Advances in Education 教育进展, 2025, 15(2), 633-640
Published Online February 2025 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/ae
https://doi.org/10.12677/ae.2025.152288

Hans汉斯

数学建模思想在跨学科研究中的应用

马　梅，陈桂秀

青海师范大学数学与统计学院，青海　西宁

收稿日期：2025年1月13日；录用日期：2025年2月14日；发布日期：2025年2月24日

摘　要

本文主要探讨了数学建模在生物医学、社会科学和计算机科学等多个学科中的交叉应用与整合。数学建模作为一种跨学科的工具，通过数学方法和模型在不同学科领域中解决复杂问题，促进了学科之间的交流与合作。本文通过分析数学建模在各学科中的具体应用案例，展示了数学建模在促进跨学科研究发展和理论创新方面的重要作用。

关键词

数学建模，跨学科研究，数学模型

The Application of Mathematical Modeling in Interdisciplinary Research

Mei Ma, Guixiu Chen

School of Mathematics and Statistics, Qinghai Normal University, Xining Qinghai

Received: Jan. 13th, 2025; accepted: Feb. 14th, 2025; published: Feb. 24th, 2025

Abstract

This paper mainly discusses the cross-application and integration of mathematical modeling in biomedical science, social science and computer science. As an interdisciplinary tool, mathematical modeling solves complex problems in different subject areas through mathematical methods and models, and promotes exchanges and cooperation between disciplines. By analyzing the specific application cases of mathematical modeling in various disciplines, this paper demonstrates the important role of mathematical modeling in promoting the development of interdisciplinary research and theoretical innovation.

文章引用: 马梅, 陈桂秀. 数学建模思想在跨学科研究中的应用[J]. 教育进展, 2025, 15(2): 633-640.
DOI: 10.12677/ae.2025.152288

Keywords

Mathematical Modeling, Interdisciplinary Research, Mathematical Models

Copyright © 2025 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. 引言

随着科学研究的进步和复杂性的增加，跨学科研究在解决现实问题中变得越来越重要。在当今科学研究的复杂和多样性背景下，数学建模作为一种强大的工具和方法，不仅在数学本身有着深远的影响，还在物理学、社会科学、生物信息学和计算机科学等学科中展示了其广泛的应用和整合能力，逐渐成为跨学科研究中不可或缺的一部分[1]。数学建模是一种系统和结构化的方法，通过数学语言和技术来描述、分析和解决现实世界中的问题。它不仅仅是数学家和工程师的专利，而是一种跨学科的合作范式，能够在自然科学、工程技术、医学、社会科学等多个领域中发挥重要作用。通过数学建模，研究者可以把抽象的数学理论与具体的现实问题结合起来，从而推动跨学科交叉融合研究，促进不同学科之间的交叉合作。

数学建模的概念首次被正式提出可以追溯到 20 世纪初，国内的几所大学也在 80 年代初将数学建模引入课堂。随着计算机技术的发展和数学方法的不断进步，数学建模逐渐从简单的数学公式应用扩展到更为复杂和多样化的领域。它不仅包括基础的数学模型构建，还涉及到模型的求解、模拟和结果的解释与验证。将实际问题转化为数学模型，并利用数学工具和技术进行分析和预测。通过建立模型，研究者可以更好地理解复杂系统的行为规律，为决策提供科学依据，推动科学研究的深入和应用的拓展。随着科学知识的不断积累和学科交叉的加深，单一学科研究的局限性逐渐显现出来。许多复杂的现实问题往往跨越学科的界限，需要多方面的专业知识和方法来共同解决。数学建模因其抽象性、通用性和预测性，为跨学科研究提供了一种有效的工具和框架，使得不同学科之间的交流和合作更加紧密和高效。例如，在生物医学中，王等人[2]基于已知的物理和化学定律的数学方程式描述了参与免疫治疗和相关免疫反应的复杂生物系统，并探讨了治疗效果基于药物类型和癌症类型的差异。在疾病传播研究中，张等人[3]基于 SEIR 模型，引入自我防护和隔离两个仓室，提出一个更加通用的传染病传播模型。通过数值模拟和 COVID-19 病毒真实数据拟合表明提出的模型能够有效地描述传染病的动态传播过程。

