

初中生模型观念素养测评模型 构建研究

扈 惠

重庆师范大学数学科学学院, 重庆

收稿日期: 2024年4月21日; 录用日期: 2024年5月20日; 发布日期: 2024年5月27日

摘 要

模型观念素养在数学教育中扮演着至关重要的角色, 模型观念素养的培养被视为培育学生综合应用数学知识、解决实际问题能力的关键, 对于促进学生的逻辑思维、批判性思考及未来的创新能力有着至关重要的作用。本研究通过文献回顾和专家咨询法, 初步建构和修正了初中生模型观念素养的测评指标体系。此外, 研究采用层次分析法确定指标权重, 构建综合测评模型。尽管研究在样本容量和实际应用验证方面存在限制, 它为数学建模能力的评估提供了科学依据, 对教学改革具有重要启示。

关键词

模型观念, 测评, 层次分析法

Research on the Construction of Model Concept Literacy Evaluation Model for Junior High School Students

Hui Hu

School of Mathematical Sciences, Chongqing Normal University, Chongqing

Received: Apr. 21st, 2024; accepted: May 20th, 2024; published: May 27th, 2024

Abstract

Model concept literacy plays a vital role in mathematics education. The cultivation of model concept literacy is regarded as the key to cultivating students' ability to comprehensively apply mathematical knowledge and solve practical problems. It plays a vital role in promoting students'

logical thinking, critical thinking and future innovation ability. Through literature review and expert consultation, this study initially constructed and revised the evaluation index system of junior high school students' model concept literacy. In addition, the research uses the analytic hierarchy process to determine the index weight and construct a comprehensive evaluation model. Although the research has limitations in sample size and practical application verification, it provides a scientific basis for the evaluation of mathematical modeling ability and has important implications for teaching reform.

Keywords

Model Concept, Evaluation, AHP

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 提出背景

自 21 世纪之初起, 世界各国的新课程改革纷纷将发展学生数学模型思维和数学建模技能确立为数学教育的核心目标之一[1]。这种重视不仅体现在它作为现代公民所必须具备的一种关键素养, 也反映在各国教育改革中对数学模型思维与建模技能培养的明确要求。我国 2022 年版的义务教育课程标准对此作了明确强调, 提出培养初中生模型观念是数学学科核心素养之一[2]。此外, 开发和实施有效的模型观念评估工具对于推动教学评价的整合至关重要, 教育工作者能够获得关于学生在数学建模过程中的认识、应用、分析与创造等多方面能力的具体反馈。在这一背景下, 准确评估学生的数学建模能力对于推动我国数学教学的改革与发展至关重要, 不仅有助于提升学生的数学素养, 也是培养具有批判性思维和创新能力的现代公民的关键。因此, 构建一个科学有效的数学建模评估框架成为推进教育改革的一项重要任务, 对于促进学生全面发展和适应未来社会的需求具有深远的意义。

2. 关于数学建模的研究

当前中国学术领域中, 关于“模型观念”的文献研究尚显不足, 尽管如此, 这一概念与“数学模型”、“模型思想”以及“数学建模”之间存在着密切且复杂的关系。综合现有文献的归纳与分析表明, 关于数学建模的定义存在多种说法, 但大致可归纳为三个主要方向: 过程取向、能力取向和素养取向。过程取向侧重于建模过程中的各个阶段和步骤; 素养取向强调通过建模活动培养的综合素质和能力; 能力取向集中于通过数学建模展示和提升的具体技巧和能力。这三种取向为深入理解和研究数学建模提供了多维度的视角。

第一, 数学建模是一种过程。普遍的观点认为, 数学建模是从现实世界到数学世界, 再返回现实世界的循环过程, 即建模循环(Modelling Cycles) [3]。然而, 数学建模的概念不应仅限于其起始于现实世界的情境; 在数学的内部领域, 也广泛存在着数学建模活动。因此, 数学建模既是一个将实际问题转化为数学问题以进行分析和解决的桥梁, 也是一个在数学理论框架内部进行创新、探索和理论深化的动态过程。

