

生物医药数据科学专业课程体系的多维结构分析

何显志¹ 曹非¹ 王新蓓¹ 崔雷^{1,2*}

(¹锦州医科大学医疗学院, 辽宁锦州 121010, ²中国医科大学, 辽宁沈阳 110122)

[摘要][目的/意义]: 生物医药数据科学是新兴交叉学科, 课程体系亟待系统构建。本文通过实证分析揭示该专业课程体系的现状与特征, 为专业建设规范和课程优化提供依据。

[方法/过程]: 以全国 25 所开设院校为调查对象, 收集 22 所院校必修课课程名称及 15 所院校课程学时数据。依据《中华人民共和国学科分类与代码国家标准》将课程归入 13 个学科大类, 从学科分布、院校—学科双向聚类、核心课程三个维度开展定量分析, 并与数据科学与大数据技术专业进行结构对比。

[结果/结论]: 开设院校自 2020 年起快速增长, 以华东、东北地区公办院校为主。课程体系形成计算机科学技术 (46.82%)、数学与统计学 (17.84%)、生物学与基础医学 (14.41%) 三大支柱; 院校聚类呈现偏医学均衡型与计算机主导型两类取向; 核心课程开设率超 80%, 但存在学科融合表面化、课程标准不一等问题。结果表明该专业课程体系已初步形成但尚未成熟, 建议增设融合型核心课程和制定课程标准。

[关键词] 生物医药数据科学; 课程体系; 学科分布; 双向聚类; 核心课程

Multidimensional Structure Analysis of the Curriculum System of Biological and Pharmaceutical Data Science

He Xianzhi¹ Cao Fei¹ Wang Xinbei¹ Cui Lei^{1,2*}

(¹Medical College of Jinzhou Medical University, Liaoning Jinzhou 121010, ²China Medical University, Liaoning Shenyang 110122)

[Abstract] [Purpose/Significance]: Biomedical data science is an emerging interdisciplinary field, and the curriculum system urgently needs systematic construction. This paper reveals the current situation and characteristics of the curriculum system of this major through empirical analysis, providing a basis for standardizing the construction of the major and optimizing the curriculum.

[Method/Process]: Taking 25 universities nationwide that offer the program as the survey subjects, we collected the names of compulsory courses from 22 universities and course hour data from 15 universities. According to the 'National Standard of Discipline Classification and Codes of the People's Republic of China,' the courses were classified into 13 major disciplinary categories. Quantitative analysis was conducted from three dimensions: disciplinary distribution, university-discipline bidirectional clustering, and core courses, and a structural comparison was made with the Data Science and Big Data Technology major.

[Result/Conclusion]: Since 2020, the number of institutions offering the program has grown rapidly, mainly public institutions in East China and Northeast China. The curriculum system has formed three main pillars: Computer Science and Technology (46.82%), Mathematics and Statistics (17.84%), and Biology and Basic Medicine (14.41%). Institutional clustering shows two orientations: a medicine-balanced type

10.12201/bmr.202609.00016V1

何显志(第一作者)、1996.05、男、辽宁盖州、锦州医科大学医疗学院、见习助教、硕士研究生、生物信息学

曹非、1984.01、女、辽宁锦州、锦州医科大学医疗学院、副教授、硕士研究生、计算机应用与教学

王新蓓、1989.03、女、山西晋中、锦州医科大学医疗学院、助教、硕士研究生、计算机科学技术

崔雷(通讯作者)、1963.08、男、辽宁营口、锦州医科大学医疗学院、教授、博士研究生、生物医药数据科学

and a computer-dominant type. The offering rate of core courses exceeds 80%, but problems such as superficial interdisciplinary integration and inconsistent curriculum standards exist. The results indicate that the curriculum system of this major has been initially formed but is not yet mature. It is recommended to add integrated core courses and establish curriculum standards.