数学建模作为跨学科研究的桥梁和催化剂，具有重要的意义和创新点。通过数学建模，研究者可以集成不同领域的专业知识，推动科学知识的进步和应用的拓展。数学建模不仅促进了学科之间的交流与合作，还提升了解决复杂问题的能力，为全球性挑战的应对提供新的思路和方法。本文将通过全面探讨数学建模在跨学科研究中的应用与整合，系统地分析数学建模在不同学科领域中的应用案例，探讨数学建模在跨学科研究中的重要性和挑战性。

数学建模的发展历程

数学建模作为一种科学方法和工具，在过去几十年中经历了显著的发展和演变。数学建模的最初形式可以追溯到 20 世纪初期，当时主要用于物理学和工程学领域的应用问题。1940 年代末至 1950 年代初期，随着计算机技术的兴起，数学建模开始向更复杂的系统和问题领域拓展，如气象学、经济学等。1960 年代至 1970 年代，计算机技术的普及使得数学建模能力大幅提升，模型的复杂度和精度得以显著增加。1980 年代至 1990 年代，数学建模在工业、环境、生物医学等领域中得到广泛应用，成为解决复杂问题的

重要工具。2000 年代以后，随着跨学科研究的兴起，数学建模不仅在学术研究中得到推广，还逐渐进入到教育和竞赛领域。1985 年，美国大学生数学建模竞赛(MCM)的创立，标志着数学建模竞赛作为一个具有广泛参与和国际影响力的活动的起步。而始于 2005 年的国际数学建模挑战赛(IMMC)则在全球范围内推广了数学建模的应用和教育，成为各国学生展示数学建模能力和创新思维的平台[4]。图 1 给出了数学建模的发展历程。数学建模教学和竞赛的普及也推动了高效教育改革，丰富了数学教学的形式和方法，为高等学校应该培养什么人、怎样培养人，做出了重要的探索，为提高学生综合素质提供了一个范例[5]。