第二, 数学建模是一种能力。德国的课程标准中, 数学建模被精确定义为一种核心能力, 这不仅涵盖了数学模型的构建过程, 还包括了对所构建模型的深刻理解与批判性评价的能力[4]。同时 Blum 在根据五阶段循环提出数学建模的子能力, 这包括了理解真实问题, 建立真实模型; 从真实模型建立数学模

型；解决数学问题等。总之，将数学建模视为一种能力，意味着认识到其不仅仅是数学技能的应用，更是一种涵盖理解、评价、创新和应用等多方面的综合能力。

第三，数学建模是一种素养。这种素养不仅仅关乎具体的数学知识和技能，也超越了一般所理解的数学能力范畴，它被看作是学生在数学学习中应当具备的、有着明确意义的全面能力[5]。依在 PISA2022 评估中，数学素养被定义为 15 岁学生在多种环境下构建数学模型、利用数学知识和阐释数学现象的能力，特别强调了用数学描述、预测和阐释现象[6]。据义务教育阶段学生的特性，《标准》将其本质提炼为“模型意识”和“模型观念”，这反映了核心素养的连续性特点。数学建模素养涉及个体对何时适宜运用数学的洞察力，以及在给定情境中构建数学模型解决问题的能力。

3. 测评指标体系的构建

3.1. 指标初拟

核心素养的展现在不同教育阶段有所不同，却始终保持其整体性、一致性与阶段性特征：小学注重经验感知，初中深化概念理解，高中强调数学本质掌握。模型意识、模型观念以及数学建模素养共同反映了利用数学模型解决实际问题的本质，使连接数学与现实的核心路径，展现了数学应用的普遍性和重要性。在教育的不同阶段，初中作为小学与高中的桥梁，模型观念在这一阶段扮演着关键的过渡角色。

在国际研究领域，Blum、Kaiser 等学者对数学建模能力的分类涵盖了从实际问题并构建现实模型，到构建数学模型，求解数学模型，以及在实际模型或情境中解释数学结果和验证结果合理性的能力。同时，Herbert 等研究者从识别和理解建模、独立进行建模、以及对建模过程进行元反思等三个维度深化了数学建模能力的层次划分。

在国内，朱娅梅提出的数学建模能力分为再现、联系和反思三个层次[6]。曹一鸣等则从学习理解、实践应用、创造迁移三个能力要素出发，通过 9 个一级框架和多个二级具体指标，构建了数学建模活动能力表现的框架[7]。《2022 版课程标准》在阐述模型观念的核心素养时，强调了其在现实生活及具体情境中识别和提炼数学问题的能力，以及运用数学符号构建方程、不等式、函数等表达数学问题中的数量关系及变化规律的重要性。此外，标准还指出了进一步求解这些问题并探讨解决结果意义的必要性。

综合《课程标准》及以上研究成果，本研究初步构建了一套评估数学建模素养的指标体系，旨在全面评价和提升学生在数学建模方面的综合素养，见表 1：

Table 1. The preliminary construction of the evaluation index of junior high school students' model concept literacy

表 1. 初中生模型观念素养测评指标的初步构建

一级指标	二级指标
问题理解与转化	识别并理解现实问题 将问题转化为可建模的数学表述
模型构建与验证	选择并构建适合的数学模型 验证模型的准确性与适用性
模型应用与解释	应用模型解决具体问题 解释模型结果与实际意义
模型反思与改进	分析模型的局限性与假设条件 根据结果与反馈进行模型改进

3.2. 指标修订

3.2.1. 调查问卷的编制与实施

为了确保测评指标的科学性和合理性，我们采纳了访谈法对测评指标进行修正，利用李克特量表(Likert Scale)设计了一份专家调查问卷，并将其发放给 10 位在数学教育领域内的专家，邀请他们对提出的测评指标给予意见和建议。在专家调查问卷中，每个测评指标都配备了五个评价等级，这些等级通常范围从“非常不重要”到“非常重要”，以此来表达各指标的重要性。专家们根据这五个层次对每个指标进行评价，分别赋予 1 到 5 的分值，以便进行量化统计[8]。