[Keywords] Biomedical Data Science; Curriculum System; Discipline Distribution; Bidirectional Clustering; Core Courses.

1 引言

在全球数字化转型与健康医疗大数据建设深入推进的背景下，生物医药数据科学作为融合医学、生物学与计算科学的前沿交叉领域，正迅速成为推动精准医学、智能诊疗与药物研发创新的重要驱动力^[1]。近年来，国务院《关于促进大数据发展的行动纲要》与《“健康中国 2030”规划纲要》等政策均明确提出要应用健康医疗大数据，培养健康领域的的数据科学人才。2021 年，教育部将“生物医药数据科学”纳入本科专业目录，标志着该学科进入规范化教育阶段。从课程布局看，生物医药领域数据科学建设方向呈现多元化趋势，涵盖生物医学数据科学、医学数据科学、健康数据科学等^[2-4]。

作为新兴交叉专业，其课程体系仍处于探索期，各院校设置差异明显，尚未形成统一的建设规范与培养路径。现有研究多以理论探讨或个案分析为主，缺乏对具体院校的实证调研与系统性分析。如何构建既体现学科交叉的特性，又体现应用需求的课程体系，成为当前生物医药数据科学建设的首要任务^[5-8]。

基于此，本研究以全国开设该专业的 25 所院校为总体调查对象，对其中 22 所院校专业必修课课程名称和 15 所院校完整课程学时数据进行系统调查，从课程结构、学科分布、核心模块、院校特色等方面反映课程体系现状与问题，为专业教育改革与教学标准制定提供实证依据。

2 数据来源与研究方法

2.1 院校数据来源与整理

通过教育部官网获得各年开设生物医药数据科学专业的院校名单（截至 2025 年），收集院校类型、地域及开设时间等信息。

通过招生信息网、教育部阳光高考信息平台等公开渠道，特别是各高校官网，检索各院校招生章程与培养方案，重点采集专业课程开设信息。共获得 22 所院校的有效专业课程名称信息，其中 15 所院校的培养方案中包含完整的课程学时数据，本研究以此作为课程定量分析的样本。同时，对上述院校特征信息进行可视化分析，呈现国内生物医药数据科学专业的整体发展格局。

2.2 专业课程学科分类与定量分析

2.2.1 专业课程的学科分类

依据《中华人民共和国学科分类与代码国家标准（GB/T 13745-2009）》，结合专业交叉特征，将所收集的 22 所院校全部专业必修课程统一划分为 13 个学科大类，其中，融合生物医药与数据科学相关内容的跨学科核心课程单独列为“生物医药数据科学类”，少量难以归类的课程（如科研轮转训练）划入“其他类”。对于不同院校课程名称不统一的问题，通过研读课程教学大纲与课程介绍，对内容相同或相近的课程进行归并。

2.2.2 课程学时统计分析

受信息获取条件限制，本研究共收集到 15 所院校的完整专业课时数据。统计分析按课程所属学科进行，指标包括各学科课程开设总学时、各学科学时占该校专业必修课总学时的百分比，以及各学科占比的均值、方差与标准差；并在各学科内筛选开设院校多、学时量大的课程作为代表性课程。

2.2.3 院校课程学科聚类分析

以 15 所院校在 13 个学科类别中的课程学时占比为分析指标，构建院校—学科学时矩阵。运用 gCLUTO^[9]软件进行院校—学科双向聚类，生成聚类棋盘图，以揭示不同院校课程结构的学科特征。

2.2.4 课程层次与能力维度归类

将 15 所院校的 137 门课程按开设该课程的院校数量进行统计与分组，开设院校 10 所以上的定义为必修课，7—9 所的为专业主干课，4—6 所的为特色课程。

依据教育部《服务健康事业和健康产业人才培养引导性专业指南》对生物医药数据科学专业的培养要求^[10]，并参考已有研究^[11-13]提出的医学数据科学本科教育 4 个核心领域（数学、信息学、医学信息学、医学），在反复研读与比对课程名称、课程简介及教学目标的基础上，将各课程按核心能力类型归类。

