人类抓握一个杯子时，在亲身体验的过程中获取了知识，从而建立起人类与杯子的联系。

在阐明了智力的本质和起源之后，皮亚杰又提出儿童的认知和智力发展是有特定的顺序和阶段的。上文已作分析，儿童智力发展的过程是一种增强自适应性能力的适应过程，此处重点探讨儿童智力的发展阶段。皮亚杰不认为认知发展只是简单的量的累积，而是有不同的发展阶段，每个发展阶段都代表了一种新的思维方式(亦可以说是出现了一种新的适应性认知结构)，与在此之前和之后的阶段方式都有着本质的不同。皮亚杰将认知发展阶段作如下阐释：1) 感知运动阶段(0~2 岁)。婴儿只依靠感觉和动作来理解和认识周围的环境，认知结构建立在动作上，之后变得越来越协调。只有到了这一阶段的后期，活动才开始内化，形成代表具体事物的表征符号。2) 前运算阶段(2~7 岁)。儿童能使用符号(如词、头脑中的形象)来理解世界。思维是以自我为中心的，一直到这个阶段的后期，儿童才能考虑到他人的想法。3) 具体运算阶段(7~11 岁)。儿童获得大量的心理操作能力，如守恒，他们能以不同的方式操作符号。逻辑思维在这个时候出现了，但仍与具体事件而非抽象概念相联系。4) 形式运算阶段(11 岁~)儿童在这一时期能够进行包括抽象和逻辑推理在内的智力活动。他们有能力在完全假定的情境中解决问题，思考越来越基于想法而不是具体事物。

## 1.2. 智力、理解与创造、思维与运算、图像与操作

在 P31、P43、P80 页，皮亚杰对智力进行更深入的阐述。智力是由行动得来的，它引出了一个根本性的结果：即便在借由思想的工具才能实行的高等智力表现中，智力都是在发指令，指挥行动或协调行动，且是以一种内化和内省的方式。这些内化的行动-行动就是转化的过程，也只不过是一些数理逻辑的“运算”，却为一切判断和推理的引擎。此处，皮亚杰的观点可能有所偏颇，针对高级智力自然是如此，

但低级智力未必一定能进行判断或推理,实际上,低级智力远比高级智力复杂(也更加难以探究,因为人类总是习惯使用高级智力),根据哥德尔不完备定理[4],可知的未必可证,不可证的就写不出算法(往往可证的前提又是可知,这也就带来无穷指数级递增解的问题),任何一种形式化系统都无法即是完备的,又是一致的。皮亚杰也指出,儿童智力很多时候从成人的角度来看是模糊的、矛盾的、不一致的,推测得,人类的智力系统应为完备的、但不一致的(康德的“二律背反”恰说明了这一点)。皮亚杰提到,智力具有两个特征:可逆,且可以根据整体结构调整自己的位置,这两个特征正是智力自适应性的内涵。这样一来,智力就变成了一个吸收转化的过程:化数据为结构,化初级运算结构为高级运算结构。继而,皮亚杰给出了智力发展的两个重要结论:1)智力发展主要取决于主体的活动,从感知-运动阶段到内化的运算,这些发展的关键一直是一种无法加以简化的自发操作(运算无法被简化为感知或图像的“形式”,因而直观教学法不如活动教学法);2)这些操作不是一开始就动作到位的,它是内心不断建构的产物,其关键就是要通过自我调节来达到平衡,用平衡来修复暂时不连贯,处理当前不平衡的局面。皮亚杰在批判直观教学法和学习机器时谈到,智力并不能简单地等同于电影中的画面-它更像是放映机,不仅负责影像的播放,更提供了其中的控制机制,通过内部逻辑和自动调节、自动修正的程序来保证画面的连贯。显而易见,皮亚杰描绘的放映机系统就是一种自适应性系统。

理解与创造是智力的主要功能。在 P8 页和 P13 页,皮亚杰希望学校和教师承认智力演化的存在,并认识到它的持续建构性、阶段性和自发性。旧理论往往片面地强调理解地作用,而没有认识到智力的主要功能还在于理解和创造,而心理学新理论则认为理解从属于创造。P29 页解释道,因为如果要理解一种现象或一个事件,就要重新构建一个相关事件向已知事件转变的结构,这其实就已经包含了一些创造或再创造的意味。已有研究证明,创造是人类智能的根本差异所在,为人类所独有。而所谓创造,就是整体上各种结构的不间断地结构化。换言之,作为智力系统的功能模块,创造模块比理解模块更基础,更应该被重视。

