

云原生架构计算平台在影像医学 教学中的应用研究

曹志威^{1,2}, 欧崇阳¹, 王炳懿³, 张毅超², 周琛⁴

(1. 海军军医大学 影像医学系, 上海 200433; 2. 同济大学 电子与信息工程学院, 上海 201804;
3. 上海极算信息技术有限公司 研发中心, 上海 200433;
4. 安徽理工大学 矿业工程学院, 安徽 淮南 232001)

摘要: 对云原生架构在影像医学教育领域的应用进行了深入研究, 旨在优化医学影像数据的存储、访问与分析模式, 提升教学质量与效率; 研究构建了一个高性能计算平台, 该平台深度融合了云原生技术, 支持大规模、多源异构影像数据的高效处理; 平台设计采用了先进的微服务架构与开放的 API 接口, 确保了系统的高度可扩展性和灵活性, 有效推动了教学科研工作的自动化、智能化进程; 实践证明, 该云原生架构计算平台依靠其弹性、可扩展性和自动化管理能力, 不仅可为医学生提供强大的工具, 助力他们深入智能分析影像学数据, 洞察数据背后的复杂机理, 同时也可为医工交叉领域的教学与科研合作构筑坚实的技术桥梁。

关键词: 云原生架构; 影像医学; 教学应用; 云计算; 医学教育

Application of Computing Platform with Cloud-native Architecture in Medical Imaging Teaching

CAO Zhiwei^{1,2}, OU Chongyang¹, WANG Bingyi³, ZHANG Yichao², ZHOU Chen⁴

(1. Faculty of Medical Imaging, Naval Medical University, Shanghai 200433, China;
2. School of Electronic and Information Engineering, Tongji University, Shanghai 201804, China;
3. Research and Development Center, Shanghai Jisuan Information Technology Co., Ltd., Shanghai 200433, China;
4. School of Mining Engineering, Anhui University of Science and Technology, Huainan 232001, China)

Abstract: The application of cloud-native architecture in the field of medical imaging education is investigated deeply, with the aim of optimizing the storage, access, and analysis mode of medical imaging data and enhancing the teaching quality and efficiency. This paper establishes a high-performance computing platform, which deeply integrates the cloud-native technology to support the efficient processing of large-scale, multi-source heterogeneous image data. The platform adopts an advanced microservice architecture and open API interface to guarantee the high scalability and flexibility of the system, and effectively promote the automation and intelligent process of teaching and research work. Practice has proved that the cloud-native architecture computing platform, with its flexibility, scalability and automated management capabilities, can not only help medical students analyze the imaging data and insight into the complex mechanism behind the data, but also build a solid technical bridge for teaching and scientific research cooperation in the cross-field of medical industry.

Keywords: cloud-native architecture; imaging medicine; teaching application; cloud computing; medical education

0 引言

随着计算机技术的飞速发展, 云计算作为一个新型的运算方式, 逐渐改善了人们的工作与日常生活模式。云计算凭借其强大弹性、扩展以及按需服务等特点, 给行业提供了前所未有的方便与经济效益。而云原生技术, 作为云计算的进一步演进, 以其微服务、容器化、DevOps 等核心

理念, 为云计算的发展注入了新的活力。云原生架构不仅提高了系统的可维护性和可移植性, 还大大降低了开发和运维的复杂度, 使得企业能够更加快速、灵活地响应市场需求。

在医学领域, 影像医学作为现代医学教育的重要组成部分, 承担着培养学生诊断技能和临床思维能力的重要任务。现代医学影像科学技术的开发, 如 CT、MRI、X 射线

收稿日期: 2024-07-20; 修回日期: 2024-07-31。

基金项目: 科技部重点研发计划(2021YFC3300304); 国家自然科学基金面上项目(62172300)。

作者简介: 曹志威(1985-), 男, 博士, 讲师。

通讯作者: 欧崇阳(1980-), 男, 博士, 主任医师。

引用格式: 曹志威, 欧崇阳, 王炳懿, 等. 云原生架构计算平台在影像医学教学中的应用研究[J]. 计算机测量与控制, 2024, 32(12): 257-262, 287.

