论文中文题目（200汉字）

基于生成对抗网络的多模态医学影像合成研究

论文英文题目（200汉字）

Research on Multimodal Medical Images Synthesis Based on GAN

论文中文摘要（5000汉字）

医学影像数据的采集和标注一直是医学影像处理任务中面临的挑战，尤其是基于配准多模态数据的应用。利用图像合成技术可以有效缓解这一问题。但医学影像包含复杂的生理结构信息，现有方法直接合成医学影像会生成不合理的结构、轮廓和不可控的病灶；合成多种模态的医学影像时如何确保模态之间的配准面临严峻的挑战；如何控制医学影像中最关键的病灶信息的合成也是一大难题；另外，合成影像和合成病灶需要一种更全面的方式来评估其性能。

针对这些问题，本研究提出了一种基于生成对抗网络的多模态医学影像合成方案，可从随机噪声合成具有指定病灶的配准多模态医学影像。多个数据集上的实验验证了合成影像的可用性、病灶的有效性和模态间的配准度。本研究的主要工作包括：

1.本研究提出了一种基于Sobel算子的结构特征图提取和生成方法，无需额外的结构信息标签或标签提取训练，可直接从真实影像提取出结构特征图并用于变分自编码器的训练，最后得到的模型可从正态分布随机采样合成任意数量的结构特征图。

2.本研究提出了一种可控制病灶合成的多模态配准医学影像合成方案，可将合成的结构特征图与选定的病灶标签融合后再合成多模态医学影像，通过模态转换器提供合成多模态之间的转换一致性约束以确保合成多模态之间的配准，通过病灶处理器实现对重建合成影像病灶标签的约束从而确保合成影像根据输入标签生成对应病灶。

3.本研究在采用一般相似性评估对合成和真实数据直接评估的基础上，进一步使用合成影像训练医学影像处理模型，通过评估训练好的模型间接评估合成影像的性能。结果表明合成影像可在多种任务中通过用于预训练和数据增强来提升模型性能。

论文英文摘要（5000汉字）

The collection and annotation of medical images data have always been a challenge in many data-driven medical images processing tasks, especially for those based on registered multimodal medical image data. This problem can be largely alleviated by utilizing the image synthesis technology. However, medical images contain complex physiological structure information, and the directly-synthesized medical images generated by current methods usually have unreasonable structures or contours and uncontrollable lesions. The registration of different modalities when synthesizing multimodal medical images remains difficult. How to control the synthesis of the most critical lesion information in medical images is also a major problem. In addition, a more comprehensive way is needed to evaluate the performance of synthetic images and lesions.

To solve these problems, this study proposed a multimodal medical image synthesis method based on Generative Adversarial Networks, which can synthesize registration multimodal medical images with specified lesions. Experiments on multiple datasets have verified the availability of the synthesized images, the effectiveness of the synthesized lesions and the registration of the synthesized multimodal. The main contributions are as follows:

1. This study proposed a structural map extraction and synthesis method based on the Sobel operator, which does not require additional structural information labels or label extraction training. The method can extract structural map directly from the real images and then feed it to Variational Auto-Encoder for training. Finally, the trained model can achieve any number of structural maps synthesis from the random normal distribution matrixes.

2.This study proposed a multimodal registration medical images synthesis scheme that can control lesion synthesis. The randomly generated structural maps are used to fuse with the selected lesion labels and then synthesize multimodal medical images. The modal translator constrains the consistency of the translations between the multimodal synthesis and ensures the registration between the multimodal synthesis. The lesion processor constrains the restoration of the lesion label in the synthetic image to ensure that the synthetic image generates a corresponding lesion according to the input label.

3.This study directly evaluated the similarity of the synthesized data and the real data by the general evaluation method in the first step. Next, the synthesized images were further used to train the intelligent medical image processing model, and the performance of the synthesized images were indirectly evaluated by evaluating the trained model. The results showed that the synthesized image can be used for pre-training and data augmentation in a variety of tasks to improve model performance.

中文主题词（至少填写三个）

医学影像,图像合成,多模态配准,病灶,生成对抗网络

英文主题词（至少填写三个）

Medical Images,Image Synthesis,Multimodal Registration,Lesions,Generative Adversarial Networks

论文选题来源

国家自然科学基金项目

论文类型

应用研究

申请报告（5000汉字，仅此项会被导出到纸质答辩申请书）

医学影像数据的采集和标注一直是医学影像处理任务中面临的挑战，尤其是基于配准多模态数据的应用。利用图像合成技术可以有效缓解这一问题。但医学影像包含复杂的生理结构信息，现有方法直接合成医学影像会生成不合理的结构、轮廓和不可控的病灶；合成多种模态的医学影像时如何确保模态之间的配准面临严峻的挑战；如何控制医学影像中最关键的病灶信息的合成也是一大难题；另外，合成影像和合成病灶需要一种更全面的方式来评估其性能。