2.2.5 跨专业课程结构的比较方法

为揭示生物医药数据科学的专业独特性，本研究选取 15 所开设“数据科学与大数据技术（080910T）”专业的院校，依据其公布的培养方案统计专业必修课程，采用相同的学科分类标准与量化指标，从学科结构、专业核心课程等方面对比两专业的差异。

3 研究结果

3.1 开设院校的基本情况

从专业开设时间看：截至 2025 年，全国开设生物医药数据科学本科专业的院校共有 25 所（均为本科层次）。其中，2020 年，新疆医科大学为国内首家开设该专业的院校；2021 年，山东大学、中国药科大学和安徽医科大学临床医学院等 3 所高校设立该专业；2023 年，山东第一医科大学、锦州医科大学等 3 所院校加入；至 2024 年，包括山西医科大学、沈阳医学院等在内的 18 所院校开设该专业。国内生物医药数据科学本科教育起步虽晚，但发展迅速。

从地域分布来看，开设院校已覆盖全国六大行政区域（华北、东北、华东、中南、西南、西北），既包括经济发达省份，也涵盖中西部地区高校，体现了该专业在全国范围内的广泛认可（如图 1 所示）。具体来看，占比较高的是华东和东北地区院校，其中东北地区开设该专业的院校以辽宁为主。

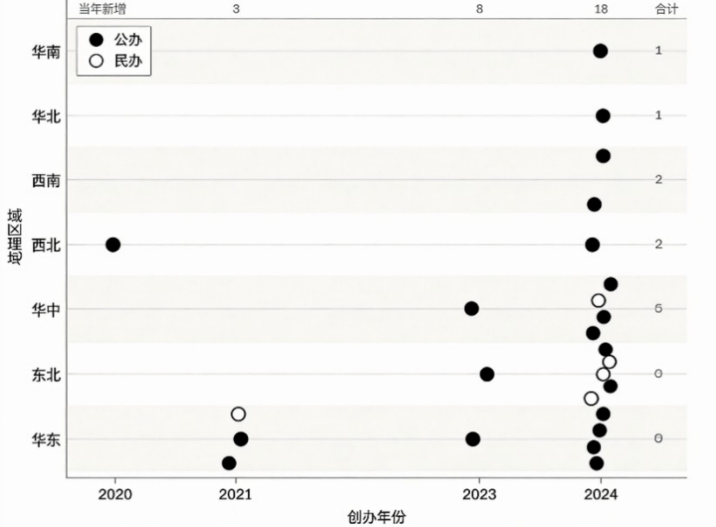


图 1 生物医药数据科学专业 25 所院校的开设时间-地域-类型分布

从院校类型来看，公办高校占比达 76%（19 所），独立学院或民办高校仅占 24%（6 所），呈现出公办院校为主、民办院校积极参与的办学格局，表明该专业在起步阶段主要依托具备医药学科底蕴或理工科优势的公办院校。

综上，华东地区院校最多且起步较早，以公办为主；东北地区院校数量居第二，开设时间集中于 2023 至 2024 年。

3.2 专业课程设置的学科结构分析

3.2.1 课程学科分布分析

由表 1 可见，在学时数量上，计算机科学技术以较大幅度（超过 1 万学时，占各学科总学时近一半）位居第一，反映生物医药数据科学专业对信息技术的重视程度。数学与统计学、生物学与基础医学构成第二层次，是本专业的核心基础；临床医学与药理学居第四、第五，考虑到其学科专业性，占比仍然显著，构成第三层次；预防医学与公共卫生学管理学、化学属于第四层次；物理学、电子与通信技术、语言学等学科学时总量和占比均较低，属于边缘或特色补充学科。在课程门数上，计算机科学技术同样为最多，其余学科排序与学时数基本一致。

