Operations Research and Fuzziology 运筹与模糊学, 2024, 14(5), 443-452
Published Online October 2024 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/orf
https://doi.org/10.12677/orf.2024.145485

数学师范生对数学建模观念的调查研究

贺丽颖[1]，陆海华[2*]

[1]南通大学教师教育学院，江苏 南通
[2]南通大学数学与统计学院，江苏 南通

收稿日期：2024年8月23日；录用日期：2024年10月11日；发布日期：2024年10月21日

摘　要

本研究把STEM教育与数学建模教学相融合，吸收STEM教育的先进理念，建构基于STEM理念培养师范生数学建模的提升策略。为了解师范生对数学建模观念的掌握程度，对某学院的数学师范生进行数学模型、数学建模、数学建模教育三维度进行问卷调查。结果表明：(1) 学生对理解数学模型的概念有偏差、对数学建模所涉及的领域比较模糊；(2) 不同性别的学生对理解数学建模的概念有偏差；(3) 学生认同数学建模的教育价值，认为数学建模比人文科学更有助于学生理解自然科学。最后结合STEM教育和问卷的结果对数学师范生提出提升数学建模素养的策略。

关键词

STEM教育，数学师范生，数学模型，数学建模，数学建模教育

Investigation and Research on Mathematical Modeling Concept of Mathematics Normal Students

Liying He[1], Haihua Lu[2*]

[1]School of Teacher Education, Nantong University, Nantong Jiangsu
[2]School of Mathematics and Statistics, Nantong University, Nantong Jiangsu

Received: Aug. 23rd, 2024; accepted: Oct. 11th, 2024; published: Oct. 21st, 2024

Abstract

In this study, STEM education and mathematical modeling teaching are integrated, and the advanced

*通讯作者。

文章引用: 贺丽颖, 陆海华. 数学师范生对数学建模观念的调查研究[J]. 运筹与模糊学, 2024, 14(5): 443-452.
DOI: 10.12677/orf.2024.145485

concept of STEM education is absorbed, and the promotion strategy of cultivating mathematical modeling for normal students based on STEM concept is constructed. In order to understand the normal students' mastery of the concept of mathematical modeling, a questionnaire survey was conducted in three dimensions: mathematical model, mathematical modeling and mathematical modeling education. The results show that: (1) students are biased in understanding the concept of mathematical model and are vague about the fields involved in mathematical modeling; (2) Students of different genders are biased in understanding the concept of mathematical modeling; (3) Students agree with the educational value of mathematical modeling and think that mathematical modeling is more helpful for students to understand natural science than humanities. Finally, combined with the results of steam education and questionnaire, this paper puts forward some strategies to improve mathematics modeling literacy for mathematics normal students.

Keywords

STEM Education, Mathematics Normal Students, Mathematical Model, Mathematical Modeling, Mathematical Modeling Education

1. 引言

数学建模是高中数学六大核心素养之一。而如何提升学生的数学建模的能力，是检验教师教学能力的关键。STEM 教育以数学为基础，在 2016 年，教育部在《教育信息化“十三五”规划》中明确，要积极探索 STEM 教育模式，以提高学生的创新意识和知识意识。STEM 课程以数学为基础，从跨学科的角度对科学技术进行诠释，以跨学科的概念推进不同的学科。对于现代社会的发展，重点是培养学生的巨大潜力和提供人才支持。在高中数学中，数学建模素养是最广泛、最全面的学科，是培养学生创新意识和更广泛潜能的重要途径。数学建模是对现实问题进行数学抽象，用数学语言表达问题、用数学方法构建模型解决问题的完整过程，包括从学生的视角发现问题、提出问题，分析问题、建立模型，确定参数、计算求解，检验结果、改进模型，最终解决实际问题[1]。数学教师的专业素养，是指教师为了确保顺利完成数学教学任务、实现数学课程的教育目的而必须具备的数学专业情感结构(情感素养)、专业知识结构(知识素养)和专业能力结构(能力素养)的总和[2]。数学建模与数学素质的关系：1) 通过数学建模提高师专生数学素质；2) 数学素质的提高促进数学建模能力增长[3]。对于数学专业的学生，数学建模能力是将数学知识转化为实际应用的途径，加强数学建模能力对培养学生实践和创新能力具有重要的意义[4]。然而，从知网搜索主题为数学师范生和数学建模两个关键词的期刊，仅仅检索到 36 条结果。可想而知，数学师范生对建模观的调查研究较少。但数学建模在提高教师专业素养、提升数学素质、培养创新实践能力方面具有重要的地位。所以研究数学师范生对数学建模观念的调查有很大的研究意义。