等,为疫病诊断提供了宝贵的多源数据信息。然而,随着医学影像数据量的激增,传统的教学模式面临着数据存储、管理和共享的挑战。此外,医学影像的复杂性和多样性也要求教学方法能够适应不同学习者的需求,提供个性化的学习体验。因此,如何利用云原生架构计算平台来优化影像医学教学,提高教学效果,成为当前医学教育领域亟待解决的问题^[1-5]。

本研究旨在探讨云原生架构计算平台在影像医学教学中的实施应用,并分析其优势与挑战。通过构建基于云原生架构的影像医学教学平台,我们希望能够实现教学资源的集中管理、教学设备的虚拟化部署以及教学方法的多样化创新。这样不仅可以提高教学资源的利用效率,降低教学成本,还可以为学生提供更加丰富、生动的学习体验,帮助学生更好地掌握影像医学知识和技能。

具体而言,本研究将从以下 3 方面展开:首先,我们将对云原生架构计算平台的核心技术和应用场景进行深入研究,了解其在医学影像处理、分析和存储等方面的应用潜力;其次,我们将根据影像医学教学的实际需求,设计并开发基于云原生架构的影像医学教学平台,实现教学资源的集中管理和教学设备的虚拟化部署;最后,我们将通过实际的教学实践,对云原生架构计算平台在影像医学教学中的应用效果进行评估和分析,分析其优劣势,并给出具体的改善意见。

在论文结构上,本文首先将对云计算和云原生技术的发展进行概述,为后续的研究提供理论支持;接着,我们将详细介绍基于云原生架构的影像医学教学平台的设计和实现过程,包括工作流程、并发集群方式、管理模式等方面;最后,我们将通过实际的教学实践,对云原生架构计算平台在影像医学教学中的应用效果进行评估和分析,并总结本研究的结论和展望。

综上所述,本研究旨在通过构建基于云原生架构的影像医学教学平台,优化影像医学教学,提高教学效果,为现代医学教育的发展做出积极贡献。

1 云原生架构计算平台

1.1 云原生概念

云原生概念代表了当代软件开发、部署和维护的一种新的范式,它专注于构建能够在云环境中高效运行的应用程序。这种方法的核心在于确保应用程序能够充分利用云计算所提供的弹性、可扩展性和自动化优势。通过采用容器化、微服务架构、DevOps 实践以及持续集成/持续部署(CI/CD)等先进技术,云原生应用能够迅速部署、根据需求灵活扩展、实现高效的运维管理,并加速产品迭代与升级。这种范式的推广,使得软件开发和运维更加灵活、高效,适应了云计算时代快速变化的需求。

1.2 云原生架构

1.2.1 云原生架构组成

云原生架构由多个关键组件构成,这些组件共同协作,为应用程序提供高效、可靠、可伸缩的运行环境,主要包

括:微服务、容器化、持续集成/持续部署(CI/CD)和 DevOps 等^[6-7]。

1) 微服务:微服务架构将大型应用拆分为多个小型任务、单独的服务,各种业务都运行于各自的过程中,并利用轻量级通信协议实现交互。

2) 容器化:是云原生架构的基石。通过把系统环境、应用程序以及相关依赖项部署到容器中,确保应用程序在不同部署环境中的完整移植。

3) 持续集成/持续部署(CI/CD):在云原生架构中,CI/CD 通过自动化构建、测试和部署流程,实现了快速响应需求变化、提高开发效率和产品质量。

4) DevOps:DevOps 在平台中主要负责运维和开发之间的调度和协作,且预先设定好标准化和自动化流程,实现高效迭代、快速运维和持续更进。

1.2.2 云原生架构优势

较传统架构方式,云原生架构具有弹性扩展、高可用性、高效运维、快速迭代和成本低的特点,具体如下:

1) 弹性扩展:云原生应用通过容器化和微服务架构,可以快速、灵活地扩展以适应业务需求的变化。

2) 高可用性:云原生应用具有高可用和恢复性,能够保持在各种异常状态下的快速复原。

3) 高效运维:云原生应用可以实现自动化运维,包括自动化构建、部署、监控和告警等。

4) 快速迭代:云原生应用主要采用 DevOps 和敏捷开发的方式,可以实现快速迭代更新。

5) 降低成本:云原生应用充分运用了云平台的资源,可有效降低成本。

1.3 云原生教研平台框架体系

本文拟提出一种基于云原生架构的教研计算平台设计方案,如图 1 所示,主要包括:K8S 兼容、分布式存储、任务队列、AI+HPC 集群、成果展示、自动化运维、资源调度。

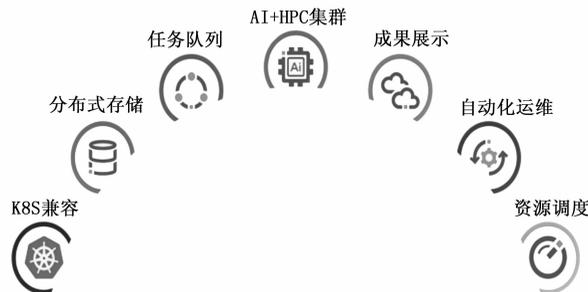


图 1 云原生架构教研计算平台

本文所提出的云原生架构教研计算平台是一种以学生教研场景为中心的多用户并行计算平台,其提供全栈的 IT 自动化运维能力,能够简化教学科研的工作流程,并提供友好的向导式操作界面,赋能授课老师为学生快速构建一个强大和功能丰富的容器云平台^[8-9],具体如下:

由图 2 可得,本平台通过集成强大的 GPU 集群,提供了高效的数据处理和可视化能力,支持医学影像的深入研

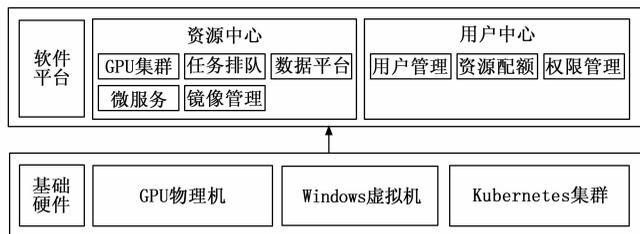


图 2 云原生教研平台框架体系

究和教学。微服务的架构模式确保平台具有较强的开放性和可扩展性。用户中心确保了资源的安全和有序使用。此外,平台还支持 GPU 物理机和 Windows 虚拟机,满足多样化的软件需求。整体而言,该平台为影像医学领域的教学科研提供了坚实的技术支撑,推动了该领域的持续发展。

2 基于云原生架构的智能影像医学教研平台

2.1 云原生架构平台在教学中的作用

2.1.1 影像医学的重要性

随着医学技术的日新月异,影像医学已成为疾病诊断、治疗与预防领域中的核心力量,其重要性日益凸显。影像医学教学旨在培养医学生的影像诊断能力、影像技术应用能力以及相关的临床思维能力,使其能够在未来的医疗实践中准确、高效地运用影像医学手段。

在现代医学教育中,影像医学不仅是医学影像学专业的核心课程,也是临床医学、基础医学等多个专业的必修课程。通过学习影像医学,医学生能够掌握各种影像检查技术的原理、方法及其在临床应用中的价值,为未来的临床实践打下坚实的基础。

2.1.2 云原生架构平台的重要性

尽管影像医学教学在医学教育中具有举足轻重的地位,但当前的教学现状仍面临诸多问题和挑战^[10-12]。

首先,影像医学是一个典型需要采用课上教学和课下实操的课程。单纯地采用教师讲授的方式很难让学生熟悉每个 CT、MRI、X 射线等影像数据的医学精髓,学生学习的主动性也难以得到激发。