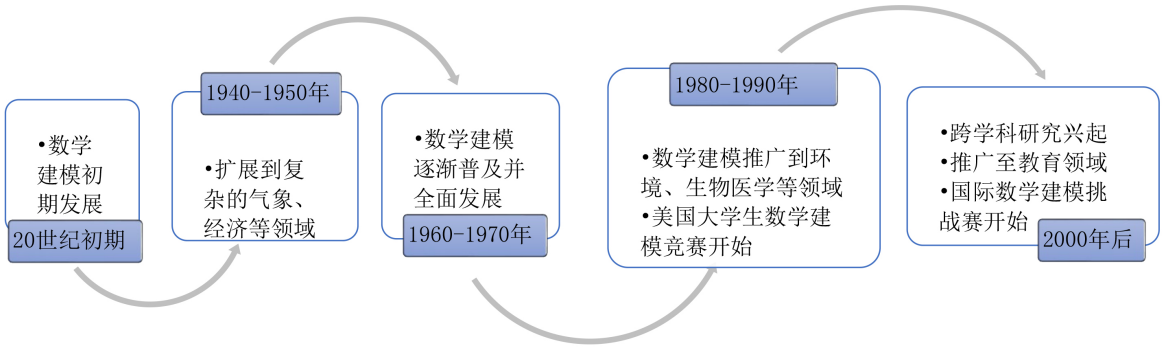


Figure 1. The development history of mathematical modeling
图 1. 数学建模的发展历程

2. 数学建模思想在跨学科研究中的应用



Figure 2. The general process of mathematical modeling
图 2. 数学建模的一般流程

数学建模是将理论与实际问题紧密结合的过程，通过建立数学模型来解决实际问题，并为决策提供参考解决方案。数学建模的核心思想是深入理解和定义实际问题，准确捕捉问题的本质、目标和约束条件，考虑模型的适用性和实用性选择合适的数学方法和技术并对模型的灵敏度、稳定性和参数优化等方面进行全面分析，以评估模型的预测能力，为后续的数值计算和模拟提供了重要依据。图 2 给出了数学建模的一般过程。一般数学建模没有固定的格式和标准，也没有明确的方法，通常有 6 个步骤。首先，问题定义，也就是模型准备，通过了解问题的实际背景，明确其实际意义，掌握对象的各种信息，以数学思路来解释问题的精髓，数学思路贯彻问题的全过程，进而用数学语言来描述问题。其次，根据实际对象的特征和建模的目的，对问题进行必要的简化，并用精确的语言提出一些恰当的假设，对涉及到的变量、变量的单位、相关假设进行定义，利用适当的数学工具来刻画各变量常量之间的数学关系，建立相应的数学模型。第三，对于建立的模型，利用获取的数据资料，根据模型的特点，选择恰当的方法对模型求解。第四，对所要建立模型的思路进行阐述，对所得的结果进行数值分析，包括误差分析、参数分析等。之后，将模型分析结果与实际情形进行比较，以此来验证模型的准确性、合理性和实用性，进一步对模型进行修改，再次重复建模过程。最后，将建立的模型进行扩展应用到实际问题中。

目前，数学建模思想几乎渗透到了各个学科，在多学科的交叉研究中发挥了重要作用。图 3 列举了数学建模思想的几个跨学科应用。

2.1 生物医学中的应用

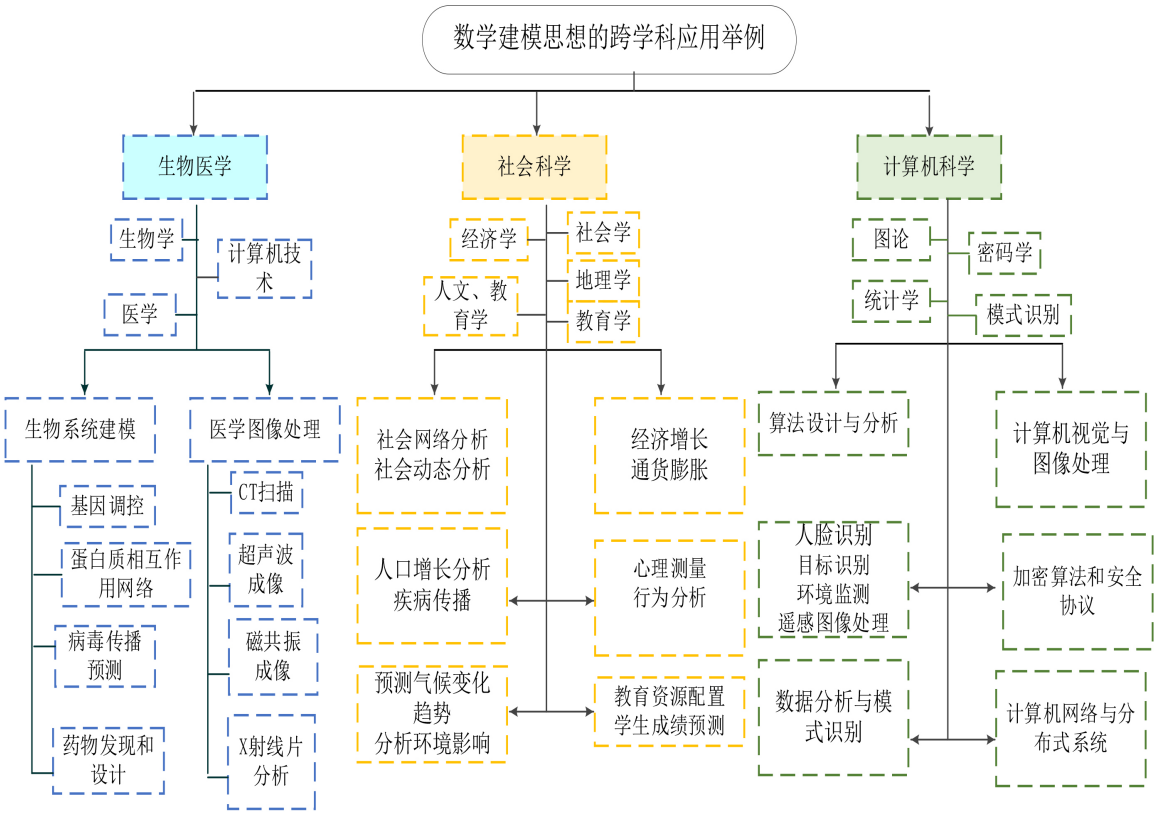


Figure 3. Examples of interdisciplinary applications of mathematical modeling
图 3. 数学建模思想的跨学科应用举例