表 1 15 所院校开设专业课程在各个学科的学时总数和课程总数

学科	课程门数	课程数占比	学时数	学时数占比
计算机科学技术	56	40.88	10007	46.82
数学与统计学	19	13.87	3814	17.84
生物学与基础医学	20	14.60	3081	14.41
临床医学	7	5.11	1208	5.65
药学	12	8.76	1123	5.25

学科	课程门数	课程数占比	学时数	学时数占比
预防医学与公共卫生学	4	2.92	638	2.98
其他	5	3.65	552	2.58
管理学	5	3.65	412	1.93
化学	2	1.46	190	0.89
物理学	2	1.46	104	0.49
生物医药数据科学类	2	1.46	92	0.43
电子与通信技术	1	0.73	90	0.42
语言学	2	1.46	64	0.30
总计	137		21375	

注：课程数与学时数为 15 所院校开设该学科课程的合计数；占比为该学科占全部学科的百分比。

上述学科分布表明：多数院校已形成共识，即以计算机科学技术为技术手段、数学与统计学为基础理论、生物学与基础医学及临床医学、药学、预防医学与公共卫生学为应用方向的专业教育格局，并结合各院校学科优势在基础与应用课程上各有侧重。其余 7 所院校仅有课程名称而无学时数据，其课程构成与上述 15 所院校高度一致，计算机与数据科学类课程同样处于主体地位，数学与统计学类课程普遍开设，生物学与基础医学类课程亦为必修课程。

因此，多数院校形成了以应用导向为主的生物医药数据科学专业教育主线：理论（数学与统计）—工具（计算机技术）—应用领域（基础与临床医学等）。

3.2.2 核心课程开设情况

目前具备完整学时数据的 15 所院校开设专业必修课 137 门，共 21375 学时，院校平均开设专业必修课 50 门，平均学时 1425.00 ± 336.30 ，各院校在课程总量设置上存在差异，但整体保持相对稳定，反映出各院校对具体知识与技能的基本共识。

从课程名称上看，部分课程之间存在内容交叉与重叠，例如“概率论与数理统计”与“生物统计学”；也有一些名称不同但内容相近的课程，例如“药学概论”和“药学基础”。

表 2 开设院校数排名前 30% 的具体课程及学时（按照学科划分）

学科	课程	总学时	开设院校数
计算机科学技术	大数据技术	1280	14
	数据库	724	14
	机器学习	661	13
	数据结构	647	13
	人工智能	408	12
	Python 语言程序设计	574	11
	深度学习	403	9
	操作系统	250	6
	C 语言程序设计	342	5
临床医学	临床医学概论	786	11
	临床疾病研究概述	150	3
生物学与基础医学	基础医学概论	744	9
	生物信息学	422	9
	分子生物学	321	8
	生物化学	240	7
数学与统计学	概率论与数理统计	653	14
	线性代数	455	11
	高等数学	1106	8
	生物统计学	198	4
药学	药学概论	332	8
	药理学	204	3
	药学基础	139	2
预防医学与公共卫生学	流行病学	474	10

10.12201/bmr.202609.00016V1

对各学科模块的具体课程分析可以发现，当前生物医药数据科学专业的课程框架呈现以下特征：

在知识结构上：形成了“数理基础—数据科学技术—生物医药应用”递进式三层结构，其中数据科学技术占据主导地位。

在技能培养上：各院校普遍开设的核心技能包括：（1）数据工程能力，如数据库与大数据技术（93%开设率，2004总学时）；（2）算法与编程能力，如Python、数据结构与机器学习（平均82%开设率，1882总学时）；（3）数理统计能力，如概率论与数理统计（93%开设率，653学时）。形成以数据工程能力和机器学习建模能力为两大支柱，以Python编程为实现工具，以概率统计为理论支撑的能力结构。