1) 专家的代表性

本次研究精心挑选了 5 位具有丰富一线教学经验的初中数学教师与 5 位在数学教育领域进行深入研究的高校教师，共同组成专家咨询小组，以确保专家团队的代表性。

2) 专家意见的集中程度

专家意见的集中程度则通过均值和标准差加以量化描述。其中，均值体现了专家群体对于指标重要性的共识程度——数值越高，表示越重要；标准差则揭示了意见的一致性——数值越低，意见越集中，分歧越小。一般认为当均值大于 3，标准差小于 1 时，指标是合理和科学的[9]。

3) 专家意见的协调程度

专家意见的协调性通过变异系数(V)和 Kendall W 协调系数(W)来衡量。V 系数则反映了对各指标评价的协调程度——值越小，协调性越强。而 W 系数展示了全体专家对所有指标的整体一致性——值越大，协调程度越高；而一般认为变异系数小于 0.2，协调系数大于 0.5 的协调程度是科学合理的[9]。

通过收集每位专家的评价并进行综合统计分析，我们可以明确各个指标在数学建模测评中的相对重要性，从而进一步优化和调整测评指标体系，确保其更加科学和贴近实际教学需求。

3.2.2. 调查问卷结果分析

第一轮专家咨询问卷 2024 年 1 月 3 日~1 月 6 日开展专家咨询，共发放问卷 10 份，最后收到问卷 10 份，回收率 100%。综合这些数据分析结果，我们可以得出一些初步结论：虽然模型观念素养的评估指标整体上获得了专家的较高认同，但是仍有部分指标需要根据专家反馈进行细微调整以提高评估体系的准确性和实用性，见表 2：

Table 2. Statistical table of first-level index opinions

表 2. 一级指标意见的统计表

一级指标	均值	标准差	变异系数	协调系数
问题理解与转化	4.77	0.2	0.042	0.946
模型构建与验证	4.27	0.32	0.067	
模型应用与解释	3.71	0.208	0.02	
模型反思与改进	3.43	0.33	0.179	

在进行专家咨询后的结果分析过程中，对于模型观念素养的评估指标，整体反馈显示出较高的认可度。具体来说，四个一级指标的均值均超过了 3 分，表明它们获得了较高的评价；标准差都小于 1，说明专家意见比较集中；变异系数也均小于 0.2，专家意见的 Kendall W 协调系数为 0.946 > 0.5，说明专家对指标的评价分歧较小。

为提高指标的实用性和针对性、简化评估流程、强调过程的连贯性。在一级指标中，根据教育部发

布的《义务教育数学课程标准》等文件，数学建模教育应覆盖模型的构建、求解和应用全过程，故将“模型构建与验证”修改为“模型构建与求解”，在于强调数学建模不仅需要建构模型，还要重视求解模型。将“模型应用与解释”与“模型反思与改进”合并为“模型解释与改进”在于这两个过程在实际操作中有较多的交叉部分。通过合并不仅关注于模型应用和结果解释，同时也注重对模型的反思和改进，有助于培养学术的批判性思维和综合能力，简化后的指标使得测评过程更加高效。

与此同时，将每个一级指标下有两个二级指标改为三个二级指标，增加每个一级指标下的二级指标数量，使指标体系更加全面覆盖数学建模的关键环节，确保每个重要的步骤都能得到关注和评价。在一级指标“问题理解与转化”处增加“发展数学建模意识和态度”，将“验证模型的准确性与适用性”修改为“求出数学模型的参数”。新增的二级指标，旨在强调在数学建模活动开始之前，培养学生对数学建模的兴趣、理解数学建模的价值和重要性。替换原有的“验证模型的准确性与适用性”，更加强调在构建模型后，通过数据分析、实验或计算来确定模型参数，是模型求解过程中的关键一步。

3.3. 指标体系的确立

综上所述，通过访谈法，基本确立了初中生模型观念素养的测评指标，包含 3 个一级指标和 9 个二级指标，见表 3：

Table 3. Junior high school students' model concept literacy evaluation index system