生物医学结合了生物学、计算机科学和医学的多学科知识，建立了各生物层次的数学模型，包括基

因调节网络、蛋白质相互作用网络、代谢网络、信号转导网络、疾病传播模型及细胞循环模型等，帮助人们理解生物体内各种生理过程、疾病发生机制和分子基础等，这有助于预测疾病发展趋势、药物作用机制以及针对疾病设计新的药物。Liu 等人[6]总结了近年来基于数学模型的医学问题。Wu 等人[7]运用数学手段，构建了新数学模型为解析复杂疾病成因、指导复杂疾病治疗及相关药物设计提供了崭新思路。图 4 介绍了利用建模思想设计药物分子的简单建模过程。

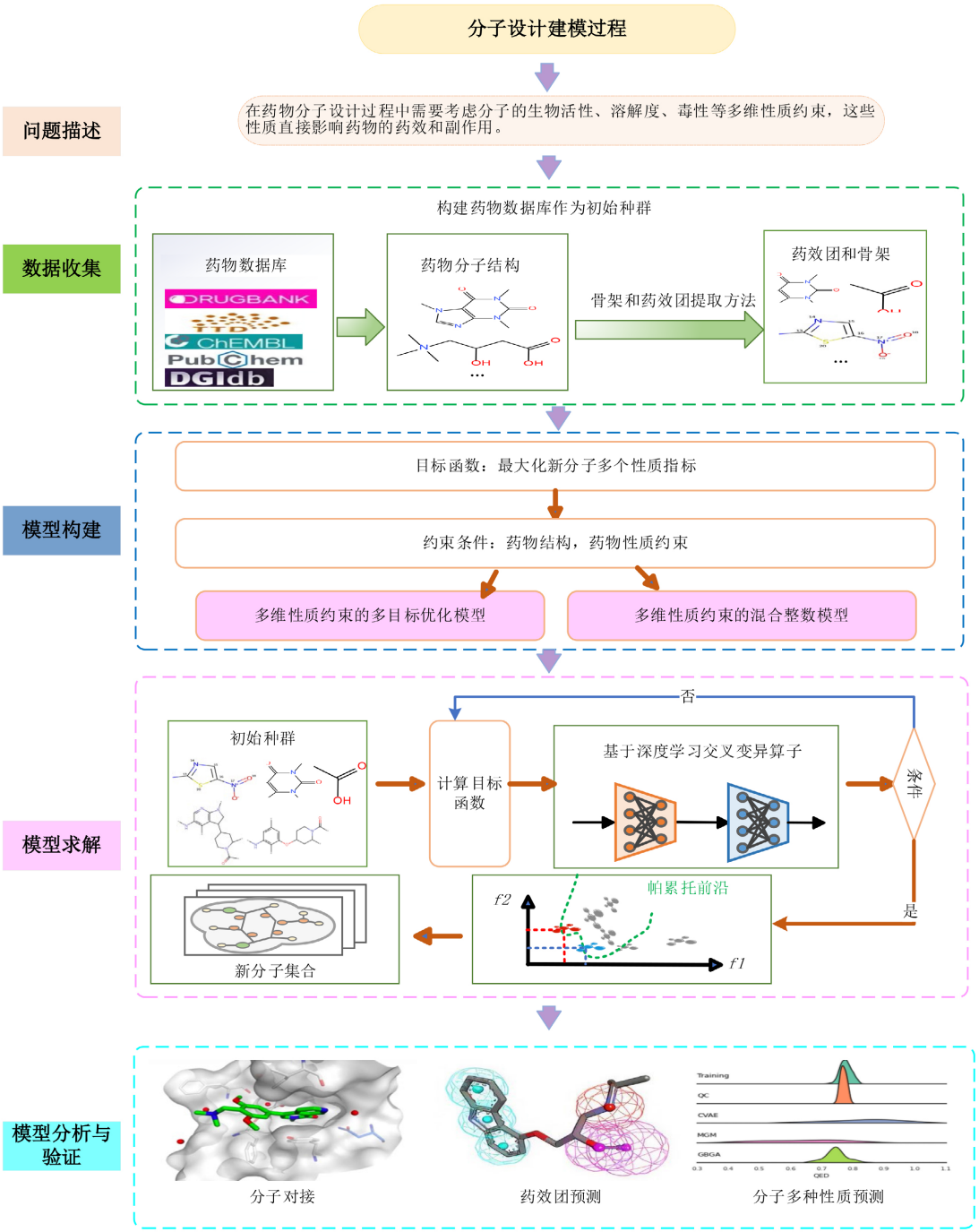


Figure 4. The general modeling process of molecular design
图 4. 分子设计的一般建模过程

药物分子设计指根据药物作用靶标(如蛋白质、核酸等)的三维结构、电荷分布与结合位点(口袋)形状等信息，从具有活性的小分子构－效关系出发，通过改造、修饰等方法设计活性更好、毒性更低、能与靶标相互作用并调节其功能的具有特定药理活性的化合物(包括化学小分子、多肽、寡糖和其他生物大分子等)。优化算法可以通过数学建模和计算方法来优化药物设计的各个环节，提高设计效率，降低成本，并且可以探索更广泛的化学空间，发现那些传统方法可能无法找到的药物候选物。针对复杂疾病治疗构建新的数学模型，如多目标优化模型、混合整数规划模型来设计同时满足多个性质约束的药物分子，以期望在疾病治疗中取得更好的效果[8] [9]。如图 4 所示，首先，收集大量已知活性的药物分子数据和相关性质数据，利用多个软件从构建的药物数据库中提取表现好的分子作为初始种群。其次，考虑药物结构与性质之间的关系，可以选择药物生物活性、溶解度、毒性、分子量、脂溶性、亲和力等性质作为目标函数来评估生成的分子的属性与目标属性的匹配程度，通过对药物分子结构和性质约束，设定多个约束条件。建立由目标函数、药物结构约束、药物性质约束组成的多目标优化模型或混合整数规划问题。然后，充分利用计算机技术和优化算法，采用深度学习和进化算法相结合的方式求解多目标优化模型。对于获得的新分子，通过分子对接和分子动力学模拟验证评估新生成分子的多种性质。