在特色定位上：通过临床医学概论（73%）与基础医学概论（60%）等课程构建“生物医药”的场景认知，但深度普遍较浅，多以“概论”和“基础”为主；通过生物信息学（60%）与流行病学（67%）等课程构建生物数据分析能力。

此外，“生物医药数据科学类课程”开设较少。15所院校仅蚌埠医科大学、贵州中医药大学、山西医科大学3所院校开设此类课程，以生物医药数据科学导论、生物医药数据科学前沿进展为主，总学时仅有92学时，占专业必修课总学时0.43%；在仅获知课程名称的7所院校中，仅宁夏医科大学、山东第一医科大学两所院校开设生物医药数据科学融合类课程。该类学科交叉课程能体现专业特色，但仅处于小范围试点状态，整体开设覆盖面窄、学时配比偏低，未形成规模化、体系化布局。

3.2.3 院校—学科双向聚类分析结果

图2为依据各院校各学科课程学时数生成的院校—学科双向聚类棋盘图，可从纵横两个方向进行分析。

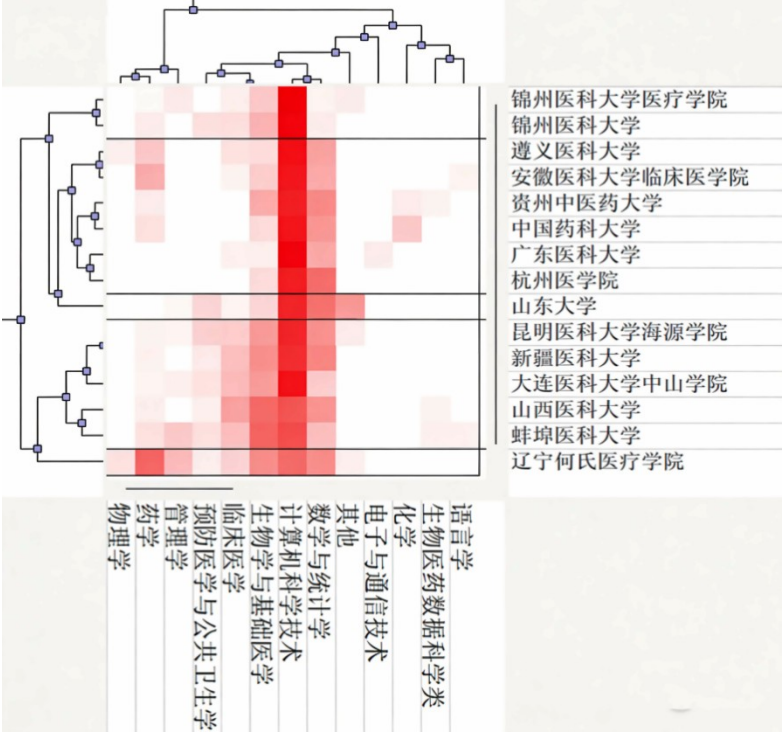


图2 院校—学科双向聚类棋盘图

在学科聚类方面，通过纵向观察图2棋盘图中单元格的颜色深度可见，颜色最深的是计算机科学技术、数学与统计学、生物学与基础医学三个学科，药学亦为多所院校开设且学时较多的学科。其中，计算机科学技术在所有院校中学时均居首位，反映当前该专业课程设置的共同趋势。

由顶端聚类树图可见，医学领域的生物学与基础医学和临床医学最早聚集成为一类，进而与预防医学与公共卫生学聚为一类；数学与统计学和计算机科学技术两个学科也较早聚集成为一类。学科聚类依据院校课程学时分布的相似性计算，聚为一类反映出这些学科在院校课程设置上具有较高的相似性。这5个学科构成了课程的主要学科类簇，基本特点为计算机科学技术课程学时较高，数学与统计学、生物学与基础医学学时居中，临床医学预防医学与公共卫生学学时较低。另一类簇由药学、物理学和管理学三个学科组成，药科学时稍多，其他学科学时较少。学科聚类结果反映了医学教育在“新医科”背景下的多元化探索。

