

人非机器：对计算思维本质的认识

李 芒 杨宇轩

(北京师范大学教育技术基本理论研究中心, 北京 100875)

[摘要] 近年来, 计算思维受到广泛关注, 催生出多种思维教育实践活动, 却无法掩盖其概念界定的模糊不清、教学实践的混乱难堪, 以及对人才培养产生的负面影响。计算思维的理论与实践表现出的问题, 在于其无法回应人们的期待, 不能满足教育实践的需求, 混淆了人类思维与机器运转程序的差异, 更多依赖计算机而弱化、限制和束缚了人类思维水平的提升。人类思维理应循着自身的基本规律和全面性、综合性、自由性和开放性特征不断发展。显然, 计算思维难当大任。利用计算思维促进人类思维发展, 务须小心审慎地理清概念, 发现并克服计算思维之负面效应, 以人的全面发展为根本, 将思维教育回归到人本身。

[关键词] 人类思维; 计算思维; 思维发展; 思维教育

[中图分类号] G633

[文献标识码] A

[文章编号] 1007-2179(2023)02-0055-06

当今的理论与实践领域, 人们总会将由权威人物抛出的热点概念视作理所当然, 并以此作为自己的审查判断依据(阿伦森, 2007), 似乎这些观点或想法无须经过审视而存在天然的合理性与正确性, 变成放之四海而皆准的公理。自从“计算思维”概念出现后, 国内外学者或从定义出发考究其含义, 或从价值出发论证其效用, 或从实践出发开展计算思维的培养以求提升学生的计算思维能力。特别是2011年美国将计算思维纳入课程培养体系后, 很多国家相继出台新课标方案, 将计算思维作为信息技术课程的重要内容。在我国, 以《计算机教学改革宣言》为代表的一系列会议纪要、论文、政策等文献足以表明(教育部高等学校大学计算机课程教学指导委员会, 2013), 计算思维已被奉为现代人类的重要思维方式, 以及所有大中小学生必备素养。然而, 对计算思维概念的过度追捧导致学界忽视对

其进行深入思考和全面认识, 并在教育实践中出现理解错位。

一、“计算思维”概念的非人化演变

在研究某事物时, 最重要的方法是向某事物的开创者学习, 研究他们的思想和方法, 因为开创者提出的是元问题。计算思维的提出最早可追溯至1980年, 西摩·佩珀特(Papert, 1980, 1996)首次使用术语“计算思维”指代一种学生通过计算机提升思维水平的模式。1996年, 他再次强调学生需要通过使用计算机来改造自身的学习, 提高自身表达想法的能力。在生成概念的萌芽期, 计算思维变为指代一种借计算机而提高思维能力的学习行为, 而非某种思维方式。马文·明斯基(Marvin Lee Minsky)特别看重人类思维的机械性, 强调让学生把自己当作可编程的、程序化的计算机, 要求学生像计算机

[收稿日期] 2023-02-09

[修回日期] 2023-02-15

[DOI编码] 10.13966/j.cnki.kfjyyj.2023.02.007

[基金项目] 全国教育科学“十三五”规划2018年度国家一般课题“大学教学现代化的战略愿景与理论创新研究”(BCA180085)。

[作者简介] 李芒, 博士, 教授, 北京师范大学教育技术基本理论研究中心主任, 研究方向: 教育技术基本理论、教师发展(leemang@bnu.edu.cn); 杨宇轩, 北京师范大学教育学部硕士研究生, 研究方向: 教育技术基本理论、教师发展。

[引用信息] 李芒, 杨宇轩(2023). 人非机器: 对计算思维本质的认识[J]. 开放教育研究, 29(2): 55-60.

