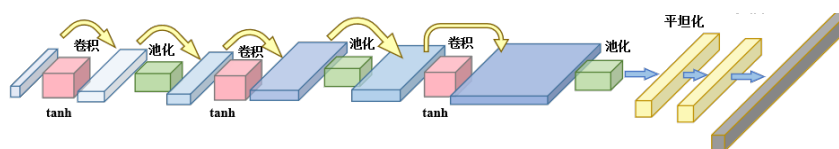


近年来，随着计算能力的增强、学习算法的成熟，深度学习技术在学术界、工业界等取得了广泛的成功，掀起一轮人工智能的热潮。作为深度学习的主要模型—神经网络，凭借着大规模并行处理、分布式储存、弹性拓扑、高度冗余和非线性计算等优点，在模式识别、图像处理等众多方面取得显著成就。本文提出一种方法，将深度学习算法应用到医学成像领域，展开基于神经网络的动脉血管断层重构算法研究，将人工智能与医学传感不同学科知识交叉融合作为学科交叉应用的基础研究，实现一种兼顾无创式、低成本、高分辨率的新型动脉成像技术。

以人体前臂尺动脉为例：人体动脉血液兼具流动性和导电性，通过施加外部磁场，动脉血液可等效为一导体沿垂直于磁场方向作切割磁感线运动，正负电子受洛伦兹力作用极化分离，可在体表周围形成感应电势场，利用紧贴在表面的电极检测到相应的电压信号，作为神经网络输入的数据集。利用神经网络提取电压信号中的特征信息，经训练，最终输出动脉断层的血液流速图像。

目前，我们选取了卷积神经网络 CNN 作为神经网络的基础搭建框架，具体如图一所示。使用不同堵塞程度的血管获得电压数据，输入至输入层进行预处理，经卷积层进行特征提取，再由池化层进行特征选择和信息过滤，最后经全连接层处理将数据进行非线性组合，由输出层直接输出血液流速值。使用均方误差 MSE 损失函数进行评估，优化参数，以训练较好的网络模型。



图一 卷积神经网络架构

但是，由于测得的电压值较小、相差较少，且受动脉血管血液流速、堵塞程度、堵塞位置等多方面因素影响，网络训练难度较大。同时由于输入数量远小于输出数量、网络参数较多，调参过程复杂耗时等问题，网络的识别性能还有很大提升空间，仍需我们继续探索钻研。

UDK 61

动脉血流的计算建模

辛采凝 (Xin Caining)

东北大学 (Northeastern University)

e-mail: 20194354@stu.neu.edu.cn

Summary. Atherosclerosis is one of the main causes of cardiovascular and cerebrovascular diseases. According to statistics, cardiovascular and cerebrovascular diseases kill as many as 17.9 million people every year. In this paper, a real human blood vessel modeling method is proposed. The blood flow model obtained from this method can be used for vascular surgery training, planning and intervention, and research on the occurrence of atherosclerosis and drug targeting.

动脉粥样硬化是引发人体心脑血管疾病的主要原因之一。据《Lancet》杂志公布的全球疾病负担 (GBD) 结果, 全球范围内, 慢性非传染性疾病 (NCD) 占全球死亡原因的 72.3 %, 位居首位; 而造成死亡人数最多的为心脑血管疾病, 每年致死人数高达一千七百万人。其中, 与动脉粥样硬化密切相关的缺血性心脏病和脑卒中共占了所有心脑血管

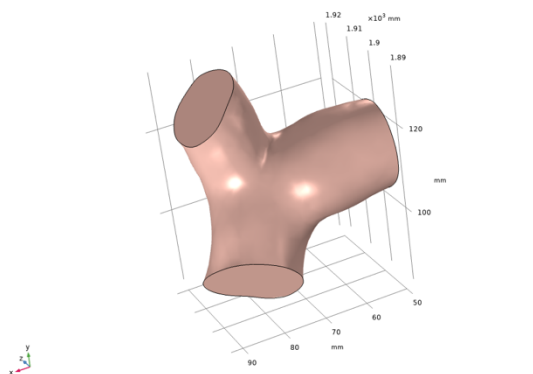
血管疾病死亡的 85 %以上。对动脉粥样硬化性疾病的防治是科研工作者和医务人员均需面对的重大课题和任务。

动脉粥样硬化是一类在血管壁面上发生的病变。其最终状态是脂质物质在血管壁内部堆积，在血管壁面上产生斑块，使血管壁面变厚，血管内部流通面积减小。产生的斑块减小了血管内的流动面积，影响血液的流动，不仅使下游细胞供氧不足，造成冠心病，还会使血管局部压力增大，形成高血压。斑块的进一步发展会导致斑块发生破裂，斑块内部堆积的物质流入血管内部，进而导致一系列的心血管疾病，例如血栓。因此，采用计算流体力学的方法对动脉血管进行血流动力学研究，对于更好地理解心血管疾病的发生机制、病变的预测以及血管手术的训练、规划和干预有着十分重要的作用。

近年来，很多学者开始尝试以数字模拟的方法研究动脉血液流体力学，但现有模型大部分均是经过简化处理或利用 CAD 技术绘制而成，基于这些模型得到的计算结果无法真实反映动脉的血流动力学特点。本文尝试采用真实人体血管建模，使用近似血液物理特性的实验流体，为人体血流动力学研究提供较准确的模型和模拟方法。