2.2. 社会科学中的应用

社会科学涉及人类行为、社会结构和经济发展等复杂系统的研究，而数学建模提供了量化分析和预测的有效工具。例如，运用代数模型分析市场经济中的竞争策略，或者利用网络理论探索社会网络中信息传播的模式。数学建模在社会科学中的应用不仅帮助理解社会现象的本质，还推动了政策制定和社会管理的优化。这些跨学科的应用不仅拓展了数学在社会科学中的作用，还促进了不同学科之间的交流和合作。

流行病模型是数学建模在医学和公共卫生领域中的重要应用之一，它们帮助科学家和决策者理解和预测传染病在人群中的传播过程和特征[10]。丹尼尔·伯努利(Daniel Bernoulli)在 1760 年对疾病传播的数学模型进行了最早的描述，创建了关于天花接种时间的数学模型[11]。之后，随着流行病的发展，提出了多种流行病模型，如经典的 SI 模型和变体 SEIR 模型[12]。表 1 介绍了基本的流行病传播模型。

Table 1. Basic epidemiological transmission model
表 1. 基本流行病传播模型

模型类型	组分	适用性
SI	易感者－感染者模型	易感者通过与感染者的接触而感染病原体的流行病，如流感等
SIR	易感者－感染者－康复者模型	适用于研究有一定康复期的传染病，如麻风病等
SIRS	易感者－感染者－康复者－易感者模型	适用于那些感染后没有长期免疫力的疾病研究
SEIR	易感者－暴露者－感染者－康复者模型	适用于研究有潜伏期的传染病，如天花等
SEIRS	易感者－暴露者－感染者－康复者－易感者模型	适用于具有潜伏期和恢复后失去免疫力的疾病
Agent-based	代理人模型	适用于捕捉人群中个体之间复杂的非线性关系和异质性

