****

**本科生毕业论文（设计）**

**Undergraduate Graduation Thesis（Design）**

题目Title：**基于残差学习实现图像边缘保持滤波**

院 系

School (Department)： 数据科学与计算机学院

专 业

Major： 软件工程

学生姓名

Student Name： 黄钦开

学 号

Student No.： 13331089

指导教师(职称)

Supervisor（Title）： 苏卓（讲师）

时间：年 月 日

Date:

**表一：毕业论文（设计）开题报告**

**Form 1: Research Proposal of Graduation Thesis (Design)**

|  |
| --- |
| 论文（设计）题目  Thesis (Design) Title：基于深度学习实现图像边缘保持滤波模型 |
| （简述选题的目的、思路、方法、相关支持条件及进度安排等）  （Please briefly state the research objective, research methodology, research procedure and research schedule in this part.）  选题目的：  目前，计算机视觉技术已广泛应用于诸多领域，而作为其基础的图像处理也成为了计算机科学热门的研究方向之一；其中图像滤波作为许多计算机视觉和图像处理的预处理的重要环节而存在，在保留图像边缘细节的条件下对图像进行平滑操作，对图像后续的处理和分析有着重要意义；随着深度学习技术广泛成功应用于许多计算机视觉任务上，结合深度学习技术来实现具有边缘保持平滑效果的滤波器有重要的意义，这也是本文的研究方向  研究思路方法：   1. 查找图像边缘保持滤波算法资料、深度学习在图像处理领域的相关资料； 2. 阅读以上资料，并进行分析，从中提取合适论题的深度学习模型； 3. 实现模型并测试算法性能。   支持条件：   1. 利用MATLAB、C/C++等编程工具和caffe等深度学习框架实现算法和模型，测试和分析结果 2. 参考ICCV、CVPR等顶级会议文献 3. 借助图书馆相关书籍，Google等搜索工具   进度安排：   1. 2016.11-2017.1 阅读各类文献，查找相关算法进行学习； 2. 2017.1-2017.3.5 按照选题方法，进行编程实现，撰写中期检查报告； 3. 2017.3.6-2017.4.5 完成初稿撰写和修改； 4. 2017.4.6-2017.5.1 根据导师意见，进一步修改论文，完成毕业论文定稿   Student Signature： Date: |
| 指导教师意见  Comments from Supervisor：    1.同意开题 2.修改后开题 3.重新开题  1.Approved( ) 2. Approved after Revision ( ) 3. Disapproved( )    Supervisor Signature： Date: |

**表二：毕业论文（设计）过程检查情况记录表**

**Form 2：Process Check-up Form**

|  |  |
| --- | --- |
| **指导教师分阶段检查论文的进展情况（要求过程检查记录不少于3次）**  **The supervisor should check up the working process for the thesis（design）and fill up the following check-up log. At least three times of the check-up should be done and kept on the log.**  **第1次检查（First Check-up）:**  学生总结  Student Self-summary：  指导教师意见  Comments of Supervisor：  **第2次检查（Second Check-up）：**  学生总结  Student Self-summary：  指导教师意见  Comments of Supervisor：  **第3次检查（Third Check-up）：**  学生总结  Student Self-summary：  指导教师意见  Comments of Supervisor：  **第4次检查**  **Fourth Check-up**  学生总结  Student Self-summary：  指导教师意见  Comments of Supervisor：  学生签名（Student Signature）： 日期（Date）:  指导教师签名（Supervisor Signature）： 日期（Date）: | |
| **总体完成情况**  **（Overall Assessment）** | 指导教师意见Comments of Supervisor：  1、按计划完成，完成情况优（Excellent）： （ ）  2、按计划完成，完成情况良（Good）： （ ）  3、基本按计划完成，完成情况合格（Fair）：（ ）  4、完成情况不合格（Poor）： （ ）  指导教师签名（Supervisor Signature）：  日期（Date）: |

**表三：毕业论文（设计）答辩情况登记表**

**Form 3: Thesis Defense Performance Form**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **答辩人 Student Name** |  | **专 业**  **Major** |  |
| **论文（设计）题目**  **Thesis（Design） Title** |  | | |
| **答辩小组成员**  **Committee Members** |  | | |
| 答辩记录  Records of Defense Performance：    记录人签名（Clerk Signature）： 日期（Date）: | | | |

**学术诚信声明**

本人所呈交的毕业论文，是在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果，所有数据、图片资料均真实可靠。除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含任何其他人或集体已经发表或撰写过的作品或成果。对本论文的研究作出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确的方式标明。本毕业论文的知识产权归属于培养单位。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

本人签名： 日期：

**Statement of Academic Integrity**

I hereby acknowledge that the thesis submitted is a product of my own independent research under the supervision of my supervisor, and that all the data, statistics, pictures and materials are reliable and trustworthy, and that all the previous research and sources are appropriately marked in the thesis, and that the intellectual property of the thesis belongs to the school. I am fully aware of the legal effect of this statement.

