

基于 DINA 模型的九年级学生“二次函数”学习认知诊断研究

李渊珍¹ 李悦² 普多旺¹, 通讯作者

(1. 西藏大学理学院, 西藏 拉萨 850000;

2. 西藏大学生态环境学院, 西藏 拉萨 850000)

摘要: 基于 DINA 认知诊断模型, 对九年级学生“二次函数”学习进行认知诊断。根据诊断结果, 教师能够精确地获得学生对“二次函数”知识点的掌握情况, 并制定出具有针对性的教学计划和补救策略, 以优化教学效果, “对症下药”, 贯彻因材施教的教学理念。

关键词: DINA 模型; 二次函数; 认知诊断

认知诊断模型(CDMs)是一种潜在的变量模型, 主要用于评估学生的掌握能力和未掌握能力。DINA (Deterministic input noisy “and” gate) 模型, 又叫广义确定性输入, 噪音和门模型。以认知属性为前提设计出具有诊断功能的测试卷对学生进行测试, 对学生的掌握情况进行分析, 准确的了解学生的掌握情况, 根据其掌握情况制定出具有针对性的教学计划和补救策略, 帮助学生更好的理解和掌握知识点。

二次函数是初中数学的重要内容, 它不仅知识点众多且抽象性强, 而且往往出现在试卷的压轴位置, 频率高、分值较大、考查形式多样, 因此对于教师的“教”和学生的“学”来说都是巨大的挑战。教师只有准确的了解学生对二次函数的掌握情况, 才能对学生学习二次函数的情况进行认知诊断研究, 才能采取针对性地进行教学补救措施, “对症下药”帮助学生更好地学好二次函数。

一、研究对象

本研究选取的研究对象是广东省惠州市某初中九年级 343 名学生, 学生在测试前均全部完成了二次函数章节的学习, 共发放 343 份测试卷, 最终回收的有效试卷为 330 张, 试卷回收率为 96%。

二、认知属性相关的概念

(一) 认知属性

认知属性 (Cognitive Attribute) 主要指被试正确完成某一任务所需的知识、技能、策略等, 用以描述被试在解决问题时的内部心理加工过程。结合《课标 (2022 版)》《学业水平考试说明》、教材中关于二次函数章节的内容、一线教师的建议, 确定二次函数的认知属性分别为: A1 (二次函数的概念), A2 (二次函数的图像与性质及变化问题), A3 (二次函数的解析式), A4 (二次函数与一元二次方程的关系), A5 (二次函数的实际应用问题)。

(二) 认知属性层级关系

层级关系代表的是认知属性之间某种意义上的联系, 综合二次函数的知识点, 得到二次函数认知属性关系图, 如图 1 所示。

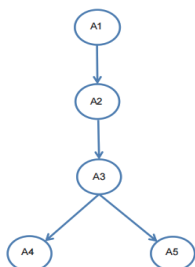


图 1 二次函数层级关系图

三、确定理想掌握模式

确定二次函数的理想掌握模式, 首先需要确定二次函数相关的认知属性, 并建立这些属性之间的层级关系图。构建一个 K 列的矩阵表示理想掌握模式, 矩阵中的元素“0”表示未掌握该属性, “1”表示已掌握该属性。n 个认知属性, 则可以算出理想掌握模式为 2^n 种, 本研究中共有 5 个认知属性, 可能的属性掌握模式共有 $2^5 = 32$ 种。因受到层级关系的制约, 仅有 7 种理想掌握模式, 分别为 (00000)、(10000)、(11000)、(11100)、(11110)、(11101)、(11111)。

四、编制试卷及试卷的收集与处理

(一) 二次函数预测试卷的编制

1. 建立 Q 矩阵

测验题目至少要考察 1 个认知属性, 剔除理想掌握模式中的 (00000) 这种理想掌握模式, 剩下的 6 种理想掌握模式就是二次函数的典型项目考核模式, 分别为 (10000)、(11000)、(11100)、(11110)、(11101)、(11111)。一般而言, 对每个属性的测量次数达 3 次以上, 建立 Q 矩阵, 如表 1 所示。

表 1 测试 Q 矩阵

1	1	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0
3	1	1	0	0	0
4	1	1	1	0	0
5	1	1	1	1	1
6	1	1	1	0	1
7	1	1	0	0	0
8	1	1	1	1	0
9	1	1	1	0	1
10	1	1	1	1	1

2. 编制预测试卷

根据表 1, 筛选近 5 年经典习题和中考真题, 选定一些题目, 一线教师反复研磨, 修改, 最终确定了二次函数认知诊断的预测试卷。预测试试卷共 10 道题目, 7 道选择题、1 道填空题和 3 道解答题。

(二) 二次函数终测试卷的编制

1. 实施预测试

选取惠州市某初中九年级 49 名学生开展预测试, 时间为 45 分钟, DINA 模型采取 0-1 计分制, 即答对得 1 分, 答错或未作答得 0 分, 如果是解答题, 被试只有把所有的小题都答对则记为“1”分, 反之则记为“0”分。