2.3. 计算机科学中的应用

计算机科学作为信息时代的核心学科，与数学建模的结合推动了算法设计、大数据分析和人工智能的发展。数学建模不仅为计算机科学提供了理论基础，还在图论、优化算法和复杂网络分析等领域提供

了实用工具[13]。例如，图论被用于分析社交网络的结构和信息传播路径，优化算法被应用于解决复杂的调度和路由问题，复杂网络分析则帮助理解互联网拓扑结构和信息流动。这些数学模型不仅提供了理论支持，还推动了计算机技术在各个行业中的创新应用。通过数学建模，计算机科学家能够解决现实世界中复杂问题，促进技术创新和应用进步。图像处理是计算机视觉和数字图像处理领域的重要组成部分，通过数学建模和算法对图像进行分析和处理，可以实现图像增强、图像分割、图像识别等功能[14]。通过详细介绍一个图像处理案例，进一步说明数学建模在图像处理过程中的应用。

首先，准备图片作为模型的输入，然后将图像按需求表示为不同的格式。常见的图像格式包括二值图像、灰度图像、索引图像和 RGB 图像，然后将其转换为数值特征，利用构建的模型进行锐化和去噪，这里，以灰度图像为例，选择卷积运算对图像进行锐化，增强边缘等细节，对锐化后的图像进行去噪，最后根据构建的模型对图像进行分割。具体过程如下：