Student Signature： Date：

# 【摘 要】

**【关键词】：**

# [ABSTRACT]

**目 录**

[【摘 要】 i](#_Toc476511196)

[[ABSTRACT] ii](#_Toc476511197)

[目 录 iii](#_Toc476511198)

[第 1 章 引言 1](#_Toc476511199)

[1.1 图像边缘保持滤波问题研究的背景和意义 1](#_Toc476511200)

[1.2 深度学习的发展 2](#_Toc476511201)

[1.3 本文的工作 3](#_Toc476511202)

[1.4 论文结构介绍 3](#_Toc476511203)

[1.5 本章小结 3](#_Toc476511204)

[第 2 章 综述 4](#_Toc476511205)

[2.1 边缘保持滤波算法理论与相关工作 4](#_Toc476511206)

[2.2 边缘保持滤波应用 8](#_Toc476511207)

[2.3 深度学习相关工作 9](#_Toc476511208)

[2.4 本章小结 10](#_Toc476511209)

[第 3 章 图像边缘保持滤波深度神经网络模型 11](#_Toc476511210)

[3.1 网络结构 11](#_Toc476511213)

[3.2 网络训练 11](#_Toc476511214)

[3.3 网络实现 11](#_Toc476511215)

[3.4 本章小结 11](#_Toc476511216)

[第 4 章 实验 12](#_Toc476511217)

[4.1 实验数据 12](#_Toc476511219)

[4.2 效果比较 12](#_Toc476511220)

[4.3 运行时间 12](#_Toc476511221)

[4.4 本章小结 12](#_Toc476511222)

[第 5 章 图像边缘保持滤波深度模型的拓展应用 13](#_Toc476511223)

[5.1 本章小结 13](#_Toc476511229)

[第 6 章 总结与展望 14](#_Toc476511230)

[6.1 研究成果 14](#_Toc476511232)

[6.2 将来的工作 14](#_Toc476511233)

[参考文献： 15](#_Toc476511234)

[致 谢 18](#_Toc476511235)

# 引言

图像边缘保持滤波是图像处理中的重要技术。本章首先介绍图像边缘保持滤波研究的背景和意义，了解边缘保持滤波与深度神经网络的基本研究现状，随后对本文的工作和结构进行一个简要的说明。

## 图像边缘保持滤波问题研究的背景和意义

人类获取信息的主要途径是通过视觉，也就是基于图像获得的，随着人类社会和科技的发展，特别是计算机科学和互联网的进步，使得图像处理技术日益渗透到人类生活和工作的方方面面，如医学，航空，游戏等。数字图像处理亦称计算机图像处理，指将图像信号转换成数字格式并利用计算机进行处理的过程，这项技术最早出现于20世纪50年代；数字图像处理范围十分广泛，根据抽你程度和研究方法的不同可分为三个层次：图像处理、图像分析和图像理解。图像处理是比较低层的操作，它主要是指对图像进行像素级别上的处理，其目标是通过处理原图得到更符合需要的目标图像；图像分析则进入了中层，分割和特征提取把原来以像素描述的图像转成比较简洁的非图形式的描述；而图像理解是高层操作，基本上是对从描述抽象的符号进行运算。

图像滤波平滑技术作为图像处理领域一项基本和重要的技术，一直是图像处理领域长期、不可回避的研究课题。由于实际成像条件和环境等因素的影响，通常所摄取的图像都是不同程度上已被污染的图像，如何去除图像噪声，又能保持图像的细节信息就有非常重要的意义了，而图像平滑的作用之一便是应用于图像去噪，改善图像的视觉效果，提高图像成分的清晰度，使图像变得更利于计算机处理，做出各种特征分析；同时图像平滑还有模糊处理的作用，模糊处理经常用于预处理，例如提取大的目标之前去除图像中的一些琐碎细节，桥接直线或曲线的缝隙等。