2. 研究过程

2.1. 研究问题

本研究的目的是调查职前教师即数学师范生关于数学建模的观念了解多少。主要问题如下：

1) 数学师范生对数学模型的了解，对数学建模有哪些正确的认识和错误的认识。

2) 数学师范生如何看待建模对其他领域是否有教育价值。

3) 探究不同的群体对数学建模观念的差异。

2.2. 研究方法

本文主要的研究方法是问卷调查法，以数学模型、数学建模、数学建模的教育价值分点设计题目，形成一份调查问卷。其中也考虑到性别、年级、参加建模的次数、培训的次数等因素对建模观调查问卷得分的影响，从而分析不同群体的建模观的差异。经过导师的帮助下，以二维码的形式，发放给大三大四的学生。

2.3. 研究对象

本文的调查对象均是准备走向教师行业的数学师范生，年级分别是大二、大三、大四。其中大二学生有 80 人大三的学生有 22 人，大四的学生有 16 人。总共收回问卷 118 份，有效问卷 118 份，总体情况良好。

2.4. 调查问卷的制定

本调研的问卷在前人研究量表的基础之上，进行删减得到的新的调研问题。其分别涉及数学模型(共 6 道题)、数学建模(共 9 道题)、数学建模教育(共 5 道题)三个维度共 20 道题，采用 5 点李克特量表，5 点为完全不同意、基本不同意、不确定、基本同意、完全同意，分别赋以 1~5 分，问卷满分 100 分。问卷中还设计了反向题目，以期最大可能地得到问卷的真实结果，从而提高问卷的可信度。其中“数学模型”部分的第 1 题以及“数学建模”部分的第 3 题为反向问题，这两道题的分数赋值为 5~1 分。被调查者对反向问题的回答情况将是研究者的重点关注部分。本问卷设计三个维度，分别为数学模型、数学建模和数学建模教育，通过设计这三个维度，来调查数学师范生对数学建模观念的理解程度。例如，问卷第 1 题“数学模型可以是实体教具(刻度尺、三维固体)”，是在“数学模型”维度下的概念反向题，该题主要用于分析在数学模型领域的相关因素。其目的在于了解师范生对数学建模前数学模型的概念理解的是否正确，进而建构基于 STEM 理念下的师范生的提升策略。采集学生对数学模型的概念理解是否正确的原因是，只有正确理解数学模型是数学建模过程中描述问题数学形式，才能理解数学建模的含义，两者相辅相成。又如，问卷第 10 题：“数学建模的解就是原始问题的解。”，是在“数学建模”维度下作为对答案理解的反向题，该题主要用于分析数学建模领域的相关因素。其目的在于了解师范生对数学建模结果是否是确定的，增加师范生对于数学建模整体的理解，进而建构 STEM 理念下师范生的策略。采集这一问题的原因是，数学建模是对现实世界的问题进行抽象和简化，通过让学生知道数学建模的解不是原始问题的解。有助于师范生理解模型的局限性、准确性和适用性，从而更好地应用数学建模解决实际问题。

2.5. 工具的测试

研究者用《数学师范生关于数学建模的调查问卷》对江苏省南通大学数学与应用数学专业的大二的师范学生进行预调查，调查采用匿名的形式完成，总计下发 54 份，回收有效问卷 54 份，问卷回收率 100%，有效率 100%。本问卷数据录入、统计，再用 SPSS27.0，进行信度和效度的分析。计算克隆巴赫 α 信度系数，得到数学建模的三维度和整体的信度。见表 1、表 2 所示，其中各项克隆巴赫 Alpha 都在 0.6~0.9 之间，说明问卷具有可接受的信度。