表 3. 初中生模型观念素养测评指标体系

一级指标	二级指标
问题理解与转化 A	发展数学建模意识和态度 A ₁
	识别并理解现实问题 A ₂
	将问题转化为可建模的数学表述 A ₃
模型构建与求解 B	选择并构建适合的数学模型 B ₁
	求出数学模型的参数 B ₂
	应用模型解决具体问题 B ₃
模型解释与改进 C	解释模型结果与实际意义 C ₁
	分析模型的局限性与假设条件 C ₂
	根据结果与反馈进行模型改进 C ₃

4. 测评模型的构建

通过文献综述法和访谈法，本研究已经构建了一套针对初中生模型观念素养的测评指标，并据此提出了测评模型的构建假设。假设初中生模型观念素养的测评模型为 $Y = \alpha A + \beta B + \gamma C$ ；其中 α 、 β 、 γ 分别表示问题理解与转化(A)、模型构建与求解(B)、模型解释与改进(C)三个指标的权重值，并满足 $\alpha + \beta + \gamma = 1$ 。构建测评模型时，为了确保科学性和可靠性，合理确定各测评指标的权重至关重要。因此，本研究采取了结合主观与客观方法的策略，通过层次分析法来确定各指标的权重，以此构建出一个针对初中生模型观念素养的综合测评模型。这种方法旨在平衡专家见解与数据分析结果，确保测评模型的全面性和准确性。

4.1. 原理

层次分析法(AHP)采用专家评估进行两两比较，以此确定指标的相对重要性，实现了定性与定量分析

的融合,通过构建层次结构模型、建立判断矩阵、计算权重及进行一致性检验来综合确定权重[10]。本方法依据问题的本质及既定目标(目标层),解构问题为多元组成因素(准则层),并进一步归结为针对目标层的方案层因素的相对重要性排序。在实施层次分析法时,以模型观念素养的排序为目标层,考虑到核心素养之间的相互作用与影响,选取模型观念之外的其他八项核心素养作为准则层,对作为二级指标的目标层进行排序的层次结构模型。这种选择基于认识到,核心素养不是孤立存在的,它们之间的交互作用对于综合理解和评价模型观念素养至关重要,因此,将这些相互影响的核心素养作为准则层,能更准确地反映出模型观念素养在各方案层中的排序重要性,为构建针对初中生模型观念素养的综合评估模型提供了科学依据。其目标层、准则层、方案层见图 1:

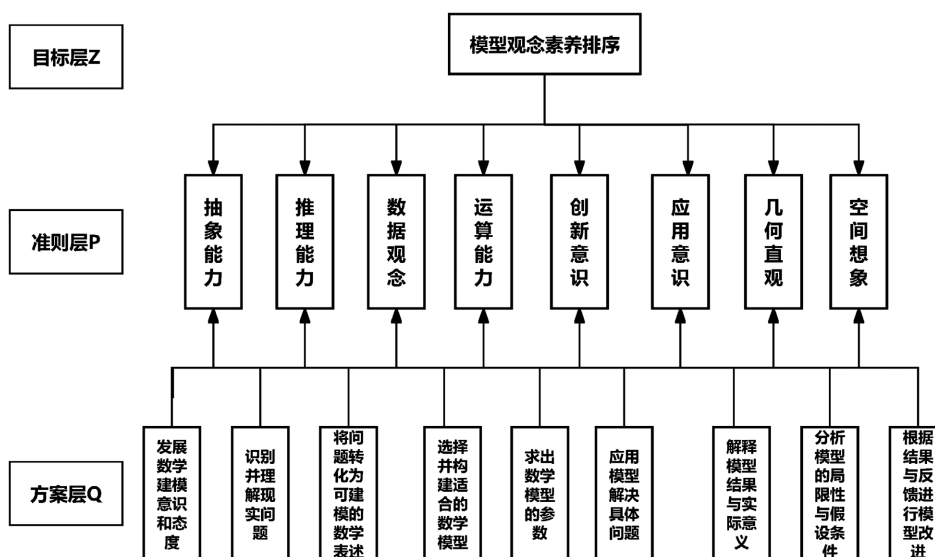


Figure 1. Hierarchical structure model diagram
图 1. 层次结构模型图

首先声明该问题求解过程中所构造的矩阵皆基于 Santy 的 1~9 标度方法,见表 4:

Table 4. Santy's 1~9 scaling method
表 4. Santy 的 1~9 标度方法

标度	含义
1	表示两个因素相比,具有相同重要性
3	表示两个因素相比,前者比后者稍重要
5	表示两个因素相比,前者比后者明显重要
7	表示两个因素相比,前者比后者强烈重要
9	表示两个因素相比,前者比后者极端重要
2, 4, 6, 8	表示上述相邻判断的中间值
倒数	若 i 与 j 的比较标度为 a_{ij} , 则 j 与 i 的比较标度为 $1/a_{ij}$

4.2. 确定权重

1) 构造对比矩阵:

其中每行、列的标准顺序为:抽象能力、推理能力、数据观念、运算能力、创新意识、应用意识、

几何直观、空间想象，以其中元素 a_{31} 为例，该元素表示数据观念相对抽象能力的重要性为 $\frac{1}{5}$ ，以 Santy 的 1~9 标度方法来看，即抽象能力相比数据观念明显重要。

所构造的成对比较矩阵 P 如下：

$$\begin{pmatrix} 1 & \frac{1}{2} & 5 & 2 & 1 & 1 & 4 & 4 \\ 2 & 1 & 9 & 7 & 7 & 4 & 5 & 5 \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{9} & 1 & 1 & 1 & \frac{1}{2} & 1 & 2 \\ 1 & \frac{1}{7} & 1 & 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 1 & 2 \\ 1 & \frac{1}{7} & 1 & 2 & 1 & 1 & 1 & 2 \\ 1 & \frac{1}{4} & 2 & 2 & 1 & 1 & 2 & 2 \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{5} & 1 & 1 & 1 & \frac{1}{2} & 1 & 1 \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{5} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

2) 构造判断矩阵：

在构造完对比矩阵后，再构造八个关于二级指标的判断矩阵。这里也要声明，所有的判断矩阵每行、列的顺序为：发展数学建模意识和态度、识别并理解现实问题、将问题转化为可建模的数学表述、选择并构建适合的数学模型、求出数学模型的参数、应用模型解决具体问题、解释模型结果与实际意义、分析模型的局限性与假设条件、根据结果与反馈进行模型改进。并且有： Q_i ($i=1,2,3,4,5,6,7,8$)这里依次代表八个二级指标关于抽象能力、推理能力、数据观念、运算能力、创新意识、应用意识、几何直观、空间想象的判断矩阵。

例如，八个二级指标关于抽象能力的判断矩阵 Q_1 为：

$$\begin{pmatrix} 1 & \frac{1}{5} & \frac{1}{7} & \frac{1}{7} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ 5 & 1 & \frac{1}{7} & \frac{1}{5} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ 7 & 7 & 1 & 3 & 7 & 7 & 7 & 7 & 7 \\ 7 & 5 & \frac{1}{3} & 1 & 3 & 5 & 5 & 5 & 5 \\ 5 & 5 & \frac{1}{7} & \frac{1}{3} & 1 & 5 & 3 & 3 & 3 \\ 3 & 3 & \frac{1}{7} & \frac{1}{5} & \frac{1}{5} & 1 & 3 & 3 & 3 \\ 3 & 3 & \frac{1}{7} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & 1 & 1 & 1 \\ 3 & 3 & \frac{1}{7} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & 1 & 1 & 1 \\ 3 & 3 & \frac{1}{7} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

3) 一致性检验

首先进行层次单排序及其一致性检验[11], 计算对比矩阵 P 的最大特征值为 $\lambda_{\max} = 8.4074$, 并求其归一化特征向量:

$$\omega^{(1)} = (0.1721 \quad 0.3954 \quad 0.0609 \quad 0.0530 \quad 0.0917 \quad 0.1110 \quad 0.0594 \quad 0.0566)$$