其次,影像医学知识具有复杂性和抽象性的特点。通常一个临床医生需要结合大量医学数据才能诊断出所患疾病。对于在医学领域刚刚起步的大学生,除了教师传授,学生主动到医院实习接触仪器,接触病人外,更重要的是需要医学生接触一些人工智能的基本技术,训练其通过深度学习方法分析大量多源异构医学影像数据,提取数据间潜在规律,帮助学生掌握影像医学的最前沿知识。

最后,某高校影像医学系为五年制本科专业,每学年基本拥有本专业学生 20 多位,“医学影像深度学习”课程将是这些学生的必修课程。此外,该高校将来还有很多专业的学生选修本门课程,同时在线学生将达到 50~60 位。若要给这么多非工科背景的学生讲好“医学影像深度学习”课程,势必在讲课方式上进行拓展。除了平时进行系统理论的教学外,还需要融合大量的实践课,以便给这些医学

背景的学生更直观的授课感受,帮助他们掌握一些通过深度学习技术处理影像医学数据的方法。

“医学影像深度学习”本门课程在教学章节的安排中,主要包括:人工智能及深度学习简介、医学成像简介、深度学习环境搭建、医学影像分类、医学影像目标检测、医学影像分割,以及相关案例介绍等。可见整个教学内容的安排不仅包括大量医学相关的知识,还需要掌握计算机编程及深度学习框架的基本知识。因此在授课的过程中我们将安排大量的案例分析环节,引入大量的 X 射线成像、超声成像、CT 成像、MRI 成像、医疗内窥镜成像和数字病理成像等方面的数据,并且需要对数据进行多角度的智能分析。因此,亟需设计一种面向多源异构影像数据的智能分析平台,保证不同学生在各自独立的环境中开展教学案例实践操作。

2.2 云原生架构教研平台工作流程

该平台以云原生架构为基础,支持多领域、多人员、多角色的管理。平台提供了代码、数据关联、共享教研镜像等功能,并通过简化友好的向导式操作界面,使教研管理工作更加高效便捷^[13-15]。同时,每个学生的实验结果可在平台内共享,促进了学生们实践成果的互相学习和快速迭代。

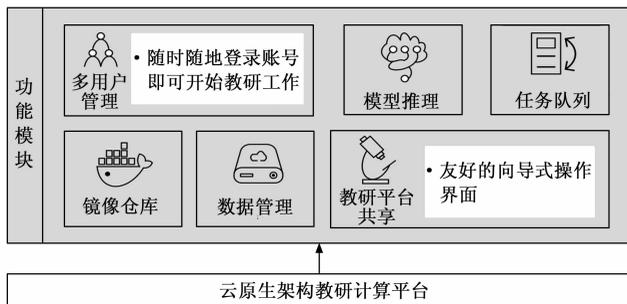


图 3 教研平台工作流程

该平台数据分析方案主要关注 3 个方面:模型训练、模型推理、数据管理。图 4 中,训练方案强调模型构建与优化;推理方案专注智能分析与决策;数据方案则提供精准的数据管理与洞察。3 大方案通过先进的技术架构紧密相连,为学生们提供一站式数据分析服务,包括 X 射线成像、CT 成像、MRI 成像等医学数据的存储,医学数据模型的训练,以及对新产生医学数据的推理分析等。

2.3 云原生架构计算平台并发集群方式

在并发能力上,为了能够保证 50~60 名学生调用存储医学影像数据,并实现对数据的智能分析,本文所提出的云原生架构计算平台可扩展为一种新型的集群硬件架构和集群软件架构^[16-17],具体如图 5 和图 6 所示。

由图 5 可得,本文定义了一种高性能的计算机服务器集群方法,其中 GPU 服务器主要用于处理大量多源异构影像医学数据和高性能计算任务;存储服务器主要用于高速存储大量影像医学数据;CPU 服务器主要用于处理其他一些密集型计算任务;搭建的 InfiniBand 交换机主要用于确保



