**一、项目名称**

　　基于特征计算的呼吸道辅助诊断

**二、申报奖种**

　　高等学校科学研究优秀成果奖（科学技术）科学技术进步奖

**三、推荐单位意见**

　　我单位认真严格地审阅了该项目的提名书及全部附件材料，确认该项目符合高校科技奖项目规定的推荐/提名条件，全部材料真实有效，完成人、完成单位排序无异议，提名书相关栏目均符合填写要求。

　　该项目针对临床上普遍关注的呼吸道疾病诊断治疗研究需求，以上呼吸道喉癌、咽癌和气管癌等病灶的辅助诊断为切入点，对呼吸道辅助诊断中的建模关键技术进行了系统的研究，具体研究上呼吸道CT影像重建、咽癌和气管癌等病灶的特征分析、识别及分割，病灶边界数据的参数化及曲线拟合、呼吸道及病灶的二维、三维重建等几个难点问题，创新地提出了基于有理分形插值的单幅图像超分辨率重建方法、基于图像特征的混合插值算法、基于纹理特征的自适应插值方法、基于NSCT的区域自适应图像插值算法、以局部特征为约束的有理上采样方法、反复对抗学习实现图像自动分割、基于双三次有理分形插值函数的光滑分形曲面以及含可变参数的有理分形曲面建模方法等一系列新的数学机理和方法。研究成果为有效解决上呼吸道医学影像重建、呼吸道病灶特征分析识别、二维高精度上呼吸道及病灶分割和三维重建等难点问题提供系列有效和实用技术。同时，基于研究成果研制开发了具有国内外先进水平的自主知识产权的呼吸道辅助诊断中建模功能软件。

　　本项目的研究成果已经在山东大学齐鲁医院、山东省千佛山医院、山东省医学影像学研究所和烟台市烟台山医院等各级各类医院及科研所等进行推广应用，对诊断有很好的辅助作用，提高了医生对上呼吸道疾病的诊断水平，取得了良好的社会效益。

　　对照高校科技奖授奖条件，提名该项目高等学校科学研究优秀成果奖（科学技术）科技进步二等奖。

**四、项目简介**

　　呼吸道疾病是影响人类健康的主要疾病之一，医学影像是呼吸道疾病诊断的重要手段。确定疾病和制定治疗方案时，有效的方法是对呼吸道进行二维和三维建模，以定量方法计算病灶的大小和形状，直观地显示出疾病区域的形状以及和周围组织的差异。虽然呼吸道疾病的种类很多，但从建模角度讲其原理差异不大。为简化描述的复杂性，我们以呼吸道喉癌、咽癌和气管癌等病灶建模为例，描述呼吸道辅助诊断中建模关键技术和应用。基于CT图像构建上呼吸道及病灶的二维、三维模型，首先，重建CT高分辨率图像，使特征能够更加清晰显示，有助于对呼吸道病灶特征的分析与识别；其次，对重建后的高分辨CT图像，提取呼吸道及病灶的相关特征，进行分析与识别；然后，基于提取的特征，把表征上呼吸道及病灶的像素分割出来，即对图像做分割；最后，分割得到的上呼吸道及病灶图像；边界是离散数据，需要把离散的边界通过数学方法拟合成连续的边界，然后基于连续边界构造呼吸道及病灶的表面模型和实体模型,为辅助诊断需要的各类特征和指标计算奠定可靠基础。项目创新的主要技术如下：

1. 在CT影像重建方面，为对呼吸道及病灶等的细节有更好的了解，方便特征分析与识别，提出图像放大方法。创新性地构造了一种新的双变量有理分形插值模型，能够很好的描述图像特征。基于该模型，提出单幅图像超分辨率方法，能够针对图像不同局部特征，采取相应的插值算法。重建后图像，尤其是纹理细节，有较高的逼近精度，而且能较好保持图像的边缘。与现有算法比，算法的精度和视觉效果都比较好。

