

(19)中华人民共和国国家知识产权局



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110689495 A

(43)申请公布日 2020.01.14

(21)申请号 201910913818.5

(22)申请日 2019.09.25

(71)申请人 安徽信息工程学院

地址 241000 安徽省芜湖市高教园区文津  
西路8号

(72)发明人 万家山

(74)专利代理机构 北京市领专知识产权代理有  
限公司 11590

代理人 王茜 陈益思

(51)Int.Cl.

G06T 5/00(2006.01)

G06N 3/04(2006.01)

G06N 3/08(2006.01)

权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种深度学习的图像修复方法

(57)摘要

本发明涉及图像视觉处理技术领域,提出一种深度学习的图像修复方法,包括以下步骤:使用边缘生成器预测原始图像上遮盖区域的边缘映射;验证边缘生成器预测出的边缘映射是否真实;图像补全网络对真实的边缘映射进行图像修复和合成,剔除不真实的边缘映射;验证图像补全网络修复和合成的图像是否真实;生成真实的图像,剔除不真实的图像。本发明通过结合图片上下文内容,边缘生成器对图像缺失区域(规则和不规则)的边缘产生“幻想”,图像补全网络利用“幻想”边缘填充缺失区域,这样可以利用利用启发式的生成模型得到了缺失部分的边缘信息,随后将边缘信息作为图像缺失的先验部分和图像一起送入修复网络进行图像重建,再现更加精细细节的填充。



CN 110689495 A

1. 一种深度学习的图像修复方法,其特征在于:包括以下步骤:  
 步骤S1:使用边缘生成器预测原始图像上遮盖区域的边缘映射;  
 步骤S2:验证边缘生成器预测出的边缘映射是否真实;  
 步骤S3:图像补全网络对真实的边缘映射进行图像修复和合成,剔除不真实的边缘映射;

步骤S4:验证图像补全网络修复和合成的图像是否真实;  
 步骤S5:生成真实的图像,剔除不真实的图像。

2. 根据权利要求1所述的一种深度学习的图像修复方法,其特征在于:所述使用边缘生成器预测原始图像上遮盖区域的边缘映射的步骤,包括:

边缘生成器预测的原始图像的幻想边缘为:

$$S_{pred} = G(I_{gray}, S_{gt})$$

其中,  $S_{pred}$  表示图像的幻想边缘;

$I_{gray}$  表示原始图像的灰度值矩阵;

$S_{gt}$  表示原始图像的边缘映射。

3. 根据权利要求2所述的一种深度学习的图像修复方法,其特征在于:所述验证边缘生成器预测出的边缘映射是否真实的步骤,包括:使用第一网络训练目标对边缘生成器预测出的边缘映射进行验证:

$$\max_G \max_D L_G = \max_G (\lambda_{adv} \max_D (L_{adv}) + \lambda_{FM} L_{FM})$$

其中,  $\lambda_{adv}$  和  $\lambda_{FM}$  为正则化参数;

所述第一网络训练目标的方式包括对抗网络损失函数和特征匹配损失函数。

4. 根据权利要求3所述的一种深度学习的图像修复方法,其特征在于:

所述对抗网络损失函数为:

$$L_{adv} = E_{(S_{gt}, I_{gray})} [\log D(S_{gt}, I_{gray})] + E_{I_{gray}} \log[1 - D(S_{gt}, I_{gray})]$$

所述特征匹配损失函数为:

$$L_{FM} = E \left[ \sum_{i=1}^L \frac{1}{N_i} \|D_i(S_{gt}) - D_i(S_{pred})\| \right]$$

其中,  $L$  表示卷积层数,  $N_i$  表示第  $i$  层的元素个数,  $D_i$  表示第  $i$  层的第一网络训练目标的鉴别器。

5. 根据权利要求4所述的一种深度学习的图像修复方法,其特征在于:所述图像补全网络对真实的边缘映射进行图像修复和合成,剔除不真实的边缘映射的步骤,包括:

对真实的边缘映射进行图像修复和合成:

$$I_{pred} = G^*(S_{gt}, S_{comp})$$

其中,  $I_{pred}$  表示修复和合成的图像;

$S_{comp}$  表示将原始图像的真实边缘区域和破坏的幻想图像结合后生成的图像。

6. 根据权利要求5所述的一种深度学习的图像修复方法,其特征在于:所述验证图像补全网络修复和合成的图像是否真实的步骤,包括:

使用第二网络训练目标对图像补全网络修复和合成的图像进行验证:

$$L_{adv} = E_{(S_{gt}, S_{comp})} [\log D(S_{gt}, S_{comp})] + E_{S_{comp}} \log[1 - D(I_{pred}, S_{comp})]$$

所述第二网络训练目标的方式包括对抗网络损失函数和感知损失函数。

7. 根据权利要求6所述的一种深度学习的图像修复方法, 其特征在于:

所述对抗网络损失函数为:

$$L_G = \lambda'_{adv} L'_{adv} + \lambda_p L_{perc}$$

所述感知损失函数为:

$$L_{perc} = E \left[ \sum_i \frac{1}{N_i} \left\| \varphi_i(S_{gt}) - \varphi_i(I_{pred}) \right\| \right]$$

其中,  $\varphi_i$  表示第i层第二网络训练目标的激励函数。

## 一种深度学习的图像修复方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及图像视觉处理技术领域，特别涉及一种深度学习的图像修复方法。

### 背景技术

[0002] 传统的图形学和视觉的研究方法，主要还是基于数学和屋里的方法，然而随着近几年深度学习在视觉领域取得的卓越的效果，视觉领域研究的前沿已经基本被深度学习占领，在这样的形势之下，越来越多的图形学研究者也开始将目光投向深度学习。传统的图像修复可以使用基于扩散方法来处理，这种方法将局部结构传播到位置部分，或者基于示例的方法，每一次构建缺失部分的一个像素点，同时保持和周围像素点的一致。当缺失的部分很大时，这些方法就会失效，因此需要一个额外的部件提供合理的想象。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的在于改善现有技术中所存在的不足，提供一种深度学习的图像修复方法。

[0004] 为了实现上述发明目的，本发明实施例提供了以下技术方案：

[0005] 一种深度学习的图像修复方法，包括以下步骤：

[0006] 步骤S1：使用边缘生成器预测原始图像上遮盖区域的边缘映射；

[0007] 步骤S2：验证边缘生成器预测出的边缘映射是否真实；

[0008] 步骤S3：图像补全网络对真实的边缘映射进行图像修复和合成，剔除不真实的边缘映射；

[0009] 步骤S4：验证图像补全网络修复和合成的图像是否真实；

[0010] 步骤S5：生成真实的图像，剔除不真实的图像。

[0011] 更进一步地，为了更好的实现本发明，所述使用边缘生成器预测原始图像上遮盖区域的边缘映射的步骤，包括：

[0012] 边缘生成器预测的原始图像的幻想边缘为：

[0013]  $S_{pred} = G(I_{gray}, S_{gt})$

[0014] 其中， $S_{pred}$ 表示图像的幻想边缘；

[0015]  $I_{gray}$ 表示原始图像的灰度值矩阵；

[0016]  $S_{gt}$ 表示原始图像的边缘映射。

[0017] 更进一步地，为了更好的实现本发明，所述验证边缘生成器预测出的边缘映射是否真实的步骤，包括：使用第一网络训练目标对边缘生成器预测出的边缘映射进行验证：

[0018] 
$$\max_G \max_D L_G = \max_G (\lambda_{adv} \max_D (L_{adv}) + \lambda_{FM} L_{FM})$$

[0019] 其中， $\lambda_{adv}$ 和 $\lambda_{FM}$ 为正则化参数；

[0020] 所述第一网络训练目标的方式包括对抗网络损失函数和特征匹配损失函数。

[0021] 更进一步地，为了更好的实现本发明，所述对抗网络损失函数为：

$$[0022] \quad L_{adv} = E_{(S_{gt}, I_{gray})} [\log D(S_{gt}, I_{gray})] + E_{I_{gray}} \log[1 - D(S_{gt}, I_{gray})]$$

[0023] 所述特征匹配损失函数为：

$$[0024] \quad L_{FM} = E \left[ \sum_{i=1}^L \frac{1}{N_i} \|D_i(S_{gt}) - D_i(S_{pred})\| \right]$$

[0025] 其中, L表示卷积层数,  $N_i$ 表示第i层的元素个数,  $D_i$ 表示第i层的第一网络训练目标的鉴别器。

[0026] 更进一步地, 为了更好的实现本发明, 所述图像补全网络对真实的边缘映射进行图像修复和合成, 剔除不真实的边缘映射的步骤, 包括:

[0027] 对真实的边缘映射进行图像修复和合成:

$$[0028] \quad I_{pred} = G^*(S_{gt}, S_{comp})$$

[0029] 其中,  $I_{pred}$ 表示修复和合成的图像;

[0030]  $S_{comp}$ 表示将原始图像的真实边缘区域和破坏的幻想图像结合后生成的图像。

[0031] 更进一步地, 为了更好的实现本发明, 所述验证图像补全网络修复和合成的图像是否真实的步骤, 包括:

[0032] 使用第二网络训练目标对图像补全网络修复和合成的图像进行验证:

$$[0033] \quad L'_{adv} = E_{(S_{gt}, S_{comp})} [\log D'(S_{gt}, S_{comp})] + E_{S_{comp}} \log[1 - D'(I_{pred}, S_{comp})]$$