思维和智力的概念并不能完全等同。现代研究表明,人类在胎儿时期就已经有了智力,并且胎儿在母胎中的感受会对他产生深远的影响。但思维并不是,思维是智力发展到一定阶段得到的。感知-运动阶段有 6 个亚阶段[5],如果要回答智力究竟是起源于何种事物,可以从前四个亚阶段找到答案。第 1 个亚阶段,婴儿大部分时间都在练习先天的反射;第 2 个亚阶段,称为初级循环,婴儿在阶段后期开始意识到自己动作的意图;第 3 个亚阶段,称为二级循环反应阶段,婴儿能初步察觉出自己的动作会带来某些影响;第 4 个亚阶段,称为二阶模式的协调阶段,这个阶段就是人类智能特殊性的起点,此阶段可以观察到婴儿具有明显的、区别于动物的高级智能特征活动,工具性的动作在后期发生,婴儿尝试新的动作。第 5 个亚阶段彻底把人类和动物区分开来,也就是 9~10 个月的婴儿,他们形成了客体永久性(会寻找幕布之外存在挡在视线之外的物体,之前婴儿不会),这种特性是一切概念、表征的基础,又创建了守恒定理的基本图式。P33 页指出,象征功能使得感知-运动智能发展为思维。思维的产生,一方面更加体现了智力的自发性,不同智力发展阶段的儿童的自发反应是相异的;另一方面也彰显了思维与智力在概念上的区别。运算可以视为思维的具体活动,在第 5 个亚阶段之前,婴儿只能把感知-运动智能当作认知工具,而经过了这个阶段,感知-运动智能发展成思维,思维就成为了认知工具,主体对这种工具的操作就是运算,运算具有可逆性和相互性。至此,分析得知,思维是动作的内化,当然这个内化过程需要一定的时间。对于智力系统来说,高级思维模块应处于系统的最上层。

图像与操作是认知的两个方面。在 P36~P38 页,心智自然生长,经历了“感觉 + 运动”主导的初级阶段、具体运算阶段、形式运算阶段,其特征是转化体系的逐步形成。认知的“转化”层面称作“操作”,涵盖了初级认知动作和高级运算结构。然而要认识现实不能只有“转化”没有“状态”,有认知工具专门处理状态,或者说把运动和转化描述成一个个前后相随的状态,这就是“图像”,比如说感知、

模仿, 所谓内化的模仿, 就是由心理图像构成的。皮亚杰谈到了阿尔伯特·米桥特的研究, 因果的概念来源于“对因果关系的感知”, 研究者们也确实在非常年幼的孩子身上发现了这种形式感知的存在。皮亚杰证明, 感知-运动的因果关系并非由感知的因果产生, 正相反, 视觉因果关系的基础是运动触觉的因果关系, 而后者自身依赖于动作的整体, 而不仅仅取决于知觉的因素。因此, 运算的因果关系扎根于感觉-运动的因果关系, 而不是知觉的因果关系, “感知-运动”主导的认知活动才是观念以及与之相关的知觉的共同来源。至于形象表征, 研究事实均证实了思维的图像方面一直从属于操作方面, 在前运算阶段, 图像是静态的和可复制的, 因为此时的儿童没有预测运动或变化结果的能力。心理图像的发展并不遵循自主原则, 它需要外来因素的干预, 干预的性质是操作。根据以上分析能够看出, 智力系统的加工原料是由操作干预的心理图像。