2. 在呼吸道组织的特征分析和识别方面，提出一种新的基于局部分形维数的自适应阈值方法，可以通过计算图像的局部分形维数来提取图像的纹理特征；提出利用非下采样轮廓波变换（NSCT）算法提取图像特征，根据不同方向高频信息分布，提取图像纹理、边界特征；提出了一种基于主分量边缘（PCE）的量化边缘方向的方法，能够有效识别图像的平滑和非平滑区域。与传统方法相比，提出的方法在提取纹理特征方面具有明显优势，为CT图像中呼吸道和病灶区域的提取和特征计算提供了新技术。

3. 为解决CT图像高精度分割和稳健性的难点问题，提出反复对抗学习实现图像自动分割的方法。提出了一种包含三个模块的网络模型，该模型能够使图像分割达到较高精度，而且收敛速度快。通过对大量样本数据的训练学习，方法在对呼吸道及病灶边界处的分割更加准确，分割的精度和效率都有极大提升。

4. 针对呼吸道及病灶的二维、三维重建，对呼吸道及病灶边界数据点拟合问题，提出了一种基于双三次有理分形插值函数的光滑分形曲面。同时，还提出一种基于函数尺度因子的二元有理分形插值函数(FIF)在网格上构造有理分形曲面的方法，并进一步研究了二元有理FIF的收敛性、稳定性和盒维数。数值算例表明，所提出的方法能够很好的拟合数据，尤其是纹理区域以及边界数据的拟合。为高精度参数曲线曲面拟合提供了新理论和算法，理论和实验结果都表明，两种方法的精度效果具有明显的优势。

项目的成果有较高的创新性，对临床诊断涉及到的医学图像处理问题有重要的应用价值，在国际顶级和重要期刊上发表论文20余篇，申请专利3个，其中1项获得授权，获得软件著作权5个。

项目在山东大学齐鲁医院、山东省千佛山医院等七个医院和研究所推广应用，明显提高了诊断效率，社会效益良好。

**五、客观评价**

**1**、**科技成果测试评价**

　　受山东财经大学的委托，教育部科学技术司软件评测中心对“基于特征计算的呼吸道辅助诊断”软件，从用户文档、功能性、可靠性、易用性四个方面进行了科技成果测试。经测试表明：

（1）委托方提供的技术资料齐全、规范，符合科技成果鉴定/验收要求；

（2）软件主要提供CT数据的呼吸道和病灶分割功能、病灶边界点参数化和曲线拟合功能、平面图辅助操作工具管理、立体图辅助操作工具管理、CT图像放大管理等功能，为呼吸道疾病辅助诊断系统管理工作提供平台支持；

（3）软件提供CT数据拟合、病灶区域分割与标注、三维图像重建等功能，能够对CT图像的二维和三维的呼吸道及病灶区域，做面积、体积和特征等计算和分析操作，为临床医生提供呼吸道疾病辅助诊断依据，为医生临床诊断提供支撑技术；

（4）软件运行稳定可靠；程序界面清晰，操作方便，具有较好的交互性。

**2、学术评价**

（1）课题组成员发表于国际顶级期刊IEEE Transactions on Image Processing的论文Single-Image Super-Resolution based on Rational Fractal Interpolation目前阅读量达到5934次，被引3次。其中，在CCF A类期刊IEEE Transactions on Image Processing和IEEE International Conference on Data Mining上各引用1次，在c类期刊IEEE Region Ten Conference上被引1次，被国内外研究者给予高度评价和认可。

（2）课题组成员发表于国际知名期刊 Multimedia Tools and Applications的论文The blending interpolation algorithm based on image features 目前已被引用3次, 其中，在CCF A类期刊IEEE Transactions on Image Processing上被引1次，在国际知名期刊 Multimedia Tools and Applications上被引1次，在Journal: Image and Vision Computing上被引一次，得到国内外研究者的高度评价和认可。