在院校聚类方面，依据各院校各学科课程学时分布，结合左侧聚类树图沿水平方向分类，可将院校初步分为两类：

一类为偏医学均衡型：包括蚌埠医科大学、大连医科大学中山学院、新疆医科大学、昆明医科大学海源学院、山西医科大学等 5 所院校。以基础医学和临床医学为核心，课程体系较为均衡。

另一类为计算机主导型：包括中国药科大学、安徽医科大学临床医学院、遵义医科大学、杭州医学院、贵州中医药大学、广东医科大学等 6 所院校。以计算机课程为主、数学课程为辅，医学基础课程投入较低。辽宁何氏医学院药学与计算机课程学时较为突出。锦州医科大学及其医学院的计算机课程学时占比超过 60%，其他学科学时占比明显偏低，亦属计算机偏重型，山东大学同属此类。

3.3 跨专业课程结构对比分析

由表 3 可以看出，两专业之间的本质区别不在于数据科学类课程的占比，而在于两专业对领域知识的渗透程度及计算机系统类课程的覆盖程度。生物医药数据科学专业的领域导向性较强，医学相关必修课程占比较高，但计算机系统类课程比重较低，跨方向复合型课程相对欠缺。

表 3 生物医药数据科学专业与数据科学与大数据技术专业课程结构对比

对比维度	生物 医 药 数 据 科 学 (101012T)	数 据 科 学 与 大 数 据 技 术 (080910T)
学科支柱	三大支柱：计算机科学技术（46.82%）、数学与统计学（17.84%）、生物学与基础医学（14.41%）	三大支柱：计算机科学技术（约 50%）、数学（约 20%）、统计学（约 15%）
领域课程占比	生物医药相关课程（临床医学、基础医学、药学、预防医学等）合计占专业必修课约 28%	领域课程多为选修，例如自然语言处理、大数据可视化技术与应用等无强制必修要求
计算机系统课程	极少开设操作系统、计算机网络、计算机组成原理等系统类课程	普遍开设操作系统、计算机网络、组成原理，形成完整系统知识链
交叉融合课程	仅 3 所院校开设“生物医药数据科学导论”类课程，总学时 92，占比不足 0.5%	无跨学科必修融合课程

4 讨论

生物医药数据科学专业教育发展迅速，开设院校地域分布广泛、院校类型多样，呈现良好发展态势。

4.1 课程体系的结构性特征

4.1.1 学科分布特征

生物医药数据科学专业课程主要涉及计算机科学技术、数学与统计学、生物学与基础医学、临床医学、药学及预防医学与公共卫生学等学科。这体现了开设院校对专业性质的共同认识，这些学科共同构成专业的理论、工具与应用三个层面。

4.1.2 核心课程培养链

从各学科核心课程的门数与学时分布来看，各院校在培养定位上已形成基本共识：数据科学能力为主体，生物医药知识为应用领域。生物医药数据科学专业遵循“数据科学+生物医药应用场景”的建设理念，更接近于“掌握数据科学工具、服务生物医药领域”的培养逻辑，而非“掌握生物医药知识、培养数据科学工具应用能力”的反向路径。这一共识体现了培养“能处理生物医药数据的技术人才”的定位，契合产业发展对复合型人才的需求。

梳理各学科核心课程可见，课程体系已形成由工具到能力的培养链条，程序设计类课程面向基础层，训练基本工具技能；数据管理与处理课程处于中间层次，形成系统化数据分析能力；机器学习与人工智能课程处于顶层，指向高阶预测建模。三类课程自底向上构成“工具—技术—智能”梯度链条，为学生提供从入门到进阶的渐进路径。而生物医药模块中临床医学概论与生物信息学课程的普遍开设，也在一定程度上反映各院校对临床认知与组学数据分析两个层面的关注。