对整体进行效度分析：其 KMO 和巴特利特检验为 0.739 大于 0.5，表明问卷数据适合进行因子分析；Bartlett 检验结果 P 值 < 0.05，认为该次问卷有效。综上所述，本次工具测试良好，问卷具有可靠性。

Table 1. α reliability coefficient
表 1. α 信度系数

维度	数学模型	数学建模	数学建模教育	整体
α 信度系数	0.672	0.850	0.979	0.932

Table 2. Validity coefficient
表 2. 效度系数

KMO和巴特利特检验	
KMO取样适切性量数	0.739
近似卡方	1762.032
自由度	190
显著性	0.000

3. 问卷调查数据及结果分析

本节对数学专业师范生对数学建模的看法的总体表现及差异进行分析，再从三个维度(数学模型、数学建模、数学建模教育)对调查结果进行阐述。

3.1. 总体表现

为研究数学师范生对数学建模的认识，本研究采用李克特量表对问卷中每个题目进行赋值(1~5 分)，问卷共 20 题，满分 100 分。见表 3 所示：

Table 3. Overall
表 3. 总体

统计	
平均值	82.59
标准偏差	12.202
方差	148.893
偏度	1.603
偏度标准误差	0.223
峰度	5.167
峰度标准误差	0.442

问卷中“数学模型”部分共 6 题，总分 30 分；“数学建模”部分共 9 题，总分 45 分；“数学建模教育”部分共 5 题，总分 25 分。计算师范生在数学建模的三个维度的得分均值，基本情况见表 4 所示。这说明师范生在数学模型方面仍然有较大的进步空间。

3.2. 差异分析

以下将结合问卷调查表的第一部分，分析性别、年级、参赛经历(是否参加过数学建模竞赛)等因素对于数学师范生关于数学建模的影响。

Table 4. Score table of each dimension
表 4. 各维度得分情况表

	数学模型	数学建模	数学建模教育	总分
平均值	23.40	37.83	22.50	81.02
总分	30	45	25	100
占总分的比例	78.02%	84.08%	90.03%	81.02%

3.2.1. 对数学建模看法的年级差异

通过统计数据，可得到每个被调查者的总分。分别对大二~大四，四个年级的数学师范生的关于数学建模的调查问卷得分进行描述统计，表 5 是各年级关于数学建模问卷得分的平均分、标准差、最大值和最小值的情况。

Table 5. Table of grades' scores of modeling concept
表 5. 各年级建模观得分情况表

年级	人数	平均数	标准差	最小值	最大值
大二	80	81.78	12.72	19	95
大三	22	83.55	10.75	57	95
大四	16	85.38	11.61	57	95
总计	118	83.57	11.69	19	95

根据表 5 可知，大二年级的均分比大三、大四年级的要低。大二年级的标准差最大，大四年级比大三年级的标准差大。下面进行方差齐性检验见表 6。

Table 6. Test for homogeneity of variance
表 6. 方差齐性检验

方差齐性检验					
		莱文统计	自由度 1	自由度 2	显著性
总分	基于平均值	0.198	2	115	0.821
	基于中位数	0.191	2	115	0.826
	基于中位数并具有调整后自由度	0.191	2	111.287	0.826
	基于剪除后平均值	0.180	2	115	0.836

莱文检验原假设 Ho：各组方差相等，符合方差齐性，此时总分均值的 P 值$(0.821) > 0.05$，无法拒绝原假设，即数据符合方差齐性。接下来进一步对三个年级数学建模观得分均分的差异作单因素方差分析，检验三个年级师范生的平均分是否存在显著性差异。由于单因素方差分析要求数据来自正态分布，故先对三个年级学生的得分是否服从正态分布进行检验见表 7。

三个年级人数均小于 2000，此处选用 Shapiro-Wilk 统计量。若假设显著性水平为 0.05，则拒绝原假设，说明不服从正态分布。由表 4 中显著性可看出，大三年级服从正态分布，而大二、大四年级的得分明显不服从正态分布($p = 0.000 < 0.05$)，采用单因素方差分析可能会产生较大误差。故需要利用非参数的