那样“思考”。当学生意识到自己有“思维漏洞”时,可以想象为大脑程序的某个步骤出了毛病,因此可以想象锁定大脑某个特定部分去修复它。显然,这种把人类当作机器的想象,甚至“大脑无非是肉做的机器而已”的论调,是典型的扬物抑人而非人化的观点与态度,并深刻影响着与它有共同追求的人(马文·明斯基, 2020: 112)。

2006年,周以真(Wing, 2006)发表了题为“Computational Thinking”的论文,首次将计算思维界定为一种普适性的态度与技能,将计算思维形象地解释为一类让人们“像计算机科学家”一样思考问题的解决方案。她还提出计算思维是一种概念性的想法,一种人类的基本思维,因而无处不在,无人不有;同时指出,计算思维不仅结合了数学思维与工程思维的内容,也促进了数学思维与工程思维的发展。之后周以真(Wing, 2008)对计算思维作了新解释,指出计算思维本质是一种分析思维,其问题解决、系统设计与评估、对智能与人类行为的理解三方面分别与数学思维、工程思维、科学思维趋同。通过将人类抽象的“自动化”归结为计算,她创造性地提出“计算不仅能够以机器来实现,也能够以人类来实现,即人类计算并处理信息”(Wing, 2006),将人类与计算机微妙地划上了等号。2010年,周以真(Wing, 2010)再度对计算思维作出严密的定义,指出计算思维是在理解问题并制定解决方案时所涉及的思维,旨在使解决方案能够以信息处理的方式来表征与实现。此处的“问题”与“解决方案”不仅包括简单的算法或程序,更包括现实世界的问题。于是,计算思维就与逻辑思维、系统思维、算法思维、并行思维等产生了交叉。综上所述可知,三次不同的解释虽存在一定的递进关系,即在详细程度上越发细化,在应用层面更具有可操作性,但分别指向各异的思维原则。在最初的概念界定中,计算思维尚指向人类思维,对计算思维的倡导也要求学生学习计算机科学家思考问题的方式,之后却逐渐弱化了对思维的人类性特征的重视,强调计算思维的工程性与逻辑性,甚至提出“可以将人类或人机的结合视为一种新形态的计算机”(Wing, 2006)。第三次解读更加弱化人类思维而强化机器运算,突出强调计算思维与计算机之间的密切联系,以及计算思维具有的广泛适用性。此后,

计算思维的概念解读与教学实践呈现明显的多样性,学界对计算思维的概念未达成共识(National Research Council, 2011),中、美、英等国学者均从不同视角认识与理解计算思维。有学者认为,计算思维的概念界定大致可分为问题解决说、系统说、过程说、活动及方法说、工具说(张立国等, 2018)。而以周以真为代表的,使用计算机的运作方式解决问题的问题解决说的主流观点,却存在着扬物抑人、指人为物,与人渐行渐远的倾向。

这个具有高度不确定性的概念直接导致学者对计算思维价值效用的不同解读。有学者指出,计算思维是人类科学思维活动的固有组成部分,随着人类社会的发展而逐渐为人们认识和理解。计算机的出现发展和强化了计算思维的意义与作用(李廉, 2012)。于是,计算思维以自然的方式存在于人类思维发展的历史长河中,只是在信息时代为人们所发现与运用,进而将计算思维的价值内化于思维的价值中。无独有偶,亦有学者将自然科学领域的三大科学方法,即理论方法、实验方法与计算方法映射于人类的思维方式中,得出人类自然发展的理论思维、实验思维与计算思维(石钟慈, 2000; 朱亚宗, 2009),以此强调计算思维“并非创造,而是发现”。还有学者借图灵所论证的“心灵的本质是计算”,赋予思维以“计算特征”(史文崇, 2014),强调计算思维之于思维的合理性——“思维的本质是计算”。可见,学者们以思维的历史发展赋予计算思维存在的自然性与合理性,使计算思维的价值不言自明并无师自通。很显然,这些观点与周以真的想法背道而驰。更多的学者从计算思维的概念与相关政策的制定出发论述其价值,旨在说明计算思维在信息社会不可或缺,是信息技术课程最核心的内在价值。人们普遍认同,在中小学教育中,数学与科学的基本素养是学生认识、理解世界的必要条件。于是,有学者推论:计算思维教育有助于提高学生的数学与科学基本素养(Grover et al, 2013)。在中小学开设信息技术课程,最重要的目的是培养与训练学生的计算思维,使之全面发展(李锋等, 2013)。可见,计算思维被概括为信息技术学科思维方式的本质特征而体现其普适性,为信息技术课程的设立与发展提供理论基础与实用价值(刘向永等, 2013)。