图 4 教研平台数据分析方案

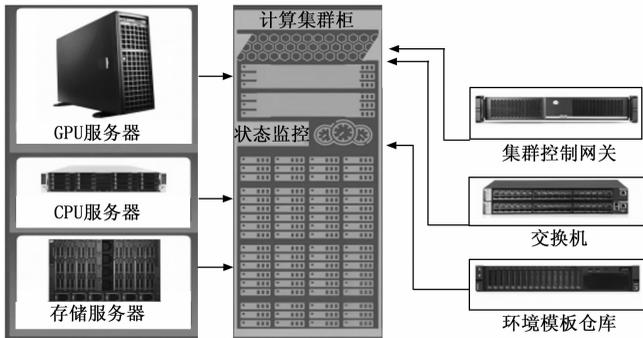


图 5 集群硬件架构

服务器之间的高速数据交换和网络连接。此外，该硬件架构方式还设计了 IPMI 交换机和集群控制网关，这些设备共同协作，实现对整个集群的高效管理和监控。整体架构专为影像医学专业的本科生针对医学影像分类、医学影像目标检测、医学影像分割等课程实践提供高性能的计算和数据分析硬件支撑平台。

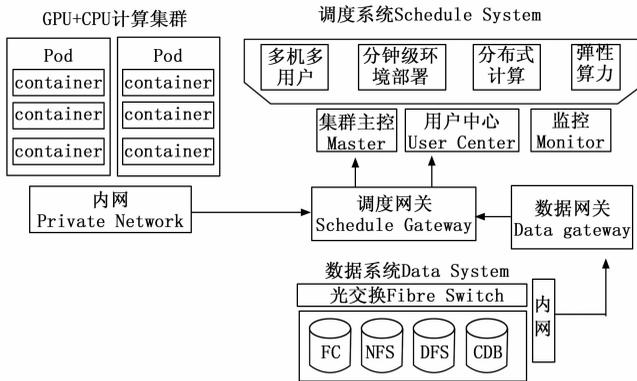


图 6 集群软件架构

由图 6 可得，本文定义了一种基于 GPU+CPU 的分布式计算集群方式。系统能够实现分钟级的环境部署，提供弹性算力。集群主控 Master 节点管理着多个 Pod，这些 Pod 承载着运行中的应用程序实例。影像数据通过数据网关在应用程序和存储层之间传输，而整个系统由调度器进行资源管理和协调。此架构可构建出一个高效、稳定的分布式计算环境，确保可同时支持大量学生在各自独立的环境下进行智能影像医学实验的数据分析。

2.4 云原生架构计算平台管理模式

2.4.1 自定义镜像管理

由于本平台主要针对的是影像医学专业的学生，相对来说计算机工科背景较弱，同时为了节省学生搭建环境的时间，确保同学们快速进入影像数据智能分析的主要任务中，本文定义了一种自定义镜像管理模式，如图 7 所示。

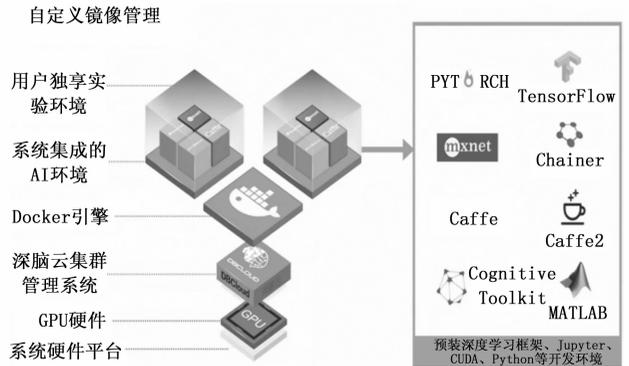


图 7 自定义镜像管理

该管理模式针对影像数据的特点，集成了多个关键组件和技术，包括用户接口、系统架构、Docker 引擎和深度学习框架。该技术方式允许学生基于通用基础镜像，快速定制私有镜像模板，支持 PyTorch、TensorFlow、Caffe 等流行深度学习框架。同时，集成 Docker 引擎和深脑云集群管理系统，提供高效的资源管理和算力支持。此外，还包含 MATLAB 和 GPU 硬件等系统组件平台，为学生们开展实践课程提供有效的平台支撑。