方法——Kruskal-Wallis H Test，进一步检验三个年级学生得分的差异是否显著，见表 8。

Table 7. Test of normality
表 7. 正态性检验

	年级	柯尔莫戈洛夫－斯米诺夫			夏皮洛－威尔克		
		统计	自由度	显著性	统计	自由度	显著性
总分	大二	0.149	80	0.000	0.842	80	0.000
	大三	0.143	22	0.200*	0.893	22	0.021
	大四	0.248	16	0.009	0.810	16	0.004

*. 这是真显著性的下限；[a]. 里利氏显著性修正。

Table 8. Hypothesis test summary
表 8. 假设检验摘要

原假设	检验	显著性	决策
在年级的类别中，总分的分布相同	独立样本克鲁斯卡尔－沃利斯检验	0.440	保留原假设。

[a]. 显著性水平为 0.050；[b]. 显示了渐进显著性。

克鲁斯卡尔－沃利斯检验的原假设为 3 个年级学生问卷得分的均值没有显著差别，在显著性水平为 0.05 的情况下，由于 Sig.值 $= 0.440 > 0.05$，因此接受原假设，认为没有显著差异。根据统计软件分析的结果，可见不同年级的师范生对数学建模的看法得分没有显著性差异。

3.2.2. 对数学建模看法的性别差异

从表 9~11 可以看出进行描述统计可知，正态性检验和方差齐性检验。结果为男生、女生的得分都不符合正态分布(p (男) $= 0.034 < 0.05$，p (女) $= 0.002 < 0.05$)，且均不符合方差齐性。因此 T 检验可能会产生较大误差。故需要利用非参数的方法——Mann-Whitney U test，进一步检验男女生得分的差异是否显著。

Table 9. Score table of modeling concept for boys and girls
表 9. 男女生建模观得分情况表

性别	人数	平均数	标准差	最大值	最小值
男	38	77.97	16.31	95	19
女	80	84.79	8.99	95	57

Table 10. Test of normality
表 10. 正态性检验

	性别	柯尔莫戈洛夫－斯米诺夫			夏皮洛－威尔克		
		统计	自由度	显著性	统计	自由度	显著性
总分	男	0.148	38	0.034	0.864	38	0.000
	女	0.130	80	0.002	0.900	80	0.000

[a]. 里利氏显著性修正。

Table 11. Hypothesis test summary
表 11. 假设检验摘要

原假设	检验	显著性	决策
在性别的类别中，总分的分布相同	独立样本曼－惠特尼U检验	0.041	拒绝原假设。

[a]. 显著性水平为 0.050；[b]. 显示了渐进显著性。

Mann-Whitney 检验的原假设为男女生得分的均值没有显著差别，在显著性水平为 0.05 的情况下，由于 Sig.值 $= 0.041 < 0.05$，因此拒绝原假设，认为男女生的建模观得分是有显著性差异的。

3.2.3. 参赛经历

将参加培训数学建模和正式数学建模的为专业组，没有参加过数学建模的即为非专业组。其见表 12 所示。

Table 12. Competition experience
表 12. 参赛经历

	人数	平均数	标准差	最大值	最小值
专业组	46	85.95	6.18	95	62
非专业组	72	81.03	13.89	95	19

Table 13. Hypothesis test summary
表 13. 假设检验摘要

	原假设	检验	显著性[a,b]	决策
1	在参加的类别中，总分的分布相同。	独立样本克鲁斯卡尔－沃利斯检验	0.558	保留原假设。

[a]. 显著性水平为 0.050；[b]. 显示了渐进显著性。

从表 13 克鲁斯卡尔－沃利斯检验的原假设为参加数学建模培训和比赛的次数得分的均值没有显著差别，在显著性水平为 0.05 的情况下，由于 Sig.值 $= 0.558 > 0.05$，因此接受原假设，认为没有显著差异。这说明，参加过数学建模比赛的学生，没有认真吸收知识。这要更加加强数学师范生学习的效率和效果。