针对图像去噪的任务，大多数传统的图像平滑算法，例如均值滤波、中值滤波、低通滤波等，都侧重于滤波器的去噪能力，这些滤波都能在一定程度上去除图像中存在的噪声。但是，它们在图像平滑、去除噪声的同时都不同程度模糊了图像的边缘和细节；针对于图像模糊也是一样的，我们往往不希望在进行图像模糊的同时，连同边缘和细节也一并被模糊，可以说图像的平滑和细节保持是一对矛盾关系，有必要寻找更好的平滑算法 ，使得在对图像进行平滑的同时，还能保持边缘和细节信息。

## 深度学习的发展

深度学习是神经网络、人工智能、模式识别等研究的交叉领域，是机器学习的一个分支，“人工神经网络”（ANN）[1] ,试图通过构建“人造”的生物神经细胞和神经网络，在不同程度和不同层次上实现人脑神经系统在信息处理、学习、记忆、知识的存储和检索方面的功能。深度学习通过模拟具有丰富层次结构的脑神经系统，建立了类似于人脑的分层模型结构，对输入数据逐层提取，形成更加抽象的高层表示。高层的特征根据较低层的特征来定义，相同低层的特征可以用来定义很多高层的特征，这样一个分层次的结构被称为深层结构。

如今，深度学习普及的原因主要有1）计算机芯片的处理能力大幅度提高，特别是GPU的发展；2）硬件计算成本显著降低；3）机器学习研究的进步。这些进步使得深度学习方法可以有效利用复杂的非线性函数来学习分层的特征表示。

目前深度学习的模型已经有多种，如深度信念网络，卷积神经网络，自动编码器等，而且这些方法已经在许多领域取得了突破成果，其中图像识别是最早受到关注的，1989年Yann LeCunn提出的卷积神经网络就是根据生物视觉模型的启发而进行的研究[2] ，2012年10月Hinton和他的学生关于ImageNet在大规模的图库中利用卷积神经网络进行图像识别取得了比较理想的效果[3] 。在语音识别方面，2009年微软研究院的科学家与Hinton合作，并于2011年发布了成果[4] ，这是首次基于深度学习神经网络开发出的语音识别框架 。另外，深度学习在用传统方法难以解决的应用问题上用展示出了强大的解决能力，如自动驾驶等

## 本文的工作

## 论文结构介绍

## 本章小结

# 综述

在初步了解图像边缘保持滤波研究工作和意义后，本章中将进一步对图像边缘保持滤波和深度学习作进一步的介绍，主要涉及到边缘保持滤波的算法理论与相关工作，边缘保持滤波的应用，目前深度学习的一些技术以及其在图像处理上的应用。

## 边缘保持滤波算法理论与相关工作

传统的图像滤波方法，侧重于针对操作的图像去噪能力，可以分为线性滤波器和非线性滤波器，线性滤波器主要指输出图像上每个像素点的值是由输入图像对应像素点的邻域内像素值的加权和决定，如均值滤波器是使用邻域内像素值的平均值作为输出像素值等 ，其中高斯滤波器能有效消除高斯噪声，高斯滤波是对中心点p在其领域S上取其像素值的加权平均，可以用以下式子表示：

 (2.1.1)

式（2.1.1）中 表示高斯函数，代表了领域 中每个像素值相应的权重，其函数值取决于中心点 与领域内点的空间距离。线性滤波器容易构造，但是在某些情况下，使用非线性滤波器可以取得更理想的滤波效果，比如如果噪声是椒盐噪声的话，使用均值滤波器并不能很好去除噪声，而如果使用中值滤波器这一非线性滤波器的话，便可以得到理想的效果了，其他常见的非线性滤波器还有最大值滤波器和最小值滤波器等；虽然这一类传统的滤波方式容易实现和理解，但是这些方法因为都没有顾及到图像的边缘、细节问题，而导致容易产生图像边缘模糊的问题， 见图2-1。

　　　 （原图） （高斯） （均值）

图（2-1）

而在实际应用中，由于多种图像应用，如色调映射等都需要图像边缘位置的信息，而边缘的模糊无疑会大大降低边缘检测的准确性。

因此针对这一问题，边缘保持滤波模型被提出，该模型在实现图像平滑的同时尽可能避免原有图像边缘的模糊，也就是在边缘保持与图像平滑之间取得平衡。图2-2为具有代表性的双边滤波器所表现出来的边缘保持图像平滑效果。