### 1.3. 意识与自我意识、直觉智力与反思智力

在 P47 页, 皮亚杰谈及了数学教学中一个有趣又常见的问题。有一些蛮聪明的学生, 在别的学科显露出超常的智力, 但数学成绩总不理想。实际上, 虽然智力运算结构的本质是数理逻辑, 但后者本身并不作为自觉的结构出现在儿童的心智中。教学恰恰是通过一种专门的术语, 一套抽象度相当高的特殊符号要求主体反思自身思考的逻辑结构。P50 页进一步说道, 在智力建立和使用运算结构的时候, 并不会自主意识到这个过程-这种无意识类似于, 成年人虽然能够进行推理和分析, 却全然不知如何运用象征逻辑或代数学将这些运算以抽象和代数的形式表现出来。人类的智力和意识之间的关系是极其微妙的, 智力工具的使用经常是无意识的。意识和自我意识, 很多学者混为一谈, 事实却是, 两者有着极大的差异。结合上文的感知-运动第 2 个和第 3 个亚阶段, 婴儿很早就能够察觉出自己的动作, 至少可以得出, 意识在这个阶段就已经出现, 甚至可能更早。而第 5 个阶段, 客体永久性的出现与第 4 个阶段意识性动作协调, 不可谓没有关系。自我意识出现得比较晚, 儿童根据自我兴趣, 加强了“我”的同化, 进而剥离出自我意识。要注意到, 自我意识是从意识中通过个人活动的不断同化剥离出来的。

意识和自我意识, 恰同直觉智力(实践智力)和反思智力相对应。P175 页, 皮亚杰详尽阐明了这两种智力。在所有的语言, 也就是所有概念性和反省性的思维发展之前, 婴儿会先发展一种感知-运动智力或实践智力, 这种智力在婴儿征服现实的过程中非常重要, 它自身就组成了空间和物品、因果关系及时间的要素, 简言之, 它在行动层面构建了一个稳固的和协调的宇宙。人们发现, 实践能力被用作概念性智力的次结构, 其机制看似独立于后者, 并且完全是原创性的。对于儿童, 实践智力在反思智力之前发育, 后者在很大程度上是由有意识地利用前者的结果而发育起来的。能够确定, 反思智力只有将自身建立在实践智力的根基上, 才能在自身符号或概念的层面上进行新的创造。比如说, 在知道如何解释一些现象之前, 儿童就能够预料到它们的发生, 源自实践智力的法则先行于因果关系, 因为后者要求反思推理, 但是给出准确的解释则需要儿童逐渐意识到指导其预测的缘由。在智力系统中, 一个关键模块就是感知模块, 但这种感知模块包含了整体的运动, 意识, 以及实践智力, 而自我意识和反思智力应纳入到高级思维模块。

## 2. 皮亚杰理论的评价

皮亚杰理论的积极贡献, 首先是把认知论与心理学紧密结合起来, 促进了科学认知论的发展, 进而促进了儿童心理学和认知心理学的发展, 在学习心理学的发展史上也占有重要地位, 他的建构主义思想正作为当下教育教学实践的指导性思想之一, 教学应以教师为主导, 学生为主体。皮亚杰理论也遭受了很多学者的批评和质疑。加德纳明确反对皮亚杰理论, 认为皮亚杰理论过于生物倾向, 生物的适应性功能被过分放大, 教育意义上也略显消极。也有一些学者认为, 皮亚杰理论忽视了儿童的综合能力, 存在唯科学主义和逻辑中心主义倾向, 对比维果斯基的社会文化认知发展论, 有些不够全面。

事实上，维果斯基提出的“最近发展区”是建构主义学习理论的重要观点，建构主义发展至今，也在不断地补充和完善。皮亚杰理论固然有其时代的局限性因素，理论的生物色彩非常显著，但不应该把皮亚杰理论的适应，和生物的适应相等同。如果将《教育学原理》中有关适应、教育文化的观点引入，则可以弄清楚两种适应之间的差别。生物的适应是一种本能，而人类的适应是在实践中能动地改造环境，前者没有进步，后者不断进取，人类智力的适应是后者[6]。人与生物的本质区别在于文化，文化基因和文化进化是人类独有的事物，文化在最初也是一种适应机制[7]。人类智力的适应，自发性并不完全等同于自在性，这种适应是自为的[8]。恩格斯精辟地说到了这两种适应的不同，“动物仅仅利用外部自然界，简单地通过自身的存在在自然界引起变化；而人则通过他所作出的改变来使自然界为自己的目的服务，来支配自然界”[9]。教育的本质是通过传承文化使个体完成社会化的活动，并促进社会的发展和个体的全面发展[10]。皮亚杰理论本身也包括了道德等文化因素(皮亚杰道德发展阶段理论)，智力的发展同样包含个体对文化的吸纳。至于过分的逻辑中心主义，上文已经评析，智力不一定可以完全视为一切判断和推理的逻辑引擎。总之，建构主义最为着重的是主体对知识的内部构建，皮亚杰理论依然拥有极高的价值。