（3）课题组成员发表于《中国科学》期刊上的论文一类有理插值曲面模型及其可视化约束控制，被引5次，被给予高度评价，受到国内学者们的认可。

**3、应用单位评价**

（1）山东大学齐鲁医院多年来与课题组一直保持密切合作关系，对该软件有着深入的了解，医院认为该软件可以直观及定量地确定上呼吸道和病灶等的大小及变化趋势，在临床诊断中起到了很好的辅助作用。和其他软件比，能更精确地计算病灶和肿块的有关特征和指标，为尽早确诊提供了正确的依据，显著提高了医生诊断的水平和效率，从而提高了CT室的诊断效率和服务水平。

（2）山东省千佛山医院自2014年开始使用呼吸道辅助诊断中建模关键技术软件，认为该软件的基于CT影像的呼吸道和病灶重建及可视化技术，在临床应用中有很好的辅助诊断作用，尤其是对喉癌、咽癌和气管癌等特征和指标的计算精确，使用方便，对呼吸道疾病诊断提供了可靠的依据，明显提高了医生诊断的效率，对呼吸科室医疗和服务水平的提高起到了很大的推动作用，有很好的经济和社会效益。

（3）山东省医学影像学研究所CT室认为，针对临床应用的基于CT图像的呼吸道及病灶建模技术，能直观和定量地确定病灶的大小及和周围组织的关系，对临床诊断有很好的辅助作用。对病灶高精度计算，为及时确诊和制定治疗方案提供了可靠依据，显著提高了CT室的诊断效率。

（4）威海市中医院将该软件作为辅助技术用于临床，对呼吸道病灶做诊断，取得了较好的诊断结果。认为该三维建模技术可以定量地给出呼吸道病灶的大小以及与周围组织的差异，并以直观的结果显示出来，在临床诊断中具有很好的辅助作用，为医生尽早做出诊断结论提供了更多的可靠依据，从而明显提高CT室在呼吸道疾病等诊断方面的准确率和服务水平。

（5）烟台毓璜顶医院借助该软件辅助诊断了几千个呼吸道疾病病例，均得到了较好的临床诊断结论。认为该软件可对病灶特征做高精度计算，为疾病诊断提供了可靠的依据，辅助医生对患者的病情做出更为准确的判断，对提高呼吸科室医疗和服务水平有很大的促进作用，有很好的经济和社会效益。

（6）烟台市烟台山医院和山东工商学院合作，开展基于建模的呼吸道疾病辅助诊断的临床应用研究。认为该软件直观性好，能定量地计算病灶的大小以及和周围组织的差异，对呼吸道疾病有很好的辅助作用。通过对呼吸道病灶特征进行高精度计算，为及时确诊提供可信度高的数据，明显提高了诊断效率和水平，提高了服务质量。

（7）乳山市人民医院在呼吸道疾病诊断中，使用该软件辅助诊断，在3年多的临床应用中，辅助诊断的近两千例呼吸道疾病患者的诊断结果表明，基于CT图像的呼吸道建模功能，直观性好，在定量计算呼吸道疾病病灶大小和特征方面精度高，对呼吸道疾病诊断有很好的辅助作用，提高对呼吸道疾病病灶的诊断水平和准确率，患者对医院的服务质量更加满意。

**六、推广应用情况**

山东大学齐鲁医院、山东省千佛山医院、山东省医学影像学研究、烟台市烟台山医院等七家单位使用呼吸道辅助诊断中建模功能软件。这些医院和机构，在多年的临床应用中，辅助诊断数千例呼吸道疾病患者，诊断结果表明，基于CT图像的呼吸道及病灶建模功能，直观性好，在定量计算呼吸道病灶大小和特征方面精度高，并且病灶与周围组织的状况以直观的结果显示出来，为医生尽早做出诊断结论提供了更多的可靠依据，对诊断有很好的辅助作用，从而提高了医院CT室对呼吸科室疾病的诊断水平和准确率，使患者对医院的服务质量更加满意。因此，呼吸道辅助诊断系统软件具有较好的经济效益和社会效益。