（原图） （双边滤波） （L0平滑）

目前，边缘保持滤波模型有多种实现策略，我们大致将其划分为基于均值滤波和基于最优化滤波两种。

基于均值滤波主要是指输出图像的像素值取决于该像素与其领域内像素的密切程度，而这种程度往往取决于中心点像素和领域内像素在空间域和亮度域的关系。

以高斯核函数为基础的双边滤波模型[20] 是均值滤波方式的一种，也是最经典的边缘保持滤波之一，由Tomasi和Manduchi提出，该模型目前已经广泛应用于计算机图像和计算机视觉的多个领域，诸如图像去噪[21] ，HDR压缩[22] ，多尺度细节分解[23] 和图像抽象[24] 等。与高斯滤波类似，该模型的输出像素值由邻域内像素值的加权和所决定，所不同的是高斯滤波只使用了以像素间欧氏距离为基础的空间域高斯核函数来计算像素权重，而双边滤波结合使用了空间域高核函数和以像素亮度差为基础的亮度域高斯核函数，从而实现了图像边缘感知的非线性自适应平滑操作，基于高斯函数的双边滤波的基本定义为[20] ：

 (2.1.2)

其中归一化因子 保证所有像素的权重总和为1，定义如下：

 (2.2.3)

其中是空间域高斯加权函数， 是亮度域高斯加权函数，下标参数 和 是像素点索引， 表示 点的像素值。其算法流程如下：

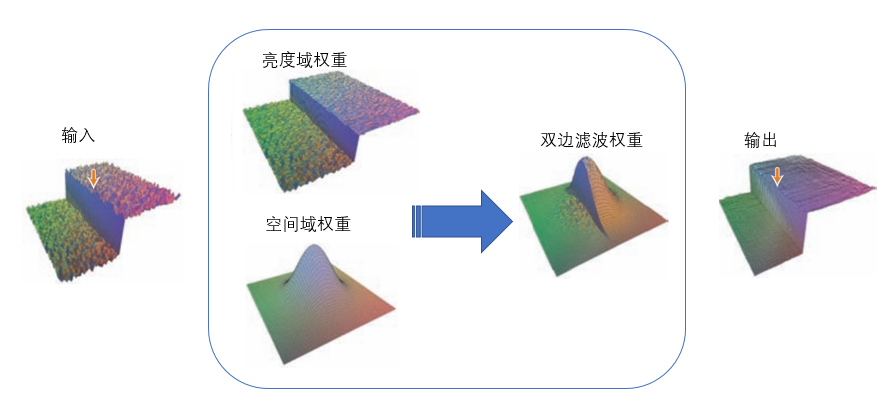


图2-1-2 双边滤波算法流程[25]

虽然双边滤波在边缘保持问题上取得了比较好的效果，但是这种滤波方式也有一定的局限性和问题；首先这种滤波方式会产生梯度反转的伪影问题，产生这种问题的原因在于当一个像素的周围与其相似像素很少的时候（通常发生于边缘处），基于高斯核得到的双边滤波的权重往往不稳定，导致边缘被过度锐利，由此抽取出的细节信息在数值符号上出现相反情况，若对这种细节信息进行加强，则会导致增强的图像出现反向的效果；同时双边滤波还有效率上的问题，直接实现这种算法会带来时间复杂度高的问题，针对这一问题，Porikli[27] 和Yang[26] 均提出了可以在常数时间内实现双边滤波的算法。

为了改进双边滤波时间复杂度高，产生梯度反转的伪影等问题，He K.等人提出了引导图像滤波[28] ，与双边滤波不同的是，引导图像滤波在于引用引导图像进行滤波，参考了引导图像的结构信息，并且算法的时间复杂度大大减少。

He K.假定了输出图像 与引导图像 在中心位置为k的窗口 下满足线性关系 ,为了确定线性系数 ，通过拟合函数输出值 和真实值 之间的差距最小，可以得到如下的损失函数：