4.1.3 院校聚类特征与培养取向

各院校在遵循专业基本要求的同时，积极探索符合自身资源禀赋的特色发展路径。对于一个开设仅 6 年的交叉专业而言，其课程体系尚处于多元选择的探索阶段。因此，各院校课程在学科侧重上的分化，本质上是基于已有的学科优势与办学条件所做出的务实选择。

10.12201/bmr.202609.00016V1

进一步解读院校聚类结果，可识别出两种差异化的培养取向：部分院校将更多学时向计算机科学技术及数学与统计建模倾斜，体现出“以方法驱动应用”的培养逻辑，强调基础技能的系统训练，旨在拓展学生的宽口径就业空间；另一些院校则将更大比重的学时投入生物医学模块，呈现出“场景牵引技术”的课程组织方式，培养目标的领域针对性更为突出。两种培养取向的成效评估，尚需依托毕业生职业发展数据的长期追踪与实证检验。

当前依据各学科学时占比所划分的“计算机主导型”与“偏医学均衡型”两类院校，其差异化格局尚处于形成初期，两类院校之间的边界仍较为模糊，且各院校的课程设置与学时分配方案仍处于动态调整阶段。

4.2 课程体系存在的问题

国内生物医药数据科学专业课程体系已初步形成多学科并举的框架，但从课程设置的深层结构及其所反映的培养方向来看，仍存在以下共性问题：

第一，学科整合表面化，深度融合不足：课程设置虽覆盖多学科，但“拼盘”现象仍存在。学科之间的整合多停留于形式叠加，这种表面化整合也反映出教学内容与真实医疗数据应用场景的脱节，课程在培养学生界定复杂临床问题、验证解决方案的能力方面可能支撑不足。

第二，核心课程标准不一，培养取向差异明显：不同院校在核心课程的内容深度、学时安排与实践要求上差异较大。例如，计算机科学技术模块的学时方差高达 18261.93，表明各院校对该模块的重视程度和投入差异悬殊。进一步分析发现，同为“Python 语言程序设计”课程，部分院校仅安排 32 学时基础语法，而另一些院校则安排 64 学时并包含数据分析项目实践；“临床医学概论”的学时从 48 到 108 不等。这反映出专业核心能力培养标准尚未形成统一共识，可能影响人才培养规格的一致性与质量稳定性。

4.3 课程优化的方向与建议

针对上述课程结构特征及存在的问题，结合健康医疗产业对“领域理解+技术落地”复合型人才的需求，提出以下优化建议：

第一，针对学科整合表面化问题，增设融合型核心课程。应开设生物医药数据科学导论、临床数据分析与建模、医疗大数据知识图谱、生物信息数据分析等跨学科课程，实行医学、统计学、计算机教师联合授课，强化学生全流程问题解决能力，推动从“医学课+计算机课”的简单叠加向内在融合转型。

第二，针对核心课程标准不一问题，达成核心课程标准共识。成立生物医药数据科学专业的教学指导委员会，对 Python 语言程序设计、数据库、机器学习、概率论与数理统计、临床医学概论等核心课程提出教学内容、最低学时、实验要求与能力目标等方面的建议标准，保障基础培养规格的一致性，同时保留各院校特色发展空间。

4.4 研究局限性

本研究课程学时数据来源于 15 所院校，未能完全覆盖全国 25 所开设院校。虽然样本院校已涵盖主要地域和院校类型，且对比分析显示样本院校具有较好的代表性，但结论的外推性仍需更多院校数据验证。

此外，本研究主要基于课程设置的文本分析，未纳入学生学习成效、毕业去向或用人单位反馈等结果指标，因此关于课程设置与人才培养成效之间关系的推论尚需后续实证研究检验。未来可进一步开展毕业生岗位胜任力追踪研究，为课程体系动态优化提供循证依据。