**七、主要知识产权证明目录**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 附件名称 | 附件类别 |
| 1 | 一种基于有理函数可调性适应人眼视觉的图像插值方法 | 知识产权证明 |
| 2 | 一种图像去雾方法及装置 | 知识产权证明 |
| 3 | 一种激光定位方法及去毛系统 | 知识产权证明 |
| 4 | 视觉感知颜色模型转换及评价系统 | 知识产权证明 |
| 5 | 基于局部分形分析的图像放大系统 | 知识产权证明 |
| 6 | 基于雾天图像降质模型的图像去雾系统 | 知识产权证明 |
| 7 | 基于三角域有理函数和非结构三角网格构造的图像放大和恢复系统 | 知识产权证明 |
| 8 | 基于有理分形插值的图像放大系统 | 知识产权证明 |
| 9 | Single-Image Super-Resolution based on Rational Fractal Interpolation | 论文证明 |
| 10 | 基于纹理特征的自适应插值 | 论文证明 |
| 11 | 基于NSCT的区域自适应图像插值算法 | 论文证明 |
| 12 | The blending interpolation algorithm based on image features | 论文证明 |
| 13 | Adaptive image rational upscaling with local structure as constraints | 论文证明 |
| 14 | Automated Pancreas Segmentation Using Recurrent Adversarial Learning | 论文证明 |
| 15 | 有理分形插值曲线的约束和单调保持 | 论文证明 |
| 16 | Rational fractal surface interpolating scheme with variable parameters | 论文证明 |
| 17 | Smooth fractal surfaces derived from bicubic rational fractal interpolation functions | 论文证明 |
| 18 | Determining Knots by Optimizing the Bending and Stretching Energies | 论文证明 |
| 19 | Adaptive Texture-Preserving Denoising Method Using Gradient Histogram and Nonlocal Self-Similarity Priors | 论文证明 |
| 20 | Formula for Computing Knots with Minimum Stress and Stretching Energies | 论文证明 |
| 21 | Medical Image Resolution Enhancement for Healthcare using Nonlocal Self-similarity and Low-rank Prior | 论文证明 |
| 22 | 国家自然科学基金(面上)：基于几何计算的可视媒体数据特征提取方法研究 | 批准文件 |
| 23 | 国家自然科学基金（面上）：基于人眼视觉关注的图像插值及应用研究 | 批准文件 |
| 24 | 教育部重点科技项目：医学图像处理中几何建模关键技术研究 | 批准文件 |
| 25 | 国家自然科学基金联合基金项目：智慧医疗中大数据分析的基础理论和语义融合技术 | 批准文件 |
| 26 | 国家自然科学基金青年项目：反向工程中数据点的参数化和曲面拟合问题研究 | 批准文件 |
| 27 | 山东省自然科学基金项目:基于含参数有理函数控制特性的图像插值技术研究 | 批准文件 |
| 28 | 山东省重点研发计划:基于医疗大数据的智能健康服务关键技术研究 | 批准文件 |
| 29 | 中国博士后科学基金:基于视觉关注与有理函数控制的图像插值技术研究 | 批准文件 |
| 30 | 山东省自然科学基金项目: 复杂纹理的几何特征分析与重建技术研究 | 批准文件 |
| 31 | 山东大学齐鲁医院应用证明 | 应用证明 |
| 32 | 山东省医学影像研究所应用证明 | 应用证明 |
| 33 | 山东省千佛山医院 | 应用证明 |
| 34 | 烟台毓璜顶医院应用证明 | 应用证明 |
| 35 | 烟台山医院应用证明 | 应用证明 |
| 36 | 威海市中医院应用证明 | 应用证明 |
| 37 | 乳山市人民医院应用证明 | 应用证明 |
| 38 | 完成人合作关系说明及情况汇总表 | 完成人合作关系说明 |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