### 3. 皮亚杰儿童智力发展理论对人工智能的启示

综上所述，依据皮亚杰智力发展理论，智力系统是一个典型的自适应系统，智力的自适应模型可作如下图1构建。建模方法上，应选用自监督学习为主[11]。

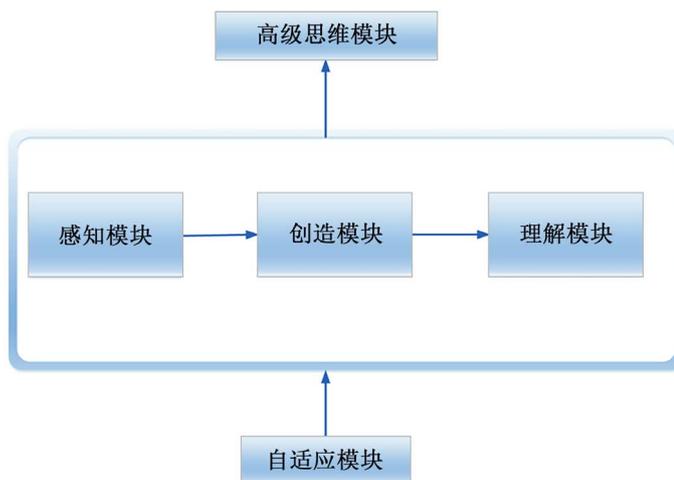


Figure 1. An adaptive model of intelligence

图1. 智力的自适应模型结构简图

人工智能理论学派主要有符号主义、连接主义、行为主义三大流派，当今现状是，连接主义的代表产物——神经网络的发展如火如荼，符号主义再次停滞不前，以维纳控制论为基础的行为主义占据着仿生机器人等领域。然而，三个理论在通往人工智能的道路上，都存在着先天性难以解决的问题。如神经网络基于曲线拟合，有时过于经验主义，虽然取得了很好的结果，但可解释性仍然不足，以至于有学者质疑，神经网络的可解释性问题就不能利用神经网络本身去解决。建构主义人工智能，希望能对当前人工智能理论做出一些建设性的补足，尝试将建构主义学习理论和人工智能理论相结合，利用皮亚杰发生认知论、智力发展理论等独特的理论视角，重新审视在人工智能领域中智能的本质、起源和发展，期望赋予它一定程度上的可教性[12]，重视它的创造性、因果性，而不是仅仅依靠数据。正如 Judea Pearl 所言，必须承认，数据本身不存在假设，更不存在情境，统计式的观察数据不应是最理想的归宿[13]。

---

## 参考文献

- [1] 让·皮亚杰. 教育科学与儿童心理学[M]. 北京: 教育科学出版社, 2018: 1-197.
- [2] 斯伯克特, 迈瑞尔, 迈里恩波, 等. 教育传播与技术研究手册第四版下册[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2012: 966-977.
- [3] 胡德海. 教育学原理[M]. 第三版. 北京: 人民教育出版社, 2017: 159.
- [4] Reyzin, L. (2019) Unprovability Comes to Machine Learning. *Nature*, **565**, 166-167. <https://doi.org/10.1038/d41586-019-00012-4>
- [5] 于珺. 皮亚杰发生认识论述评[D]: [硕士学位论文]. 吉林: 吉林大学, 2014: 5-10.
- [6] 胡德海. 教育学原理[M]. 第三版. 北京: 人民教育出版社, 2017: 144.
- [7] 胡德海. 教育学原理[M]. 第三版. 北京: 人民教育出版社, 2017: 167.
- [8] 胡德海. 教育学原理[M]. 第三版. 北京: 人民教育出版社, 2017: 168.
- [9] 胡德海. 教育学原理[M]. 第三版. 北京: 人民教育出版社, 2017: 202.
- [10] 胡德海. 教育学原理[M]. 第三版. 北京: 人民教育出版社, 2017: 216.
- [11] Sun, Y., Tzeng, E., Darrell, T., *et al.* (2019) Unsupervised Domain Adaptation through Self-Supervision. arXiv, 1-15.
- [12] 胡德海. 教育学原理[M]. 第三版. 北京: 人民教育出版社, 2017: 228.
- [13] Pearl, J. (2018) The Book of Why: The New Science of Cause and Effect. *Basic Books*, 1.