 （2.1.4）

方程（2.1.4）是一个线性岭回归模型，最后可以得到输出图像。通过引导滤波得到的滤波结果有边缘保持平滑的特性。当像素点处于像素值变化较小的窗口中，引导滤波的作用相当于移动平均滤波，产生了平滑的效果；而当像素点处于变化较大的区域内，其平滑效果很小，像素值基本不变，有效地保持了边缘信息。

各向异性扩散[29] ，也叫做P-M扩散，也是基于均值的滤波方式之一，在图像处理和计算机视觉中广泛应用于在保持图像细节特征的同时减少噪声；各向异性的思想在于，由于图像边缘往往在梯度值较大的点处，如果扩散方程在梯度值比较大的区域减速扩散，在梯度值较小的区域加速扩散的话，那么就可以在去噪的同时保护图像的边缘细节了，基于这种思想，Perona和Malik提出了两种扩散系数方程，也就是有名的P-M方程。

基于最优化的滤波模型有全变分（TV），L0梯度最小化等，这类方法是针对边缘保持的特性提出目标函数和约束条件，然后通过最优化的方式对方程进行求解得到输出图像，求解的方式有梯度下降等。

L0梯度最小化是一种基于最优化策略的滤波器，使用这种平滑算法 ，可以去除小的非零梯度，抚平不重要的细节信息；增强图像显著性边缘；图像梯度L0范数可以表示如下

 (2.1.12)

公式 和 是图像中相邻元素， 是图像梯度，也即图像的前向差分， 是计数操作，输出图像中满足 的p点的个数。这样表示有一个优点，就是 是非零梯度个数的函数，与函数的梯度本身无关。在二维图像中，我们需要约束图像水平和垂直方向的梯度数目，形式如下：

 (2.1.13) (2.1.14)

因为L0范数不可导，全局最优问题是一个NP难问题，所以作者使用了变量分裂法，松弛为两个二次规划问题，每个问题都有其闭式解。使用基于迭代优化的方式，便可以得出结果。

除了上述提到的两大类滤波算法外，还有其他的一些边缘保持滤波算法，诸如基于拉普拉斯金字塔改良得到的具有边缘感知效果的局部拉普拉斯滤波[30] ，基于域变换思想的加速策略[31] 等，这些也均在图像滤波领域取得广泛的应用

## 边缘保持滤波应用

图像滤波操作往往是诸多计算机视觉和图像处理的预处理操作，比如可以应用于图像去噪，从而去除输入数据中无关重要的内容，提取输入图像的特征信息，为层次化处理提供基础等。但是使用一般的滤波方式，往往导致在进行滤波操作后出现图像边缘细节的模糊，而边缘细节的模糊无疑会给许多其他的后续操作带来不便，诸如边缘检测等；而边缘保持滤波可以进行图像平滑的同时尽可能地保持图像的边缘细节。因此在多个重要的研究应用中产生了巨大的影响。

图像去噪是图像滤波的首要任务之一，在图像去噪上使用图像边缘保持滤波可以在去除图像噪声的同时，最大可能的保持图像的边缘细节信息，目前边缘保持滤波已经应用于多个图像去噪领域，如医学图像去噪和视觉去噪等。

高动态范围色调映射是指把高动态范围的图像映射为低动态范围显示设备可以显示的格式，使显示的图像更加接近原始场景，有一致的明暗程度，而这个任务的难点主要在于如何克服由于曝光不足或曝光过度而带来的图像显示问题。Durand等人[33] 将双边滤波模型应用于高动态范围图像的显示问题上，利用双边滤波边缘保持特征，将图像分为基底层和细节层，然后在基底层上压缩对比度，细节层保持不变，最后结合起来显示，从而显示了明显的处理效果。

边缘保持滤波还能应用于纹理去除，细节增强，图像分解，边缘检测等应用上。

## 深度学习相关工作

深度学习在图像处理领域的使用，较早引起人们关注的是图像识别领域，无论是手写体识别[2] ，还是基于深度卷积神经网络的ImageNet识别[19] ，都表明了深度学习在图像识别上的优势。当然，目前深度学习不仅仅图像识别领域上取得了成果，在其他的一些图像视觉领域上也取得了突破性的成果，在图像超分辨问题上，Dong等人基于CNN提出的SRCNN[17] 展示了深度神经网络在图像超分率问题上的解决能力，Xie等人提出的深度神经网络模型[13] 在图像去噪和去水印问题上均取得较好效果,Liu等人提出的基于CNN和RNN的混合神经网络[18] 被应用于一系列的低层图像视觉问题；同样基于卷积神经网络实现的深度边缘感知滤波器[32] ，将卷积神经网络结合图像梯度图进行网络训练，从而得到了具有边缘感知滤波的神经网络模型。