血管结构对于血管内部的流动参数有着较大影响，因此，应尽可能地进行基于医疗数据的重建技术，以提供更加接近人体真实数据的血管模型。本研究采用人体真实的胸部 CT 断层图像，以 DICOM 的格式存储，并导入医学影像处理软件 MIMICS 21.0 中，经图像预处理形成血管轮廓，以不同颜色将血管与其他组织区分。采用手动分割法提取所需血管，使用自动生成 3D 功能，经剪切以及光滑处理得到 3D 立体模型。

将最终分割得到的 3D 立体血管模型导入三维图像处理软件 3-MATIC 13.0 中进行进一步包裹及表面光滑处理，得到适合进行有限元分析的 3D 模型。将最终生成的血管模型文件导入到多物理场仿真软件 COMSOL 中，进行血液动力学的有限元分析。在软件中设置模型边界条件、血管材料、血液密度、以及求解器等相关参数，进行计算求解，最终得到动脉血管内血液流速分布、管壁压力、应力分布等相关计算结果。



图一 最终获得的真实血管模型

本文采用的原始数据均来自于人体真实数据，利用有限元流体力学模拟可以使结果由可视图形显示，清晰明了、立体直观；熟练掌握后可快速建模并进行流体力学分析，可用于临床病情预测、疗效评价、手术模拟等等；通过数据分析可了解动脉狭窄等疾病的发生发展趋势。人体血管狭窄处血液流速、壁剪切力、壁压力等参数均会发生变化，这些变化又对疾病的发展起重要作用。通过传统方法无法便捷地得到患者相关流体力学分析数据，而采用本文方法可快速实现相关流体力学分析数据，为人体血流动力学研究提供较准确的模型和模拟方法。

本文提出了一种基于人体真实血管的计算建模方法，并进行血液动力学分析，对未来血管疾病的分析、诊断和预测具有重要意义。血管的特定形态和细节在血流动力学过程中起着关键作用，需要血管的真实几何形状来真实地评估血液流动过程和流—

壁结构相互作用的影响。通过这种方法可以获得血液流动模式及其与动脉粥样硬化的联系，这也是未来我们亟待解决的课题。

УДК 61

A NOVEL SENSOR FOR ALZHEIMER'S DISEASE EARLY DIAGNOSIS

杨佳阳 (Yang Jiayang)

郑海州 (Zheng Haizhou)

东北大学 (Northeastern University)

e-mail: 20194244@stu.neu.edu.cn

Summary. *Accurate detection results can improve the cure probability of patients and reduce medical costs. Today, with the sharp increase in the incidence of Alzheimer's disease, the cost of testing its markers remains high. In this paper, a new SPR sensor is designed and manufactured, which can not only detect the disease quickly and accurately, but also reduce the detection cost.*

随着现代医学的快速发展，人类寿命大幅度提升，老年人在社会中的占比急速上升，这直接导致了阿尔兹海默症作为老年人的常发病症，在人群中的发病率趋近高峰。这一现状导致了对阿尔兹海默症早期检测的需求日益增大，而目前的检测手段成本高，无法普及到普通家庭中的老人。为了解决这一问题，选择了成本低廉，检测时间短，应用范围广的 SPR 传感器，并且为了提高传感器精度与检测限的性能参数，设计了一种新的 SPR 光纤结构，大大提高了传感器的灵敏度，降低了检测限。更进一步，这种传感器不仅可用于阿尔兹海默症的检测，在搭载了不同检测物抗体后，可以广泛地用于各种其他疾病的检测，在生物医疗检测方面有着巨大的潜力。

SPR 传感器是利用表面等离子体波现象制作而成的传感器，这种现象对光纤所在介质的折射率变化尤其敏感，能将折射率的改变精确反应在光谱仪上。因此，一旦生物标志物与生物抗体结合，改变了传感器所在溶液的折射率，则这种改变可以即时反应在传感器的显示界面，达到了快速检测的目的。同时，这种传感器的探头价格十分低廉，成本通常为几十元，实现大幅度降低检测成本的目的，为提升传感器的推广市场打下了极佳的基础。

为了改善传感器性能，提高传感器检测精度的同时降低传感器检测限，采用多层材料覆盖的方式加强表面等离子体波现象。设计的传感器结构为光纤层-金-六方氮化硼-二硫化钼，金层作用为产生表面等离子体波，是目前 SPR 光纤领域最为优秀的镀膜材料；六方氮化硼与二硫化钼作为增敏层，可极大限度地提升传感器的性能，其增敏原理如下：

首先，根据目前的研究表明，作为纳米材料的六方氮化硼具有优秀的载流子迁移率。当镀在传感器上的金膜产生表面等离子体波时，会在金膜上发射光子，从而产生一定的电场，具有高载流子迁移率的六方氮化硼在电场的激发下，产生了较多的载流子，从而在局部强化该电场，电场又使得金膜上的光子持续激发，使得表面等离子体波持续发生，相较于无六方氮化硼作用，其现象大大增强，提高了传感器的灵敏度。

其次，作为过渡金属二卤代烷的二硫化钼，其超薄单层具有很高的光吸收率。当金膜激发表面等离子体波时，本应反映在传感器上的透射光谱，然而有时因为折射率改变的幅度过小，金膜所吸收的光能不足以激发表面等离子体波。为了避免该现象的发生，利用光吸收率较高的二硫化钼为金膜提供光能，使得表面等离子体波更加明显，降低了传感器的检测限。同时由于二硫化钼是直接带隙半导体，吸收的能量还可用于电子的转移，增强 SPR 现象时的电场现象，增加了波的幅度，提高了传感器的灵敏度。