2. 属性层级关系的 HCI 指标

HCI 指标用来评估其认知行为与预期的认知模式之间的一致性,取值范围数值为 $[-1, 1]$,值为1表示完美拟合,值为-1表示完全不拟合。这49名被试的平均HCI值为0.7664,说明此诊断结果是可靠的,预测试卷可以作为正式的测试卷使用。

五、数据分析

(一) 被试属性掌握概率分析

属性掌握概率,即估计被试在各个认知属性上的掌握情况。使用flex CDMs平台能够快速计算出属性掌握概率,即可得到326名被试在二次函数五个认知属性掌握概率,如表2所示。

表2 认知属性掌握概率分布表

属性	掌握概率
A1	0.822
A2	0.834
A3	0.818
A4	0.745
A5	0.816

由表2可知,全体被试对A2(二次函数的图像与性质及变化问题)掌握的比较好,占比达83.4%;其次是A1(二次函数的概念)掌握得较好,占比达82.2%;A3(二次函数的解析式)和A5(二次函数的实际应用问题)的掌握情况相对持平,占比分别为81.8%和81.6%;A4(二次函数与一元二次方程的关系)的情况掌握较差,占比仅为74.5%,说明这类被试对二次函数与一元二次方程的关系掌握的不太理想,对于二次函数与一元二次方程之间的关系理解的不太好。

(二) 被试属性归入率分析

MAP估计法相较于MLE(最大似然估计)和EAP(期望最大后验估计)方法,在某些情况下可以提供更高的归入率,在DINA模型里面,通常采用MAP估计法,故得到学生二次函数属性掌握模式的归类如表3所示。

表3 学生被试属性掌握模式归入率的统计结果

理想掌握模式	归类人数	归类比例
00000	3	0.9%
10000	9	2.7%
11000	17	5.4%
11100	29	8.9%
11110	42	12.9%
11101	43	13.3%
11111	152	46.6%
合计	295	90.7%

由表3可以看出,MAP算法处理后得出的结果显示被试者的属性掌握模式归入率均值为90.7%,这个比例接近九成,这表明大部分被试的属性掌握模式与理想掌握模式相吻合,说明绝大多数被试对二次函数的认知过程与本次研究构建的二次函数认知诊断模型相符合,诊断可靠。

(11111)这种属性掌握的归入率为46.6%,表明大约有一半的学生在二次函数相关的知识方面表现出较高的整体掌握水平;其次,(11101)这种属性掌握的归入率为13.3%,说明13.3%的同学未掌握A4属性;再者,(11110)属性掌握模式占

比12.9%,说明有12.2%的同学为掌握A5属性;(11100)属性掌握模式占比8.9%,说明少部分同学对于A4和A5属性都没有掌握;(11000)属性掌握模式占比为5.4%,说明有5.4%的学生对于A3、A4、A5属性都没有掌握;(10000)属性掌握模式占比为2.7%,说明这类同学仅仅掌握了二次函数的基础知识A1;(00000)属性掌握占比0.9%,说明存在0.9%的被试,未掌握二次函数的任一属性。

(三) DINA 模型参数估计

猜测参数和失误参数是DINA模型中两个重要的参数,它们反映了学生在没有掌握相关认知属性时,仍然有可能正确回答问题的概率(猜测),以及学生即使掌握了相关认知属性也可能答错题目的概率(失误),使用flex CDMs平台得出被试项目参数如表4所示。由表可知猜测参数和失误参数均小于0.4,符合DINA模型对参数的要求,且二者之和小于1,这是一个积极的结果。因此可以说明编制的认知诊断试卷的内部效度良好,测试卷的选取和模型的选取均合理。

表4 被试项目参数

项目	猜测参数	失误参数
Item1	0.2996	0.0311
Item2	0.2999	0.0321
Item3	0.1613	0.0034
Item4	0.1012	0.1039
Item5	0.1785	0.2406
Item6	0.1679	0.3074
Item7	0.1405	0.0078
Item8	0.4789	0.0018
Item9	0.0009	0.3416
Item10	0.1258	0.0369

六、教学建议

(一) 通过属性掌握概率了解学生掌握情况,及时调整教学重心

由表2可知,二次函数与一元二次方程的关系(A4)属性掌握概率为0.745,相较于其他几个属性而言,该属性掌握情况并不是很理想,因此教师需要把重心放在这个知识点上。二次函数与一元二次方程的关系的本质是数形结合,很多同学不理解什么是数形结合,所以教师在教学的时候需以数形结合为切入点来讲授二次函数与一元二次方程的关系,让学生通过数形结合更好的理解这两者的关系。

(二) 根据属性掌握模式归类开展分层补救教学

根据属性掌握模式归入的统计结果,把属性掌握模式同学的学生归为同一类,让他们互动学习,相互探讨,共同进步。教师也可以根据学生属性掌握模式的不同,设计不同类型的题目,让学生获得成就感,更好地满足学生的个性化需求,提高教学质量。

参考文献:

- [1] 王雪梅. 基于DINA模型的初中生二次函数认知诊断研究[D]. 鞍山师范学院, 2022.
- [2] 马辰宇. 基于DINA模型的初中生“二次函数”学习的认知诊断研究[D]. 华中师范大学, 2021.