卷积神经网络作为神经网络的模型之一，在许多图像处理问题都表现出了强大的能力，众多深度神经网络选择CNN的原因主要在于1）因为CNN的局部感觉野和共享参数的特性，使得CNN被应用深度神经网络时，表现出了良好的扩展性和灵活性，而深层的神经网络在许多图像处理问题上是必须的，浅层的网络在图像特征提取上表现出了能力不足；2）许多基于CNN训练的改良措施和方法被提出，包括ReLU函数[14] ，残差学习[16] ，批规范化[15] 等，使得基于CNN的图像处理深度神经网络得以有更多的模型调整；3）相比于其他的神经网络模型，CNN更加适用于使用GPU进行并行编程，这可以提高CNN神经网络的运行速度。

残差学习的提出是为了解决神经网络因为深度而导致的退化问题，残差学习的思想在于利用多层网络拟合一个残差映射，而不是寄希望于每组少数的几个层的网络层就可以 直接推倒出我们所期望的实际映射关系； 我们用H（x）表示我们所期望得到的实际映射，我们合得堆叠的非线性多层网络去拟合另一个映射关系F（x）+x。与一般的残差网络不同，我们的网络DepDNN并没有使用多个残差单元，而只是使用了一个残差单元来映射出我们的残差图像。

批规范化是深度学习的重要成果，已经广泛被证明其有效性和重要性。在深层网络训练时，由于模型参数在不断修改，所以各层的输入的概率分布也在不断变化，这使得我们必须使用较小的学习速率及较好的权重初值，导致训练很慢，同时容易出现激活函数饱和训练困难的现象；批规范化就是通过一定的规范化手段，把每层神经网络任意神经元的输入值分布强行拉回到无均值为0方差为1的标准正态分布而不是简单的正态分布，使得激活输入值落在非线性函数对输入比较敏感的区域，这样输入的小变化就会导致损失函数较大的变化，避免梯度消失问题产生，大大加快训练速度。

## 本章小结

在本章中，我们阐述和总结了边缘保持滤波算法的相关理论模型和其在计算机图像和视觉中的应用，同时介绍了深度学习的发展和目前比较流行的技术，其中残差学习和批规范化将被应用到本文提出的神经网络模型中。

# 图像边缘保持滤波深度神经网络模型



## 网络结构

这里标注输入的彩色图片为y，边缘保持滤波操作为L(y)，L(y)可以是线性的或非线性的，全局的或局部的操作，同时标记y与L(y)的差值为r = y-L(y)。DepDNN网络的输入是原始图片y，其输出是残差r，而不是L(y)。

在训练的过程中，我们使用的损失函数是平方损失函数

平方损失函数编写

……。说明

网络结构

根据DepDNN网络结构图，我们先给定网络的深度为D，网络中有三种类型的堆叠层，分别如下

1. Conv+ReLU，做为网络的第一个堆叠层，其主要是针对每一个彩色输入图（3通道）生成64个特征图； 其中Conv使用64个3\*3\*3的滤波器，生成64个输出特征图，然后使用非线性激活函数ReLu对结果进行激活操作；
2. Conv+BN+ReLU，这个是网络的第2~（D－1）层，每个层的Conv都使用64个3\*3\*64个滤波器对64个输入特征图进行卷积并总共得到64个特征图；Conv和ReLU之间使用BN层进行批规范化，调整数据的分布；最后使用ReLU对结果特征图进行一个非线性的激活操作；
3. Conv，做为网络的最后一层，这一个Conv层是将64个输入特征图作为输入，使用3个3\*3\*64的滤波器，生成3个输出特征图，也就是我们的残差三通道图像。

DepDNN网络通过使用批规范化和应用残差学习的思想，使得在训练的过程中，可以通过批规范化来调整数据的分布，提高网络的训练速度，降低训练过程中出现饱和情况； 而通过一个残差学习单元学习出我们的残差图像。得到残差图像后，我们就可以通过L(y) = y – r 得到我们的最终期望的结果，具有边缘保持的平滑图片。