**八、主要完成人情况表**

1、姓名：张云峰 排名：1

行政职务：副院长 技术职称： 教授

工作单位： 山东财经大学

完成单位： 山东财经大学

对本项目技术创造性贡献：

（1）负责项目整体规划，安排协调合作单位分工、组织建模关键技术的临床应用推广；

（2）针对具有复杂纹理的医学图像放大，提出基于有理分形插值的超分辨重建。通过等值线方法划分区域，借助维数公式计算尺度因子，利用模型多样性插值不同区域，通过映射得到目标图像。【附件9】

（3）提出基于纹理特征的自适应插值方法。计算局部分形维数判断图像特征，采用不同插值模型分别插值，实现图像放大；提出基于NSCT区域自适应插值算法。通过NSCT划分图像区域，利用不同模型插值不同区域，最后通过映射得到目标图像。【附件10，11】

2、姓名：张帆 排名：2

行政职务：无 技术职称： 副教授

工作单位： 山东工商学院

完成单位：山东工商学院

对本项目技术创造性贡献：

针对平面数据点参数化问题，提出了新的参数化算法，算法把给定数据点看作是质子运动时所经过路径上的点，通过极小化质子经过每个数据点时的速度计算每个参数处的参数。算法的物理意义是：通过极小化运动速度使质子运动路径尽可能短，从而减小运动时的摆动，使运动路径光顺。该参数化方法构造的二次多项式曲线具有较高的精度。为人体器官和病灶边界数据点参数化提供了新算法【附件18】。

3、姓名：张彩明 排名：3

行政职务：智能信息处理中心主任 技术职称：教授

工作单位：山东大学

完成单位：山东大学

对本项目技术创造性贡献：

（1）在CT图像分割中，为解决CT图像高精度分割和稳健性的难点问题，提出反复对抗学习实现图像自动分割网络。该网络模型能够使图像分割达到较高精度，而且收敛速度快。通过对大量样本数据的训练学习，方法在对呼吸道及病灶边界处的分割更加准确，分割的精度和效率都有极大提升。【附件14】

4、姓名： 范辉 排名：4

行政职务：学科建设办公室主任 技术职称： 教授

工作单位：山东工商学院

完成单位：山东工商学院

对本项目技术创造性贡献：

针对正则化模型很难直接求解，提出了一种基于增广拉格朗日乘子法和ADMM的数值解方法来优化目标函数，该方法对初始参数的选择不敏感，能有效地保证收敛性，从而恢复原始图像【附件19】。

5、姓名：包芳勋 排名：5

行政职务：无 技术职称： 教授

工作单位：山东大学

完成单位：山东大学

对本项目技术创造性贡献：

（1）针对呼吸道及病灶的二维、三维重建，对呼吸道及病灶边界数据点拟合问题，提出一种有理样条分形插值方法,能够在很好地逼近不规则数据的同时具有形状可调性。【附件15】

（2）提出一种基于函数尺度因子的二元有理分形插值函数(FIF)在网格上构造有理分形曲面的方法，并进一步研究了二元有理FIF的收敛性、稳定性和盒维数，数值算例表明提出的插值模型可以精确拟合数据，实现物体建模。【附件16】

6、姓名：骆泉湘 排名：6

行政职务：影像科副主任 技术职称： 副主任医师

工作单位：山东玲珑英诚医院有限公司

完成单位：山东玲珑英诚医院有限公司

对本项目技术创造性贡献：

对判定呼吸道、结节和肿瘤的新特征进行总结和抽象，提供肺部医学影像诊断及病理特征提取、观察方面的专业指导；对系统的功能模块、专业性及实用性提出了相应的设计与改进思路，增强了系统的适应性和扩展能力；系统测试，提高了本系统的稳定性和可靠性；推动系统应用单位及合作单位的引领示范作用。