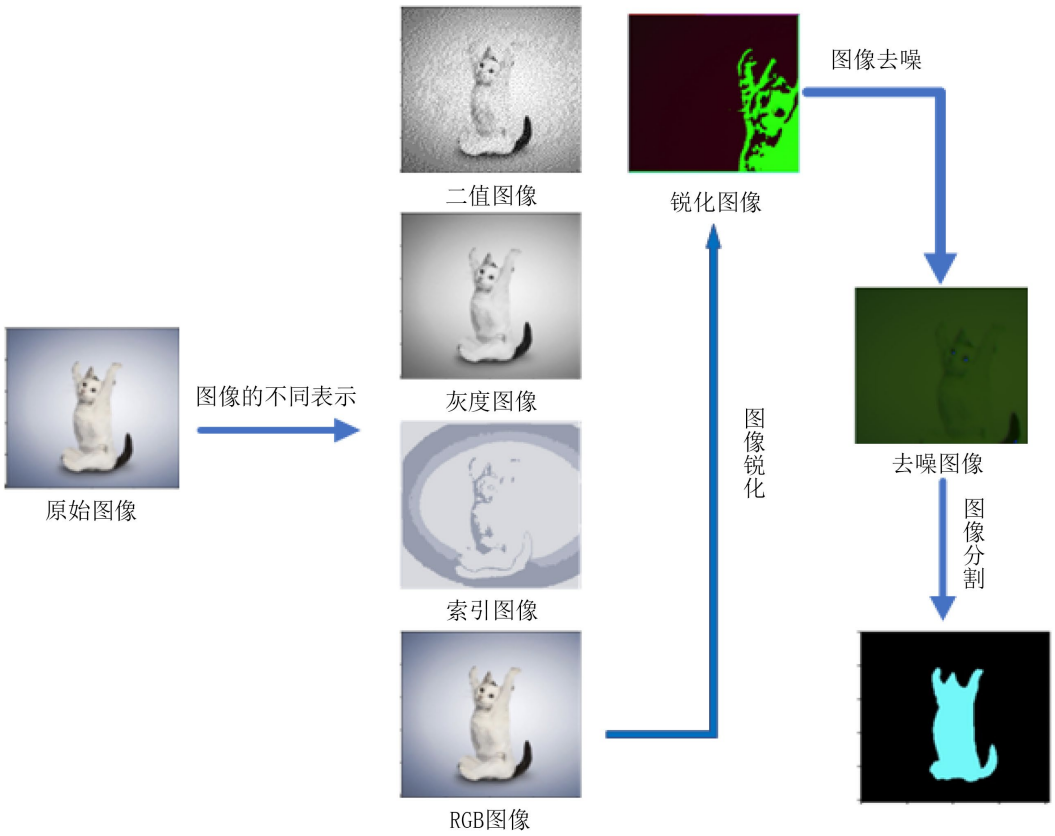


Figure 5. Simple implementation process of image segmentation
图 5. 图像分割简单实现过程

图 5 以一张图片为例给出图像分割的简单过程，在实际应用中，我们需要更复杂的模型和数据集，以及更精细的调整和后处理技术。

3. 结论

本文通过分析不同学科领域中的具体应用案例，展示了数学建模如何整合不同学科的理论和方法，不仅为理论知识提供实际应用场景，也促进跨学科研究的发展。未来的研究应继续探索数学建模在跨学科研究中的新应用和理论创新，以应对日益复杂和多样化的现实挑战。

基金项目

2024 年度青海师范大学校级一流本科课程《数学建模》(qhnuylkc2024004)。

参考文献

[1] 孙虎, 刘祖希. 数学跨学科实践活动: “内涵” “价值”与“实施路径” [J]. 数学教育学报, 2023, 32(1): 19-24.

[2] Butner, J.D., Wang, Z., Elganainy, D., Al Feghali, K.A., Plodinec, M., Calin, G.A., *et al*. (2021) A Mathematical Model for the Quantification of a Patient’s Sensitivity to Checkpoint Inhibitors and Long-Term Tumour Burden. *Nature Biomedical Engineering*, **5**, 297-308. https://doi.org/10.1038/s41551-020-00662-0

[3] 张露文, 刘洪娟. 考虑防护和隔离的传染病传播建模与分析[J]. 东北大学学报(自然科学), 2023, 44(4): 486-494.

[4] 章培军, 王震, 李永新, 等. 面向竞赛的数学建模教学改革探索[J]. 教育教学论坛, 2019(36): 120-121.

[5] 贾秀利. 基于应用型人才培养模式的数学建模教学探究[J]. 吉林省教育学院学报, 2024, 40(3): 80-84.

[6] Liu, Y., Wu, R. and Yang, A. (2023) Research on Medical Problems Based on Mathematical Models. *Mathematics*, **11**, Article 2842. https://doi.org/10.3390/math11132842

[7] Wu, S., Liu, X., Dong, A., Gragnoli, C., Griffin, C., Wu, J., *et al*. (2023) The Metabolomic Physics of Complex Diseases. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **120**, e2308496120. https://doi.org/10.1073/pnas.2308496120

[8] 谭小芹, 熊嘉诚, 朱亭霏, 等. 中国药物分子设计 40 年发展成就[J]. 中国科学: 生命科学, 2019, 49(11): 1375-1394.

[9] Yang, S., Huang, Q., Li, L., Ma, C., Zhang, H., Bai, R., *et al*. (2009) An Integrated Scheme for Feature Selection and Parameter Setting in the Support Vector Machine Modeling and Its Application to the Prediction of Pharmacokinetic Properties of Drugs. *Artificial Intelligence in Medicine*, **46**, 155-163. https://doi.org/10.1016/j.artmed.2008.07.001

[10] Liu, Z., Wan, G., Prakash, B.A., *et al*. (2024) A Review of Graph Neural Networks in Epidemic Modeling. Proceedings of the 30th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, Barcelona, 25-29 August 2024, 6577-6587. https://doi.org/10.1145/3637528.3671455

[11] 李清茹, 吴俊, 叶冬青. 流行病学的拾砖者——丹尼尔·伯努利[J]. 中华疾病控制杂志, 2019, 23(6): 741-744.

[12] Chen, Y., Liu, F., Yu, Q. and Li, T. (2021) Review of Fractional Epidemic Models. *Applied Mathematical Modelling*, **97**, 281-307. https://doi.org/10.1016/j.apm.2021.03.044

[13] 施思远. 计算机技术在数学建模中的应用[J]. 电子技术, 2021, 50(8): 242-243.

[14] 张静. 红外图像分割与目标提取方法研究[J]. 智能计算机与应用, 2024, 14(7): 241-245.