## 网络实现与训练

DepDNN网络是基于MATLAB的深度学习框架MatConvNet来实现的，MatConvNet是实现用于计算机视觉领域的总面积神经网络的MATLAB工具箱，在卷积神经网络方面，它具有方便使用，高效训练，效果突出等特性。

DepDNN网络利用MatConvNet提供的接口来实现，并利用其GPU模型加快模型的训练速度。

## 本章小结

本章主要。

# 实验



## 实验数据

深度神经网络需要大量的训练数据进行训练从而达到拟合函数的效果，在这里其要达到的拟合函数就是图像的边缘保持函数。在实验数据的制备上，主要使用了BSDS500数据集，使用其中400个图片作为原始训练图片，然后使用50个图片作为检验图片，50个作为测试图片。

为了提高网络的训练速度和增加网络训练的数据量，在制备训练图片时，基于原始训练图片做了如下的扩展操作:

1. 使用patch进行训练，而不使用整个图像进行训练，一方面是考虑到使用patch进行训练可以方便及时观察网络的训练情况，及时调整网络；另一方面也可以提高整体的训练速度；
2. 对每个原始图片都进行一定的图像操作，生成新的图像。图像操作主要有旋转，翻转等。

通过如上的操作，我们可以得到大量的数据集。

在得到标签数据时，我们使用L0平滑算法来对原始图片进行边缘保持操作，并将原始图片与结果进行作差，得到我们的残差图像，也就是我们的标签图像。

数据制备流程

1. **输入**：原始图片集，patch大小patch\_size, 步长stride；
2. **for** each image **do**
3. apply L0() to Ii;
4. **for** each augmentation\_method **do**
5. daI = data\_augmentation(augmentation\_method, Ii);
6. push generation\_patch(daI) to inputs;
7. daI = data\_augmentation(augmentation\_method, L0(Ii));
8. push generation\_patch(daI) to labels;
9. **end** **for**
10. **end for**
11. **输出**：inputs, labels