针对这些问题，本文提出了一种基于生成对抗网络的多模态医学影像合成方案，可从随机矩阵合成具有指定病灶的配准多模态医学影像，并在多个数据集上验证了合成方法在多种不同成像模态、成像部位和病灶种类的医学影像合成中鲁棒性、合成医学影像的病灶有效性、合成多模态影像的配准有效性和合成影像在多种病灶处理任务中的可用性。合成的医学影像可用于多种智能医学影像处理任务的预训练和数据增强并能在任务中显著提升模型的泛化能力，以此起到缓解智能医学影像处理任务中数据不足问题的作用。本文的创新点包括：  
1. 本文提出了一种基于Sobel算子和变分自编码器的结构特征图提取和合成方法。提取结构特征图时，无需额外的结构信息标签和标签提取训练，可直接从真实影像提取出结构特征图。相较于当前最好的结构信息提取方法，本文方法提取的结构特征图在更具核心结构描绘能力的同时轮廓更加完整合理、线条更加清晰简明。生成结构特征图时，本文方法可直接从随机正态分布矩阵合成任意数量的、更具有多样性的结构特征图。  
2. 本文提出了一种可控制病灶合成的配准多模态医学影像合成方法，输入结构特征图和选取的病灶标签，通过执行病灶处理器还原合成影像中病灶标签的操作来约束合成影像生成器根据输入的病灶标签生成对应的病灶内容，通过模态转换器提供的合成多模态影像之间的转换一致性损失约束来确保合成多模态之间的配准。  
3. 本文在采用一般相似性评估方法对合成影像数据集与真实影像数据集进行直接评估的基础上，进一步提出了一种合成医学影像可用性、合成病灶有效性和合成多模态配准情况的评估方法，通过将合成影像用于智能医学影像处理任务的训练，再评估训练出的模型，间接地评估了合成影像的各项性能。  
受限于硬件的内存，本研究仅进行了2D图像的合成，未尝试直接合成3D图像。此外，本研究中所采用的模型结构以经典的U-net和VGGNet为基础结构，主要是在数据处理方法、模型架构、损失函数和模型应用上的创新，并未在单个模型结构上进行更多的创新，也并未追踪应用最新的优秀模型、算子、微结构和训练技巧。在未来具有充分的时间和硬件资源的条件下，本研究可以继续在最新的优秀模型或算子的基础上进行应用、改进和创新，以验证本研究的方法在其他模型中的鲁棒性、提升方法的训练和推理效率、探索更高质量的医学影像生成方案和尝试直接的3D医学影像的合成。

主要创新点1（100汉字）

提出了一种基于Sobel算子和变分自编码器的结构特征图提取和合成方法。无需额外的结构信息标签和标签提取训练，可直接从真实影像提取结构特征图。合成时可直接从随机正态分布矩阵合成任意数量结构特征图。

主要创新点2（100汉字）

提出了一种配准多模态医学影像的合成方法，以结构特征图和病灶标签为输入，通过预先训练的病灶处理器和模态转换器控制病灶的合成和多模态的配准，可合成任意数量的带病灶标签的配准多模态医学影像。

主要创新点3（100汉字）

提出了一种合成医学影像可用性、合成病灶有效性和合成多模态配准情况的评估方法，通过将合成影像用于智能医学影像处理任务的训练，再评估训练出的模型，间接地评估了合成影像的各项性能。

主要创新点4（100汉字）

主要创新点5（100汉字）

论文工作的不足之处（2000汉字）

受限于硬件的内存，本研究仅进行了2D图像的合成，未尝试直接合成3D图像。此外，本研究中所采用的模型结构以经典的U-net和VGGNet为基础结构，主要是在数据处理方法、模型架构、损失函数和模型应用上的创新，并未在单个模型结构上进行更多的创新，也并未追踪应用最新的优秀模型、算子、微结构和训练技巧。在未来具有充分的时间和硬件资源的条件下，本研究可以继续在最新的优秀模型或算子的基础上进行应用、改进和创新，以验证本研究的方法在其他模型中的鲁棒性、提升方法的训练和推理效率、探索更高质量的医学影像生成方案和尝试直接的3D医学影像的合成。

在学期间主要研究成果

1、 属于学位论文内容的成果:

(1)Yili Qu, Chufu Deng, Wanqi Su, Ying Wang, Yutong Lu, Zhiguang Chen, Nong

Xiao,Multimodal Brain MRI Translation Focused on Lesions,978-1-4503-7642-6,(是)

(2)Yili Qu, Yaobin Ke, Wei Yu,A Solution for Input Limit in CNN Due to Fully-Connected

Layer, 2327-0594 ,20181123,6,(是)

(3)瞿毅力; 王莹;苏琬棋;邓楚富;卢宇彤;陈志广,生成配准的带病灶分割标签的多模态MRI的方法、系统及介质,20191206,(是)

(4)瞿毅力; 苏琬棋;邓楚富;王莹;卢宇彤;陈志广,基于条件生成对抗网络的多模态MRI转换方法、系统及介质,20191206,(是)

(5)瞿毅力; 苏琬棋;邓楚富;王莹;卢宇彤;陈志广;肖侬,基于模块化GAN的多模态MRI与多模态CT的转换方法、系统及介质,20200114,(是)

(6)卢宇彤; 瞿毅力; 陈志广,可使具有全连接层的CNN接受不定形状输入的方法及系统, 20190405,(是)

2、其它成果:

(1)Wei Yu, Yili Qu, Yutong Lu,A Hybrid MapReduce Implementation of PCA on Tianhe-2 , 1742-6596,20181207,(否)

(2)卢宇彤; 瞿毅力; 郑馥丹; 陈志广,一种基于进化算法的卷积神经网络结构搜索方法及系统,20190201,(否)