7、姓名：李雪梅 排名：7

行政职务：无 技术职称： 副教授

工作单位：山东大学

完成单位：山东大学

对本项目技术创造性贡献：

（1）构造高精度拟合曲线的关键是对平面上给定的数据点计算其参数，选择哪种参数化方法对插值曲线至关重要，提出通过优化二次多项式曲线的应力和拉伸能来计算数据点的参数值的方法，这些参数能很好的反应数据点的分布情况，所构造的二次多项式曲线具有良好的形状和较高的精度。为人体器官和病灶边界数据点参数化提供了新算法【附件20】。

8、姓名：刘慧 排名：8

行政职务：无 技术职称：

工作单位： 山东财经大学

完成单位：山东财经大学

对本项目技术创造性贡献：

（1）利用医学图像固有的非局部自相似性，构造具有低秩特性的图像块表示矩阵，有效探索了低秩滤波技术在图像超分辨重建方面的应用【附件21】。

9、姓名：王平 排名：9

行政职务：无 技术职称： 研究生

工作单位： 山东财经大学

完成单位： 山东财经大学

对本项目技术创造性贡献：

（1）提出一种含可变参数的有理分形插值函数，并进一步研究了函数的收敛性、稳定性和盒维数，数值算例表明提出的插值函数可以精确拟合数据，实现物体建模。【附件16】

（2）对判定呼吸道及病灶的特征进行了总结和归纳，协助算法研究人员实现对呼吸道特征及呼吸道病灶等特征提取，协助建立多个特征和诊断结论间的对应关系。

**九、主要完成单位及创新推广贡献**

1、山东财经大学 排名：1

在技术创造性方面：针对医学图像放大问题，为保持复杂纹理医学图像的特征，提出了一种基于有理分形插值模型的图像超分辨率重建方法。借助于维数公式计算尺度因子，利用模型的多样性对不同区域进行插值，放大图像的纹理细节和边缘方面优势明显，为高精度描述病灶特征提供了新技术。针对图像特征提取问题，提出了一种等值线方法提取图像边界的方法。提出利用局部分形维数判别纹理和非纹理区域，进而实现区域划分。利用NSCT将图像划分纹理区域，平滑区域和边界。针对二维三维建模中，对数据点拟合问题，提出有理分形插值曲线的约束和单调保持方法，能够在拟合数据点的同时，通过调参，对曲线形状进行调整；提出含可变参数的有理分形曲面插值函数，能够实现曲面拟合和三维建模。

在创新推广方面：主要负责千佛山医院和威海市中医院的科技创新推广工作，包括：呼吸道辅助诊断中建模关键技术和上述两单位临床应用的有机对接；对两医院判定呼吸道及病灶的新特征不断进行总结和抽象，并把总结和抽象的新特征，由山东财经大学、山东大学和山东工商学院的相关人员融合到特征提取模块中，不断完善多个特征和诊断结论间的对应关系。

2、山东工商学院 排名：2

在技术创造性方面：针对平面数据点参数化问题，提出了新的参数化算法，算法把给定数据点看作是质子运动时所经过路径上的点，通过极小化质子经过每个数据点时的速度计算每个参数处的参数。算法的物理意义是，通过极小化运动速度使质子运动路径尽可能短，从而减小运动时的摆动，使运动路径光顺。该参数化方法构造的二次多项式曲线具有较高的精度。为人体器官和病灶边界数据点参数化提供了新算法。针对图像去噪问题，提出了一种内容自适应的参数选择方法，与提出的两种先验相结合，可以明显提高算法的精度，同时，针对正则化模型很难直接求解问题，提出了一种基于增广拉格朗日乘子法和ADMM的数值解方法来优化目标函数，该方法对初始参数的选择不敏感，能有效地保证收敛性，从而更好地恢复原始图像。