此时, 按以下公式衡量矩阵 A 的不一致程度:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

式中 n 表示该矩阵的阶数, 计算可得 $CI = 0.0582$, 再按照下述公式计算矩阵 A 的一致性比率 CR

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

其中 RI 可查询下表, 见表 5, 这里易知 RI 为 1.46, 计算可得 $CR = 0.0398 < 0.1$, 故 A 矩阵一致性可以接受。

Table 5. RI table

表 5. RI 表

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.52	0.89	1.12	1.36	1.41	1.46	1.49	1.52

同理, 可对其余判断矩阵进行一致性检验所得 CR 、 CI , 结果见表 6。

4) 计算特征向量

再将八个判断矩阵的归一化最大特征值对应的特征向量放入一个矩阵 $\omega^{(2)}$:

$$\begin{pmatrix} 0.0210 & 0.0192 & 0.0491 & 0.0479 & 0.0428 & 0.0491 & 0.2627 & 0.1240 \\ 0.0332 & 0.0295 & 0.0388 & 0.3289 & 0.0428 & 0.0388 & 0.2499 & 0.0735 \\ 0.3826 & 0.3397 & 0.1045 & 0.0870 & 0.0534 & 0.1045 & 0.0569 & 0.0570 \\ 0.2125 & 0.1358 & 0.1245 & 0.1370 & 0.0534 & 0.1245 & 0.0555 & 0.1121 \\ 0.1329 & 0.1076 & 0.3959 & 0.0503 & 0.0534 & 0.3959 & 0.0555 & 0.0518 \\ 0.0778 & 0.0646 & 0.1466 & 0.0565 & 0.2769 & 0.1466 & 0.0555 & 0.1115 \\ 0.0467 & 0.0400 & 0.0425 & 0.0611 & 0.3298 & 0.0425 & 0.0555 & 0.1826 \\ 0.0467 & 0.0713 & 0.0338 & 0.0611 & 0.0738 & 0.0338 & 0.0555 & 0.0595 \\ 0.0467 & 0.1921 & 0.0644 & 0.1702 & 0.0738 & 0.0644 & 0.1529 & 0.2280 \end{pmatrix}$$

此时求 $\omega^{(2)}\omega^{(1)}$, 即可得九个二级指标的排序。所得结果为 $\omega^{(3)}$:

$$\omega^{(3)} = (0.0769 \quad 0.0935 \quad 0.2428 \quad 0.1442 \quad 0.1710 \quad 0.1089 \quad 0.1157 \quad 0.0664 \quad 0.1327)$$

5) 归一化处理

此时将向量中元素归一化梳理, 保留小数点后四位, 见表 7。

再将排名分数做归一化处理, 就可利用运用层次分析法构建的初中生模型观念素养模型的权重, 见表 8。

由表 8 可知, 运用层次分析法构建的初中生模型观念素养模型可表示为:

$$Y = 0.36A + 0.37B + 0.27C$$

Table 6. Consistency test results of each matrix
表 6. 各矩阵一致性检验结果

矩阵名	<i>CI</i>	<i>CR</i>
<i>P</i>	0.0582	0.0398
<i>Q</i> ₁	0.1344	0.0902
<i>Q</i> ₂	0.1393	0.0935
<i>Q</i> ₃	0.0979	0.0657
<i>Q</i> ₄	0.0530	0.0355
<i>Q</i> ₅	0.0363	0.0244
<i>Q</i> ₆	0.0979	0.0657
<i>Q</i> ₇	0.0526	0.0353
<i>Q</i> ₈	0.0693	0.0465

Table 7. Ranking scores of secondary indicators
表 7. 二级指标排名分数

二级指标	分数
发展数学建模意识和态度	0.0667
识别并理解现实问题	0.0812
将问题转化为可建模的数学表述	0.2107
选择并构建适合的数学模型	0.1252
求出数学模型的参数	0.1484
应用模型解决具体问题	0.0945
解释模型结果与实际意义	0.1004
分析模型的局限性与假设条件	0.0576
根据结果与反馈进行模型改进	0.1151
发展数学建模意识和态度	0.0667
识别并理解现实问题	0.0812