概念界定的模糊性与价值效用的多样性影响了计算思维的教育实践。麻省理工学院媒体实验室主任沃尔特·本德曾经指出,学习编程已经被吹捧为治疗教育问题的万灵药,但即便是在最好的条件下,学习编程本身不能帮助学生学会发展属于自己的、独立的想法(马文·明斯基, 2020: 133-134)。周以真界定“计算思维”时也指出计算思维教育不等于编程教育,但计算思维教学实践没有按照她的思路演进,仍将编程与算法教育作为最重要的学习内容。从教育实施的目的而论,编程语言逻辑相比于自然语言逻辑,更符合计算思维教育所希冀培养的思维逻辑,也就是让学生遇到现实问题时,能够将其进行数据表征以转化为程序与算法问题,从而解决问题。编程与算法教育培养的学生程序设计能力与算法设计能力,将会从多层次、多纬度、全方位影响学生的思维,而非仅培养计算思维能力。若编程与算法教育将计算思维能力的培养作为唯一目的,只会遏制学生其他思维能力的提高,窄化学生的思维发展。同时,过度的编程训练会促使学生受编程语言逻辑的束缚,从而逐渐破坏学生的自然语言逻辑能力,使学生思维向非人化发展。由上可知,计算思维教育始终存在专家的应然手段与一线教育实践者的实然手段之间的冲突:一方面是专家对“将计算思维教育视为程序设计教育代名词”的批判及对“在所有学科中都要进行计算思维教育”的呼吁(李锋等, 2015),另一方面是培训机构、学校教师等将计算思维视为只能在信息技术课程培养的一种思维能力,将计算思维教育等同于编程训练,使学生思维陷入编程逻辑的僵化之中。可见,专家的呼吁并非反映教育实践需要,而教育实践者亦无法回应计算思维教育的期待。最终,教育在追逐计算思维热点的过程中被挟持,盲从于计算思维的虚假表象,落入单维单轨的发展窠臼。

二、“计算思维”的本质性辨析

格物而后知至。研究计算思维的合理性,需要从其根本性质上来把握,探讨计算思维基本要素的内在联系。计算思维的本质是由它区别于其它思维的特殊矛盾决定的。认识只有从现象深入到本质,穷究事物之理,才能揭示规律。但是,现代社会充斥着功利主义与效用主义的影响,使得人们极度

轻视计算思维的理论探究,由此便在本基本概念、价值取向以及教学实践等方面引发乱象。可见,以审慎的态度体悟真相,充分研究计算思维的本质属性具有必要性,因为实践无论如何也不能背离理论而行(毛泽东, 1991)。

(一)概念推敲

思维通常被理解是人类特有的一种精神活动,旨在将外化于人的概念与现象进行综合、分析、推断而内化为人的认识。约翰·杜威(2010)指出,思维是指称立足于某种基于真实知识或被信以为真的知识根据,为了形成一种信念,要经过认真思维,有意识地思考这一信念的性质、条件和意义(约翰·杜威, 2010)。因此,杜威所认同的思维,更多以归纳的方式,从人的精神活动总结而来。朱智贤与林崇德(1986)提出概括性是思维最基本的特征,是思维赖以存在的必要条件。可见,思维不仅存在着人类的信念,还存在着唯有人类思维才具有的概括性,于是思维活动只能是人的活动。据此,计算思维能否算作一种人类思维有待商榷。

若将计算思维视作“经过历史的发展”而自然存在于人类思维方式的一类思维,又仅是在计算机出现后才为人们发现、认识与理解,那么便会错误地将人类的计算与计算机的计算相等同,错误地将计算思维的“计算”视作人类计算。计算机的计算诚然是对人类计算的模拟,但这种模拟并非是对人类计算法则的拟合,而是对最终结果准确率的研判,以致于目前没有任何证据表明,人类计算与处理信息的过程,从本质上讲完全等同于计算机计算并处理信息的过程。计算思维所强调的“数据表征”“逻辑抽象”与“编程处理”,从根本上说就是计算机的问题解决逻辑,而非人类逻辑。在计算机诞生前,不存在计算机的计算“思维”,将计算思维视为古已有之,只会泛化计算思维概念。计算机不在场时,所谓的计算思维被理解为一种提出问题构思、划分问题结构、制定解决方案并按步骤有序解决问题的行为过程,而演变成为一种人类的逻辑思维。那么,既然逻辑思维已完全能够指代这种思维活动,又何须再提计算思维?