4. 数学师范生关于数学建模三个维度的表现分析

4.1. 数学模型

本节从问卷调查表的三个维度对被调查者的回答分别展开讨论，对每个维度内相应的题目进行具体分析。

调查题的第一部分(数学模型)旨在了解普通数学学生对数学模型的感知和理解。此部分 6 个题目的平均分见表 14 所示，可以看到第 1 题的平均分为 1.76，而其余题目的平均分都大于 4 分，差距较为明显。

Table 14. The average score of each question in the mathematical model part
表 14. 数学模型部分每题的平均分

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
平均分	1.76	4.34	4.26	4.35	4.31	4.39

从图 1 可知，第二题中被调查者中只有 3.38%是不同意“实体教具是数学模型”的，17.8%不确定，而 78.81%的被调查者认为实体教具是数学模型。这说明学生对于数学模型概念的理解是有偏差的。

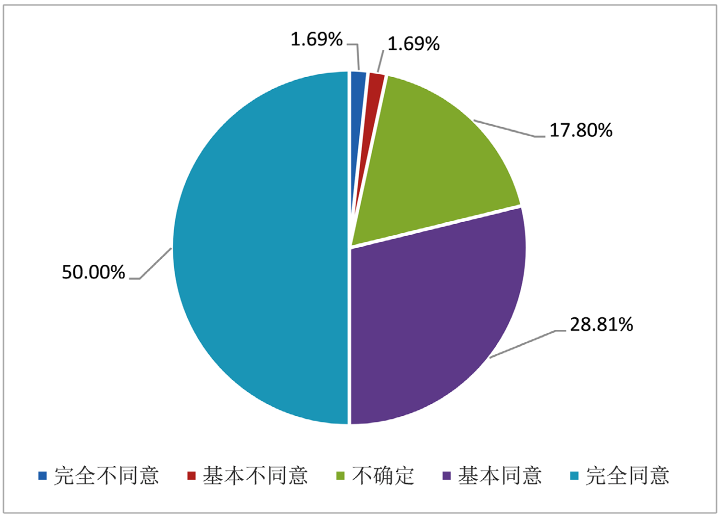

Figure 1. The mathematical model can be a solid teaching aid (scale, three-dimensional solid)
图 1. **数学模型可以是实体教具(刻度尺、三维固体)**

事实上数学模型是通过一种符号、方程或其他数学表达式来描述和解释数学问题或现象的抽象表示。而实体教具是教学工具通常是具体的物体，可以帮助学生在学习过程中更好地理解和操作数学概念。虽然数学模型和实体教具都与数学教育和学习相关，但它们在本质上是不同的。数学模型是抽象的数学表示，而实体教具是具体的教学工具。因此，数学模型不能被视为实体教具。

4.2. 数学建模

调研问题的第二部分(数学建模)旨在了解数学师范生对数学建模过程的认识。此部分共 9 题，其中第 3 题是反向题。每个题目的平均分见表 15 数学建模部分每题的平均分所示，可以看到第 3 题的平均分为 2.57，而其余题目的平均分都大于 4，差距较为明显。

Table 15. Average score of each question in mathematical modeling section
表 15. **数学建模部分每题的平均分**

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
平均分	4.40	3.73	2.57	4.42	4.56	4.58	4.53	4.52

从图 2 可知，在第三题中有 44.06%的学生同意模型的解就是原始问题的解。这是他们对于数学建模认识上的主要误区。

事实上，在数学建模中，模型的解并不一定与原始问题的解完全相同。因为在当我们进行问题求解时，会建立数学模型，这可能需要进行一些假设和简化，以使问题可用数学符号表示。这些假设和简化可能会导致模型与原始问题之间存在一定的差异。其次数学模型的求解也可能涉及到一些近似的方法或数值计算技术，这些方法都可能会引入一定的误差或精度限制。因此，模型的解通常是对原始问题的近似或近似解，这不一定和原始问题的解完全一致。