在创新推广方面：主要负责烟台毓璜顶医院和烟台市烟台山医院的科技创新推广工作，包括：呼吸道辅助诊断中建模关键技术和上述两单位临床应用的友好对接；对两医院判定呼吸道及病灶的新特征不断进行总结和抽象，并把总结和抽象的新特征，由山东财经大学、山东大学、山东工商学院和山东玲珑英诚医院有限公司的相关人员融合到特征提取模块中，不断完善多个特征和诊断结论间的对应关系。

 3、山东大学 排名：3

在技术创造性方面：为解决CT图像高精度分割和稳健性的难点问题，提出反复对抗学习实现图像自动分割的网络模型，主要包含三个模块，该模型能够使图像分割达到较高精度，而且收敛速度快。通过对大量样本数据的训练学习，方法在对呼吸道及病灶边界处的分割更加准确，分割的精度和效率都有极大提升。

在创新推广方面：主要负责山东大学齐鲁医院，山东省医学影像研究所和乳山市人民医院科技创新推广工作，包括：呼吸道辅助诊断中建模关键技术和上述三个单位临床应用的友好对接,具体负责:人机交互模块的需求分析，使模块符合临床医师的实际操作习惯，使其更易操作；对判定呼吸道病灶的新特征不断进行总结和抽象，并把总结和抽象的新特征，由山东大学和合作单位的相关人员融合到特征提取模块中，不断完善多个特征和诊断结论间的对应关系。

4、山东玲珑英诚医院有限公司 排名：4

在创新推广方面：实现呼吸道辅助诊断中建模关键技术和临床应用的友好对接；对判定呼吸道、结节和肿瘤的新特征不断进行总结和抽象，并把总结和抽象的新特征，由山东财经大学、山东大学和山东工商学院的相关人员融合到特征提取模块中，不断完善多个特征和诊断结论间的对应关系。

**十、完成人合作关系说明**

项目的主要技术内容包含五个方面：1) 为了对呼吸道及病灶等的细节有更好的了解，便于对目标的特征提取和分析，提出了图像放大方法；2)针对高分辨率的CT图像，提出对呼吸道图像特征提取方法；3）基于提取的特征，对CT图像进行分割得到呼吸道及病灶的分割结果；4）在分割基础上的二维和三维建模，包括数据点参数化和曲线拟合，得到建模后的呼吸道及病灶。张彩明（山东大学）参与了2)中的数据点参数化、3)中的超像素分割和5)中图像插值中的边缘保持研究，并在三个方面都有创新。

张帆(山东工商学院) 参与了4)中的数据点参数化，在极小化质子运动速度优化参数方面有创新。

张彩明（山东大学）参与了3)中图像高精度稳健分割的研究，对利用抗网络模型实现图像分割上有深入研究。

范辉(山东工商学院) 参与了1)中的图像放大研究，在基于增广拉格朗日乘子法和ADMM的数值解方法优化目标函数方面有创新。

包芳勋(山东大学) 参与了1)有理分形插值模型的构造，以及通过插值模型构造插值曲面，生成放大图像的研究，参与了4）对离散数据点拟合，重建曲线曲面，实现二维三维建模，在有理和分形函数构造图像插值曲面上有创新。

骆泉湘（山东玲珑英诚医院有限公司）对判定呼吸道、结节和肿瘤的新特征进行总结和抽象；提出了满足医生个性化需求的创新性建议；系统测试，推动系统应用单位及合作单位的引领示范作用。

李雪梅（山东大学）参与了1)中的图像插值中的基于非局部特征插值优化高分辨率图像研究4)中的数据点参数化，在数据点参数化和高分辨率图像生成的两个方面有创新。

刘慧(山东财经大学)参与了1)中的高分辨图像生成，在实现医学图像的超分辨重建上有创新。

王平(山东财经大学)参与了2)中对纹理图像的特征提取的研究以及4）中对离散数据点拟合，重建曲线曲面，实现二维三维建模的研究。在纹理特征提取以及数据拟合上有创新。