若将计算思维视作“由计算机科学衍生的一种新的思维方式”,则尤以周以真的解释最为典型。正如前述,周以真界定的计算思维是基于计算机运

算法则构建的模式, 计算机通过大量运算以求模拟人类思考, 将海量的数据集作训练用以求趋向人类理解, 这只是基于概率预测进行的运算推演, 并非人类思考过程的数据化。因此, 即使计算机能够给出正确的结果, 也不能表明它能够理解问题(钱铁云, 2004)。哥德尔不完全性定理已经指出, 任何一台机器无论多么复杂, 都必将遵循于一个形式系统, 只要是机器模拟人的智能, 就必定存在着某种不能超越的逻辑极限, 或者说, 计算机永远不能做人所能做的一切(孙小礼, 2003)。人与物相比最本质的特征在于有心, 而人心完全是非算法的, 绝不能够被程序化。思维是人心与人脑相结合的产物, 受到文化实践的影响, 故不能被抽离为孤立的个体(杰罗姆·布鲁纳, 2001), 因此更不能被计算化。以图灵为代表的可计算主义, 将人类思维视为单纯的信息加工过程, 将人类大脑视作一台计算机, 只是一种时代的偏见。可见, 不仅“模拟感觉从来都不是感觉, 模拟的爱从来都不是爱”(Turkle, 2010), 以运算模拟的机器“思维”也绝非人类思维。

(二) 实践审视

对计算思维理解的偏颇直接影响人才培养实践的方向、理念与规格。首先, 学者对计算思维与各种实践系统有机结合的期待导致思维的机械化、形式化。人的意识存在不确定性, 无论何时都不会一门心思直冲目标对象(胡翌霖, 2021), 因而无法像计算机程序一样“直击要害”“直面问题本身”。由于信息的复杂性, 计算机按目的解决问题的方式不一定能够按人类预想顺利进行, 而常常要依靠人类思维的发散性与偶然性解决问题。各种学科教育过度渲染计算思维, 必然会弱化人们对其它思维的培养。大中小学广泛开展计算思维教育, 以计算思维的有限性代之创造性思维的无限性, 无疑是对思想的禁锢、对人性的捆绑, 必将损害学生思维的开放性, 使学生为模式所束缚。学生以计算思维作为思考与解决问题的思维定式, 或会伤害学生的想象力。由此, 计算思维教育非但没能迎合学者提高人们思维水平的期望, 反而僵化了人类思维, 使人类思维更呆板、更程序化。人类整体思维水平的提升, 绝非计算思维所能胜任。其次, 计算思维的底层逻辑昭示其局限性。现实社会是由无数复杂系统相互作用形成的, 在计算机科学未取得突

破性进展之前, 具有不可预测性与不可还原性(范冬萍, 2011)。由此, 若想以社会的数字化促成人类的数字化, 将人类面临的现实问题转化为数据问题, 从而以计算方式解决便成为无稽之谈。计算机的运算仅是对人类单一特征的模拟, 而非对整个世界全部特征的描摹。以计算思维窥视整个世界无异于管中窥豹、盲人摸象而难知全貌。世界、社会与人类的所谓数字化, 必使得那些无法被数据化的特征为计算研究所忽视, 继而影响全然由计算而得出的问题解决方案的准确性。同时, 计算思维产生的确定性还会使研究者对结果的正确性充满信心, 全然忽略其中是否存在以倾向定结果的窘况。事实上, 截至目前, 大量关于计算思维教育的研究成果在实验方的主观意向下取得了“优异”效果, 不由得使人强烈质疑研究的科学性与有效性。

再次, 由于不存在社会的全面数字化, 要求计算思维成为全体人类面向未来数字化社会必须掌握的思维能力便是无源之水、无本之木。学习并理解计算机是运用计算机解决问题的必要条件, 因此计算机科学家需要认真研究计算思维。而普罗大众即便处在信息时代亦或未来更发达的信息化社会, 亦无须追求透彻理解计算机, 无须追求以计算最优解来求解所有问题, 无须追求效率的计算最优化。有如前述, 社会计算化会忽视难以数据表征的特征, 无法囊括现实社会的全部内容。因而, 数据运算所生成的最优解, 亦无法作为现实问题的最优解, 更难以作为人们解决现实问题所遵从的根本行动原则。人是感性与理性的结合, 是“中道”的贯彻者与实践者。由纯粹的感性所致使的“激情行动”与由纯粹的理性所致使的“最优化行动”都不可取。因此, 计算思维不适合于全体人类, 仅适合于那些需要深入理解计算机系统的计算机专业人员, 换言之, 必须反对所有人都“像计算机科学家那样思考问题”。