Table 8. The weight of the model concept literacy model index of junior high school students
表 8. 初中生模型观念素养模型指标的权重

一级指标	权重系数	二级指标	权重系数
问题理解与转化	0.3586	发展数学建模意识和态度	0.0769
		识别并理解现实问题	0.0935
		将问题转化为可建模的数学表述	0.2428
模型构建与求解	0.3681	选择并构建适合的数学模型	0.1442
		求出数学模型的参数	0.1710
		应用模型解决具体问题	0.1089
模型解释与改进	0.2630	解释模型结果与实际意义	0.1157
		分析模型的局限性与假设条件	0.0664
		根据结果与反馈进行模型改进	0.1327

其中, $A = 0.0769A_1 + 0.0936A_2 + 0.2428A_3$, $B = 0.1442B_1 + 0.1710B_2 + 0.1089C_3$,
 $C = 0.1157C_1 + 0.0664C_2 + 0.1327C_3$ 。

5. 反思与启示

在当前的课程改革背景下, 立德树人和培养学生的核心素养成为关键方向, 其中模型观念作为数学教育中的核心素养, 其重要性日益凸显。通过整合文献综述法和访谈法和层次分析法(AHP), 研究确立了一套包括问题理解与转化、模型构建与验证以及模型应用与解释在内的测评体系。

本文的研究虽然在初中生数学建模能力水平的测评模型构建方面做出了努力, 但也存在一些明显的不足。首先, 样本容量较小, 导致没有足够的调查对象来全面验证模型的有效性, 这一点限制了研究结果的普遍性和可靠性。其次, 由于样本量的限制, 研究中也未能进行指标的认同度分析, 这影响了模型评估指标体系的科学性和合理性。最后, 缺乏对测评模型通过编制测试卷的实际验证和应用, 这意味着模型的实用性和操作性未得到充分的检验。本研究对模型观念素养进行了初步探索, 旨在启发更深入的研究。然而, 围绕模型观念素养的基础性问题仍然众多, 需要未来的研究者继续深化探讨, 以期解决现存的问题并进一步完善理论与实践。

参考文献

- [1] 黄健, 鲁小莉, 王鸯雨, 等. 20世纪以来中国数学课程标准中数学建模内涵的发展[J]. 数学教育学报, 2019, 28(3): 18-23+41.
- [2] 薛莺, 周炼. 关注核心素养研究结构教学引领思维发展——谈《义务教育数学课程标准(2022年版)》中“核心素养”的调整与优化[J]. 中学数学杂志, 2023(4): 10-14.
- [3] 钱月凤. 数字工具支持下数学建模的研究综述[J]. 数学通报, 2019, 58(9): 29-33.
- [4] 徐斌艳. 德国高中数学教育标准的特点及启示[J]. 课程·教材·教法, 2015, 35(5): 122-127.
- [5] 郑义富. 关于数学精神、数学思想与数学素养的辨析[J]. 课程·教材·教法, 2021, 41(7): 112-118.
- [6] 朱娅梅. 义务教育阶段学生数学建模能力评价框架和行为测评指标[J]. 数学教育学报, 2018, 27(3): 93-96.
- [7] 曹一鸣, 冯启磊, 陈鹤举, 等. 基于学生核心素养的数学学科能力研究[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2017.
- [8] 王春枝, 斯琴. 德尔菲法中的数据统计处理方法及其应用研究[J]. 内蒙古财经学院学报(综合版), 2011, 9(4): 92-96.
- [9] 张弛. 应用统计与计算[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2008.
- [10] 杨兴. 初中生模型观念素养测评模型构建的研究[D]: [硕士学位论文]. 贵阳: 贵州师范大学, 2023.
- [11] 邓雪, 李家铭, 曾浩健, 陈俊羊, 赵俊峰. 层次分析法权重计算方法分析及其应用研究[J]. 数学的实践与认识, 2012, 24(7): 93-100.