5 结论

本研究基于国内 22 所院校课程名称信息及 15 所院校专业必修课学时数据的实证分析，呈现出我国生物医药数据科学专业课程体系的建设现状与核心特征。

研究表明，国内生物医药数据科学专业已形成以计算机科学技术、数学与统计学、生物学与基础医学为核心学科的多学科交叉课程体系，核心课程开设共识度较高，程序设计数据库、大数据技术、机器学习、临床医学概论等课程共同构建数据全流程处理能力培养体系，整体呈现“核心统一、特色多元”的发展态势，为复合型人才培养奠定了良好基础。院校聚类呈现偏医学均衡型与计算机主导型两类取向，各院校在遵循专业基本要求的同时探索特色发展路径。

同时，目前课程体系仍存在明显短板：一是学科融合多为形式叠加，深度交叉的桥梁课程不足，课程在培养学生综合建模与跨学科应用能力方面较为薄弱；二是核心课程内容学时与实践要求缺乏统一标准，院校间差异较大，人才培养规格的一致性有待加强。

面向健康医疗大数据产业对复合型人才的需求，未来专业建设应重点推进两方面工作：强化多学科深度融合，增设医工交叉融合课程；制定核心课程统一标准，在保障基本培养规格的基础上鼓励院校特色发展。

本研究可为高校课程改革与专业建设规范提供参考，后续宜开展毕业生胜任力追踪研究以优化课程体系。

作者贡献：何显志负责数据分析及论文撰写；曹非负责数据统计；王新蓓负责数据整理；崔雷负责研究整体设计、数据收集及论文审核。

利益声明：所有作者均声明不存在利益冲突。

AI 工具使用声明：在文献检索与语言润色中，作者使用了智谱清言（GLM-4）、DeepSeek（V3）完成文献检索及全文语言润色，提升了文献调研效率。应用方法是通过提示词明确任务要求，逐段提交正文并生成修改建议，全部生成内容均经作者逐条审核采纳。在使用此工具后，作者已完成对论文的审查，全体作者对论文内容的真实性与准确性承担全部责任。数据分析、核心结论与建议均由作者独立完成。

参考文献

关庆娟,王磊.数智时代“医学+数据科学”复合型创新人才培养路径探索[J].科技风,2025,(08):71-74.

Cussat-Blanc S, Castets-Renard C, Monsarrat P. Doctors in medical data sciences: a new curriculum[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2022, 20(1): 675.

Isola M, Krive J. Innovation of health data science curricula[J]. JAMIA open, 2022, 5(3): ooac073.

Ittenbach R F. From clinical data management to clinical data science: Time for a new educational model[J]. Clinical and Translational Science, 2023, 16(8): 1340-1351.

Obermeyer Z, Emanuel E J. Predicting the future—big data, machine learning, and clinical medicine[J]. The New England journal of medicine, 2016, 375(13): 1216.

Topol E J. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence[J]. Nature medicine, 2019, 25(1): 44-56.

Sharma V, Moulton G, Ainsworth J, et al. Training digitally competent clinicians[J]. British Medical Journal, 2021, 372.

Doudesis D, Manataki A. Data science in undergraduate medicine: Course overview and student perspectives[J]. International journal of medical informatics, 2022, 159: 104668.

Rasmussen M, Karypis G. gCLUTO--an interactive clustering, visualization, and analysis system[J]. 2004.

教育部办公厅. 服务健康事业和健康产业人才培养引导性专业指南: 教高厅函〔2023〕25号[Z]. 2023.

Agha-Mir-Salim L, Michl S, Balzer F. Undergraduate Degree in Medical Data Science: A Conceptual Framework[M]//Digital Health and Informatics Innovations for Sustainable Health Care Systems. IOS Press, 2024: 1534-1535.

崔雷.医学信息学专业教育中课程设计的理念[J].医学信息学杂志,2022, 43(03):15-17+39.

张晗,范雅丹,崔雷,等.国内医学信息学专业课程结构调查分析[J].医学信息学杂志, 2015,36(03):86-90