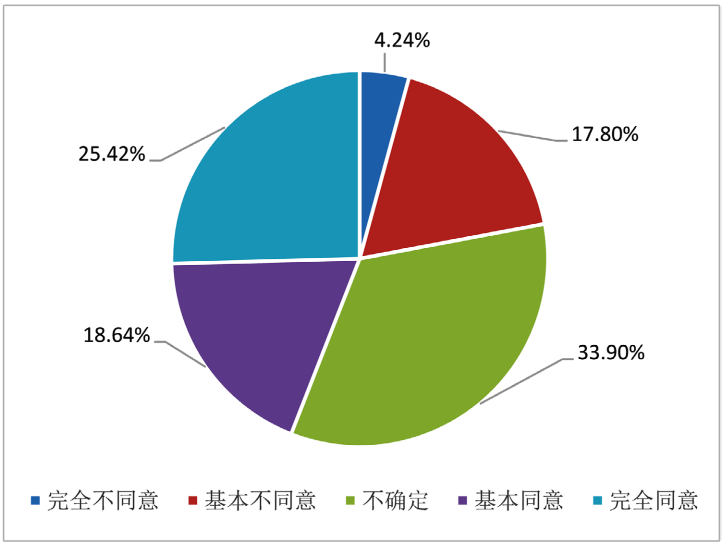

Figure 2. The solution of mathematical modeling is the solution of the original problem
图 2. 数学建模的解就是原始问题的解

4.3. 数学建模教育

调查题第三部分旨在探索学生对于数学建模进行学习这一观点的认同感。每个题目的平均分见表 16 数学建模教育部分每题的平均分所示。

Table 16. Average score of each question in mathematical modeling education section
表 16. 数学建模教育部分每题的平均分

	T1	T2	T3	T4	T5
平均分	4.44	4.48	4.52	4.54	4.53

学生已理解数学建模教育的概念，对于这一模块的内容无需再做分析。

5. 结论

问卷结果表明：

1) 学生对理解数学模型的概念有偏差、对数学建模所涉及的领域比较模糊；

2) 不同性别的学生对理解数学建模的概念有偏差；

3) 学生认同数学建模的教育价值，认为数学建模比人文科学更有助于学生理解自然科学。

6. 建构基于 STEM 理念培养师范生数学建模的提升策略

1) 通过问卷结果得知，学生对数学建模的概念模糊，在 STEM 理念下设计一个数学与其他学科相结合的跨学科课程。将数学建模纳入师范教育课程，使师范生能够自己建模，通过学生学习课程知识，掌握数学建模的相关概念。

2) 在 STEM 以问题为导向的教育理念下，为了提高学生解决实际问题的能力，学校可以与社区或者其他行业一起合作进行实地研究，提供更多的实践机会。

3) STEM 教育理念是要培养创新意识和批判性思维的复合型人才。这应鼓励教师用创造性的方法来描述数学建模的结果，可以包括图表、模型等，才能提升师范生的创造性思维和沟通能力。

4) 为了提高学生的科学探究能力，学校应提供参加数学建模的培训、研讨会等。这可以帮助学生了解最新的数学建模技术和教学策略，鼓励师范生参加数学建模比赛。

7. 研究不足

1) 样本数量过少。问卷结果表明不同性别的学生对理解数学建模的概念有偏差，有可能是因为本学院的师范生男女比例失衡，导致实验结果与性别相关。如果样本数量增多，可能会有不一样的结果。未来，希望增加样本量以后，有学者重新进行实验。

2) 问卷的维度较少，本研究采取三维度的形式对师范生进行建模观调查，主要侧重于学生对数学建模概念的理解，未对发生实际问题中，学生对数学建模的操作水平进行调查。未来可以通过在线的测试了解学生的实际操作能力。

参考文献

[1] 姜启源. 精心选择案例建设新形态教材——《数学模型》(第五版)简介[J]. 数学建模及其应用, 2018, 7(4): 75-78.

[2] 张宏礼, 揭育瑞, 欧阳芷雅, 张鸿雁. 数学师范专业数学建模课程中课程思政要素的挖掘[J]. 岭南师范学院学报, 2022, 43(2): 114-118.

[3] 李朝红, 张世红, 刘荣花. 数学建模竞赛与师范生数学素质的培养[J]. 齐齐哈尔师范高等专科学校学报, 2007(6): 151-152.

[4] 江建明, 陈青梅. 应用技术大学数学与应用数学(师范类)专业人才培养模式的研究与探索[J]. 教育现代化, 2017, 4(3): 6-7+10.