三、人类思维教育向何处去

每个时代的理论思维, 都是历史的产物。关于思维的科学也是历史的科学, 是关于人类思维的历史发展的科学(马克思等, 2012)。人类思维发展的历史性与规律性昭示着思维变迁的决定性与必然性, 因而思维发展与人类发展密切相关, 与人类自

身、人类社会的发展相联系,呈现复杂系统的态势,继而难以为人们所预测与推断。林崇德(2006)指出,各种思维形式之间的关系并非简单的替代关系,而是替代与共存辩证统一的关系。可见,思维的发展具有历史传承性和实践性,人们不断发展的实践活动为思维发展提供了依据。

首先,历史传承性和实践全面性要求人类思维发展具有全面性。人类思维是人类实践活动的意识映射,人类实践规定着人类思维,人类实践的全面性决定了人类思维的全面性。因此,人类思维必定是全面地、多样地、持续地发展,也只有全面的思维,才能探寻不同领域的不同“真理”,最终发现完备的真理。

其次,只有全面的思维教育才能促进思维的发展。一方面,人类的思维纷繁复杂且不相互独立,很难单独择出某种思维以分析其精神活动过程,并设计相关教学方案以求对该思维的独立培养与训练;另一方面,思维不具有传递性而只能被“搅动”和“激发”(威廉·赫德·克伯屈,2016),学生不可能在没有思考对象时去思考“思考”本身(Papert,2005)。所以,思维教育就是通过各种工具与脚手架刺激学生自觉地运用各种思维解决学科课程中的问题,提升思维水平的过程。马文·明斯基(2020:110)不推荐在小学课程加入思维课程,因为真正的思维教育不应强调训练某种思维,而应刺激学生全部思维,促进学生整体思维发展。思维教育对学生思维的“激发”是丰富的自由度与可选择性的充分表达,而非死搬教条。思维教育对思维的培养应是自然的、水到渠成的,是由学生发挥其主观能动性解决问题表现出来的,而非一种要求学生依照固定模式运用某种思维解决问题的强制行为。单一化的思维教育虽有可能呈现好的结果表达,却背离了思维教育的自然性。这最终只会导致行为单一化、观点单一化、思想单一化,限制思维的创新性与开放性,无助于学生思维能力的提高,无助于思维教育根本目的的抒发,反而影响思维的发展。

再次,思维发展的全面性是人类全面发展的前提。思维是人的思维,思维的培养不可能脱离人展开。思维教育的根本目的仍旧是培养全面发展的人。由此,人的全面发展需要全面的思维发展,需要全面的思维教育。同时,思维教育亦要以人为本,

要做“眼中有人”“心中有人”的教育(林崇德,2022),时刻以人的发展而非某项指标为原则,才能真正实现思维教育的目标。

[参考文献]