2.4.2 Docker 资源调度

为了保证实践课阶段实时监控每个学生调用平台资源的情况，观察每位学生的程序是否有运行过载的现象，本平台构建了一种基于负载均衡原理的资源调度方式，如图 8 所示。



图 8 Docker 资源调度

该平台可以对每个 GPU 资源的使用对象、使用时间、使用时长进行管理，能够对平台中的用户和分配的实例进行可视化监控，并支持对 GPU 资源的用户申请和管理审核等。此外，该平台将服务器算力拆分成不同规格的实例，既支持根据核数与显存大小进行细粒度拆分，同时支持

GPU 算力的集群组合。

2.4.3 任务排队调度服务

该平台设计了一种基于 Kubernetes 的任务排队调度服务方式, 如图 9 所示。

创建人	任务信息	状态	剩余时长	创建时间	排序
1	IR_GPU6745_jewp01	Running	12天4小时00分钟	1-03 14:47:09	
2	younpck/st-cuda10.0-cudnn7-cv3a-ai-v1.4	Queueing	5天4小时00分钟	1-04 17:57:36	
3	registry.dockercloud.pro:8086/cuda10_pytorch1.7_latest	Queueing	17天4小时00分钟	1-04 18:52:25	
4	registry.dockercloud.pro:latest	Queueing	17天4小时00分钟	1-03 14:47:09	
5	registry.dockercloud.pro:8086/cuda10_pytorch1.7_latest	Queueing	17天4小时00分钟	1-04 17:57:36	
6	st-cuda10.0-cudnn7-cv3a-ai-zh-1.6	Queueing	30天4小时00分钟	1-04 18:52:25	
7	registry.dockercloud.pro:8086/cuda10_pytorch1.7_latest	Queueing	30天4小时00分钟	1-04 18:27:03	

图 9 任务排队系统

针对不同运行任务, 平台为学生们分配匹配的机器实例提供计算服务, 自动加载计算所需的软件环境、数据、文件, 任务关闭后可自动释放运算资源将项目进行持久化存储, 有限的计算资源得到充分利用。

2.5 云原生架构计算平台主要功能

2.5.1 用户管理与创建

为了满足影像医学生对高性能服务器计算资源的需求, 本文所设计的平台中指定了特定的管理员, 并且支持两种方式的用户创建, 一种是通过管理员创建, 另外一种是通过管理员分享的邀请码创建用户, 如图 10 所示。

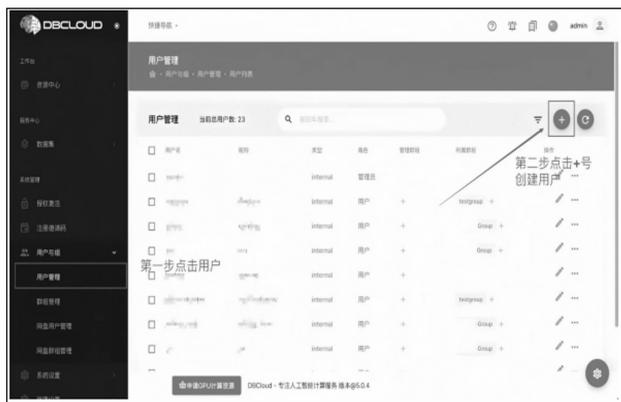


图 10 用户管理与创建

2.5.2 资源分配

目前平台支持两种分配模式: 一种是 docker 服务器的组共享模式, 另外一种为 k8s 集群的资源限制模式, 如图 11 所示。

管理员依次点击管理后台的资源中心→资源管理, 点击 docker 服务器分配, 选择要分配机器的卡, 选择分配到组, 点击分配。

2.5.3 创建 docker 实例

管理员可以根据学生的需求为每个学生创建实例, 具体如下:

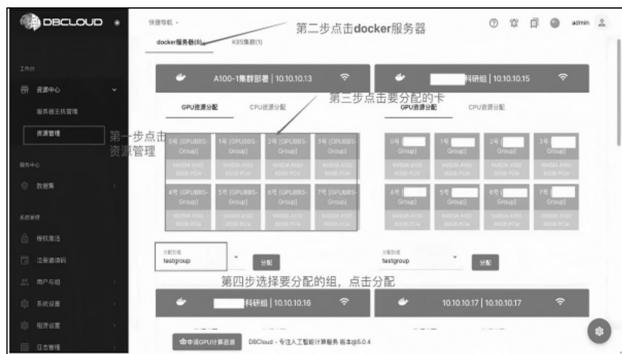


图 11 资源分配



图 12 创建 docker 实例

点进服务器详情→点击要选择卡的卡→点击右上角十号→根据提示创建实例。

3 云原生架构计算平台在影像医学教学中的应用实践

3.1 AI 医学影像辅助诊断

AI 医学影像辅助诊断结合云原生架构计算平台, 在影像医学教学中展现出强大的应用潜力^[18-19], 如图 13 所示。



图 13 AI 医学影像辅助诊断

在教学实践中, 学生可借助该平台学习如何分析和解读胸部 X 光片等医学影像, 提升诊断技能。同时, 云原生架构的灵活性和可扩展性使得教学资源和数据能够高效共享, 促进师生之间的交流与合作。此外, 该平台还支持多种深度学习框架和算法, 助力学生了解和掌握最新的 AI 技

术在医学影像分析中的应用。

在教学场景中,教师可以使用该平台为学生展示各种典型的医学影像案例,通过实时交互和动态展示,使学生更加直观地理解影像特征。学生也可以利用云原生计算平台的强大算力,对影像进行深入地处理和分析,从而提高诊断能力和实践经验。此外,云原生架构计算平台还提供了丰富的工具和资源,支持师生们进行医学影像算法的研究和开发。通过与先进的深度学习框架的整合,该平台可以快速部署并验证各种新的影像处理和分析方法,促进医学影像领域的技术创新和进步。

3.2 多源异构影像数据的融合

在人工智能的赋能下,病理组学超越了传统定量范畴,整合了细胞形态学、背景病理、成分定量及免疫组化等多维分析,紧密关联疾病预后,实现诊疗、预后预测与病理报告的一体化管理^[20-21],如图 14 所示。

AI 助力下,病理形态学数据与基因、影像等多源信息深度融合,揭示细微差异与深层规律,丰富病理专家与数字诊断的知识库。这不仅促进了病理基因组学、影像组学等多学科交叉,还放大了各自优势,为临床精准医疗提供强大支持。

医学院的学生在进行病理学数据分析时通常仅对病理切片进行形态、结构、成分等的定量分析,较难实现宏观影像数据,微观基因/蛋白质数据等的融合分析,而基于云原生架构的高性能计算平台能够提前在平台数据库中为学生存储大量的多组学数据,并且后台为学生搭建的 TensorFlow、Pytorch 等深度学习框架,以及基本的数据分析代码,一方面教师在上课时能够带领学生梳理多组学数据融合的流程,另一方面能够让学生体会到人工智能技术对于医学影像数据融合分析的有效支撑。此外,学生借此可多角度洞察 AI 在病理评估的革新应用,拓宽学术视野与科研创新路径。

通过上述案例分析,能够认识到云原生架构提高了教学质量和效率,为培养更多优秀的医学影像人才提供了有力支持。同时针对医学院学生的知识背景,在后期的教学中还需要注意以下两点:

1) 定制化与精准化:影像医学的学生除了学习基本的医学知识外,还需要掌握一定的人工智能等工科知识。针对医学影像分类、医学影像目标检测、医学影像分割等需要收集不同的数据集和算法模型。若对医学背景的学生讲授大量的人工智能算法模型也不太现实,因此有必要基于学生的兴趣有选择性地分组,每一组可选择一种深度学习模型及任务,例如医学影像分类、医学影像目标检测、医学影像分割等,确保学生能够理解模型的框架原理。

2) 交叉融合与多元化:影像医学具有典型的医工交叉

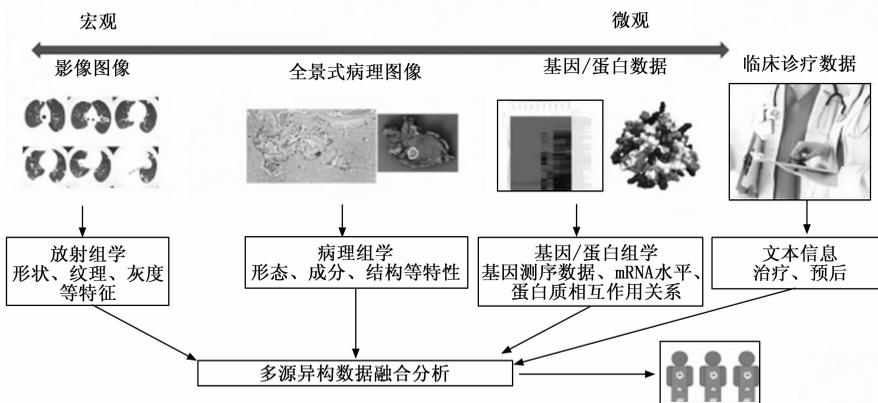


图 14 多源影像数据的融合

属性,在计算机领域有大量的团队在从事医学图像处理的数据分析,在医学领域有大量的团队在从事通过影像、病理等生物医学技术开展影像医学的研究。因此未来的影像医学教学需要在课程的设计中引入一定比例的其他学科的知识内容,实现交叉融合和多元化发展,进而提升学生跨学科思维的能力。

4 结束语

云原生高性能计算平台在影像医学教学中展现出了其独特价值。通过该平台,教学资源得到高效管理,实现了影像数据的快速处理和分析。同时,创新的教学方法使学生能够直观地学习和掌握智能分析技术,显著提升学生的学习体验。对于学生而言,该平台提供了强大的计算能力支持,加速了科研进程,推动了学生影像医学分析方式的创新。展望未来,随着技术的不断迭代和应用场景的深入拓展,云原生高性能计算平台将在影像医学教学中发挥更加核心的作用,将助力医学类院校培养更多优秀的医工交叉融合的人才。

参考文献:

- [1] 毛建芳. 基于非下采样 Shearlet 变换耦合能量关联度的医学图像融合算法 [J]. 计算机测量与控制, 2023, 31 (9): 228-234.
- [2] 毛亚青, 王亮, 胡俊峰. 基于 Flink 的海量医学图像检索系统设计与实现 [J]. 计算机测量与控制, 2020, 28 (9): 212-217.
- [3] 曹志威, 樊志杰, 王青杨, 等. 一种降噪自编码器的复杂网络链路预测算法 [J]. 小型微型计算机系统, 2023, 44 (3): 665-672.
- [4] 王 旻, 柳新强, 刘 松. 基于无人机倾斜摄影技术的多源遥感影像变化检测并行系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2023, 31 (2): 91-96.
- [5] FAN Z J, CAO Z W, LI X, et al. Video surveillance camera identity recognition method fused with multi-dimensional static and dynamic identification features [J]. International Journal of Information Security and Privacy, 2023, 17 (1): 1-18.

(下转第 287 页)