## 效果比较

## 运行时间

## 本章小结

# 总结与展望



## 研究成果

## 将来的工作

# 参考文献：

1. Marvin and Papert, Seymour. Perceptrons: An Introduction to Computational Geometry[J]. Surfaces Oxford Applied Mathematics & Computing Science, 1969
2. LeCun Y,BoserB, Denker J S, et al. Backpropagation applied to handwritten zip code recognition[J]. Neural computation, 1989, 1(4):541-551
3. Hinton GE, Osindero S. A fast learning algorithm for deep belief nets[C]. Neural Computation. 2006:2006
4. Dahl GE, Yu D, Deng L, et al. Context-Dependent Pre-Trained Deep Neural Networks for Large-Vocabulary Speech Recognition[J]. Audio Speech & Language Processing IEEE Transactions on, 2012, 20(1):30-42
5. A. Buades, B. Coll, and J. -M. Morel, “A non-local algorithm for image denoising, ” in IEEE conference on computer Vision and Pattern Recognition, vol. 2, 2005, pp. 60-65
6. K. Dabov, A. Foi, V. Katkovnik, and K. Egiazarian, “Image denoising by sparse 3-D transform-domain collaborative filtering,” IEEE Transactions on Image Processing, vol.16, no. 8, pp. 2080-2095, 2007
7. A. Buades, B.Coll, and J. -M, Morel, “Nonlocal image and movie denoising,” International Joural of Computer Vision, vol. 76, no.2, pp. 123-139, 2008
8. J. Marial, F. Bach, J. Ponce, G. Sapiro, and A. Zisserman, “Non-local sparse models for image restoration,” in IEEE International Conference on Computer Vision, 2009, pp. 2272-2279
9. H. C. Burger, C. J. Schuler, and S. Harmeling, “Image denoising: Can plain neural networks compete with BM3D?” in IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2012, pp. 2392-2399
10. V. Jain and H. S. Seung, “Natural Image Denoising with Convolutional Networks”, in Advances in Nerual Information Processiing Systems, 2009, pp. 769-776
11. J. Xie, L. Xu, and E. Chen, “Image denoising and inpainting with deep neural networks, ” in Advances in Neural Information Processing Systems, 2012, pp. 341-349
12. Zhang, Kai, et al. "Beyond a Gaussian Denoiser: Residual Learning of Deep CNN for Image Denoising." 2016, arXiv preprint arXiv:1608.03981
13. Xie, J., Xu, L., & Chen, E.“Image denoising and inpainting with deep neural networks”. In Advances in Neural Information Processing Systems, 2012, pp. 341-349
14. .A. Krizhevsky, I. Sutskever, and G. E. Hinton, “Imagenet classification with deep convolutional neral networks,” in Advances in Neural Information Processing Systems, 2012, pp. 1097-1105
15. S. Ioffe and C. Szegedy, “Batch normalization: Acceleration deep network training by reducing internal convariate shift,” in International Conference on Machine Learning, 2015, pp. 448-456
16. K. He, X. Zhang, S. Ren, and J. Sun, “Deep residual learning for image recognition, ” in IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2016, pp. 770-778
17. Dong, Chao, et al. "Learning a deep convolutional network for image super-resolution." European Conference on Computer Vision. Springer International Publishing, 2014.
18. Liu, Sifei, Jinshan Pan, and Ming-Hsuan Yang. "Learning recursive filters for low-level vision via a hybrid neural network." European Conference on Computer Vision. Springer International Publishing, 2016.
19. Krizhevsky, Alex, Ilya Sutskever, and Geoffrey E. Hinton. "Imagenet classification with deep convolutional neural networks." Advances in neural information processing systems. 2012.
20. Tomasi, Carlo, and Roberto Manduchi. "Bilateral filtering for gray and color images." Computer Vision, 1998. Sixth International Conference on. IEEE, 1998.
21. Liu, Ce, et al. "Noise estimation from a single image." 2006 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'06). Vol. 1. IEEE, 2006.
22. Durand, Frédo, and Julie Dorsey. "Fast bilateral filtering for the display of high-dynamic-range images." ACM transactions on graphics (TOG). Vol. 21. No. 3. ACM, 2002.
23. Fattal, Raanan, Maneesh Agrawala, and Szymon Rusinkiewicz. "Multiscale shape and detail enhancement from multi-light image collections." ACM Trans. Graph. 26.3 (2007): 51.
24. Winnemöller, Holger, Sven C. Olsen, and Bruce Gooch. "Real-time video abstraction." ACM Transactions On Graphics (TOG). Vol. 25. No. 3. ACM, 2006.
25. Paris S, Kornprobst P, Tumblin J, et al. Bilateral filtering: Theory and applications[M]. Now Publishers Inc, 2009.
26. Yang, Qingxiong, Kar-Han Tan, and Narendra Ahuja. "Real-time O (1) bilateral filtering." Computer Vision and Pattern Recognition, 2009. CVPR 2009. IEEE Conference on. IEEE, 2009.
27. Porikli, Fatih. "Constant time O (1) bilateral filtering." Computer Vision and Pattern Recognition, 2008. CVPR 2008. IEEE Conference on. IEEE, 2008.
28. He, Kaiming, Jian Sun, and Xiaoou Tang. "Guided image filtering." *European conference on computer vision*. Springer Berlin Heidelberg, 2010.
29. Perona, Pietro, and Jitendra Malik. "Scale-space and edge detection using anisotropic diffusion." IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence 12.7 (1990): 629-639.
30. Paris, Sylvain, Samuel W. Hasinoff, and Jan Kautz. "Local Laplacian filters: edge-aware image processing with a Laplacian pyramid." *ACM Trans. Graph.* 30.4 (2011): 68.
31. Gastal, Eduardo SL, and Manuel M. Oliveira. "Domain transform for edge-aware image and video processing." *ACM Transactions on Graphics (TOG)*. Vol. 30. No. 4. ACM, 2011.
32. Xu, Li, et al. "Deep edge-aware filters." *Proceedings of the 32nd International Conference on Machine Learning (ICML-15)*. 2015.
33. F. Durand and J. Dorsey, Fast bilateral filtering for the display of high-dynamic-range images, in Proceedings of ACM SIGGRAPH 2007, San Diego, CA, United states, 2007, 1 ∼ 1

# 致 谢

毕业论文成绩评定记录

|  |
| --- |
| 指导教师评语：  本工作研究引导滤波算法，选题新颖，写作规范，实验结果符合预期，达到本科毕业的要求。  成绩评定：良好    指导教师签名： 年 月 日 |
| 答辩小组或专业负责人意见：  成绩评定：    签名（章）： 年 月 日 |
| 院系负责人意见：  成绩评定：  签名（章）： 年 月 日 |