- [1] 阿伦森(2007). 社会性动物(第九版)[M]. 上海: 华东师范大学出版社: 12.
- [2] 范冬萍(2011). 复杂系统突现论——复杂性科学与哲学的视野[M]. 北京: 人民出版社: 69.
- [3] Grover, S., &Pea, R.(2013). Computational Thinking in K-12: A review of the State of the Field[J]. Educational Researcher, 42(1): 38-43.
- [4] 胡翌霖(2021). 技术哲学导论[M]. 北京: 商务印书馆: 41.
- [5] 杰罗姆·布鲁纳(2001). 教育的文化[M]. 远流出版事业股份有限公司: 12.
- [6] 教育部高等学校大学计算机课程教学指导委员会(2013). 计算思维教学改革宣言[J]. 中国大学教学, (275): 7-10+17.
- [7] 李锋,王吉庆(2013). 计算思维: 信息技术课程的一种内在价值[J]. 中国电化教育, (8): 19-23.
- [8] 李锋,王吉庆(2015). 计算思维教育: 从“为计算”到“用计算”[J]. 中国电化教育, (10): 6-10+21.
- [9] 李廉(2012). 计算思维——概念与挑战[J]. 中国大学教学, (1): 7-12.
- [10] 林崇德(2006). 思维心理学研究的几点回顾[J]. 北京师范大学学报(社会科学版), (5): 35-42.
- [11] 林崇德(2022). 做“眼中有人”的教育[J]. 中国教育学刊, (6): 1.
- [12] 刘向永,周以真,王荣良,李冬梅(2013). 计算思维改变信息技术课程[J]. 中国信息技术教育, (6): 5-12.
- [13] 马克思,恩格斯(2012). 马克思恩格斯选集 第三卷[M]. 中共中央马克思恩格斯列宁斯大林著作编译局编译. 北京: 人民出版社: 873-874.
- [14] 马文·明斯基(2020). 创造性思维: 人工智能之父马文·明斯基论教育[M]. 北京: 人民邮电出版社.
- [15] 毛泽东(1991). 毛泽东选集第一卷[M]. 北京: 人民出版社: 288.
- [16] National Research Council(2011). Committee for the workshops on Computational Thinking: Report of a workshop of pedagogical aspects of computational thinking[M]. Washington, DC: National Academies Press: 3-4.
- [17] Papert, S. (1980). Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas[M]. New York: Basic Books: 285-286.
- [18] Papert, S.(1996). An Exploration in the space of mathematics educations[J]. International Journal of Computers for Mathematical Learning, (1): 95-123.
- [19] Papert, S.(2005). You can't think about thinking without thinking about thinking about something[J]. Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 5(3): 366-367.
- [20] 钱轶云(2004). 人工智能是否可以超越人类智能?——计算

机和大脑、算法和思维的关系 [J]. 科学技术与辩证法, (5): 44-47.

[21] 史文崇(2014). 思维的计算特征与计算的思维属性 [J]. 计算机科学, 1 (2): 11-14.

[22] 石钟慈(2000). 第三种科学方法——计算机时代的科学计算 [M]. 北京: 清华大学出版社: 11.

[23] 孙小礼(2003). 现代科学的哲学争论 [M]. 北京: 北京大学出版社: 44-45.

[24] Turkle, S. (2010). Close engagements with artificial companions[M]. Amsterdam: The John Benjamins Publishing Company: 3-10.

[25] 威廉·赫德·克伯屈(2016). 教学方法原理 [M]. 北京: 人民教育出版社: 90.

[26] Wing, J.M(2006). Computational thinking[J]. Communications of the ACM, 49(3): 33-35.

[27] Wing, J. M. (2008). Computational thinking and thinking about computing[J]. Philosophical transactions of the royal society of

London : Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 366(1881): 3717-3725.

[28] Wing, J. M. (2010). Computational Thinking: What and why?[DB/OL]. <http://www.cs.cmu.edu/~CompThink/papers/TheLinkWing.pdf>.

[29] 约翰·杜威(2010). 我们如何思维 [M]. 北京: 新华出版社: 4-6.

[30] 张立国, 王国华(2018). 计算思维: 信息技术学科核心素养培养的核心议题 [J]. 电化教育研究, 39 (5): 115-121.

[31] 朱亚宗(2009). 论计算思维——计算思维的科学定位、基本原理及创新路径 [J]. 计算机科学, 36 (4): 53-55+93.

[32] 朱智贤, 林崇德(1986). 思维发展心理学 [M]. 北京: 北京师范大学出版社: 11.

(编辑: 李学书)

Human is not Machine: the Understanding of Computational Thinking

LI Mang & YANG Yuxuan

(Research Center for Basic Theories of Educational Technology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: *Computational thinking has won a focused attention all over the world, resulting in varied and rich practice in thinking education. Consequently, computational thinking evolves with a lot of accomplishment as well as unclear concepts and awkward practices that cannot meet the needs of both people and the practice. Among many issues and challenges, one is to focus more attention on machine understanding instead of human thinking, which is a serious mistake to equal human thinking to the processes a computer has to work through. The development of human thinking should be comprehensive, free, and open, which are very hard to achieve if the focuses always stay on computation and machines. It is essential to clarify the concept and pay more attention to human being in efforts to develop the computational thinking and to implement computational thinking practice.*

Key words: *human thinking; computational thinking; thinking development; thinking education*