[0034] 所述第二网络训练目标的方式包括对抗网络损失函数和感知损失函数。

[0035] 更进一步地, 为了更好的实现本发明, 所述对抗网络损失函数为:

$$[0036] \quad L_{G'} = \lambda'_{adv} L'_{adv} + \lambda_p L_{perc}$$

[0037] 所述感知损失函数为:

$$[0038] \quad L_{perc} = E \left[ \sum_i \frac{1}{N_i} \|\phi_i(S_{gt}) - \phi_i(I_{pred})\| \right]$$

[0039] 其中,  $\phi_i$ 表示第i层第二网络训练目标的激励函数。

[0040] 与现有技术相比, 本发明的有益效果:

[0041] 相比传统的技术, 无法重建合理的结构, 因此容易出现过于平滑或者边缘模糊的现象。本发明通过结合图片上下文内容, 边缘生成器对图像缺失区域(规则和不规则)的边缘产生“幻想”, 图像补全网络利用“幻想”边缘填充缺失区域, 这样可以利用利用启发式的生成模型得到了缺失部分的边缘信息, 随后将边缘信息作为图像缺失的先验部分和图像一起送入修复网络进行图像重建, 再现更加精细细节的填充。

## 附图说明

[0042] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案, 下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍, 应当理解, 以下附图仅示出了本发明的某些实施例, 因此不应被看作是对范围的限定, 对于本领域普通技术人员来讲, 在不付出创造性劳动的前提下, 还可以根据这些附图获得其他相关的附图。

[0043] 图1为本发明实施例2图像修复示意图;



[0044] 图2为本发明工作流程图。

## 具体实施方式

[0045] 下面将结合本发明实施例中附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。通常在此处附图中描述和示出的本发明实施例的组件可以以各种不同的配置来布置和设计。因此,以下对在附图中提供的本发明的实施例的详细描述并非旨在限制要求保护的本发明的范围,而是仅仅表示本发明的选定实施例。基于本发明的实施例,本领域技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0046] 应注意到:相似的标号和字母在下面的附图中表示类似项,因此,一旦某一项在一个附图中被定义,则在随后的附图中不需要对其进行进一步定义和解释。

[0047] 实施例1:

[0048] 本发明通过下述技术方案实现,一种深度学习的图像修复方法,该发明应用于计算机视觉、生物认证、多模式交互和及其学习等领域,在图形学和计算机视觉领域,提出一种使用深度学习学习的方法对图像进行修复。

[0049] 应用深度学习学习,依赖预训练神经网络的幻想性来填补图像中的缺失,深度学习使用监督图像分类对每个图像都有一个特定的标签,并且通过一连串的基本操作运算来学习图像到标签之间的映射。所述对图像进行修复就是对图像上的信息残缺区域进行信息填充的过程,即通过深度学习的技术建立图像的先验模型和数据模型。

[0050] 本方法的图像修复和合成按照“图像到边缘”和“边缘再到图像”的整体思路,主要包含两个部分:边缘生成和图像合成。在此处,对着两个部分进行定义:

[0051] 边缘生成器:能够在图像确实区域产生“幻想边缘”,勾绘出图像的整体结构。

[0052] 图像补全网络:将缺失的图像模块与图像其余部分的颜色和纹理信息结合起来,以填充缺失的图像区域。

[0053] 如图2所示,本发明的提出的图像修复方法主要由四个步骤来实现:

[0054] 步骤S1:使用边缘生成器预测原始图像上遮盖区域的边缘映射。

[0055] 边缘生成器预测的原始图像的幻想边缘为:

[0056]  $S_{pred} = G(I_{gray}, S_{gt})$

[0057] 其中,  $S_{pred}$  表示图像的幻想边缘;

[0058]  $I_{gray}$  表示原始图像的灰度值矩阵;

[0059]  $S_{gt}$  表示原始图像的边缘映射。

[0060] 步骤S2:验证边缘生成器预测出的边缘映射是否真实。

[0061] 使用第一网络训练目标对边缘生成器预测出的边缘映射进行验证:

[0062]  $\max_G \max_D L_G = \max_G (\lambda_{adv} \max_D (L_{adv}) + \lambda_{FM} L_{FM})$

[0063] 其中,  $\lambda_{adv}$  和  $\lambda_{FM}$  为正则化参数;

[0064] 所述第一网络训练目标的方式包括对抗网络损失函数和特征匹配损失函数;

[0065] 所述对抗网络损失函数为:

[0066]  $L_{adv} = E_{(S_{gt}, I_{gray})} [\log D(S_{gt}, I_{gray})] + E_{I_{gray}} \log[1 - D(S_{gt}, I_{gray})]$

[0067] 所述特征匹配损失函数为：

$$[0068] \quad L_{FM} = E[\sum_{i=1}^L \frac{1}{N_i} \|D_i(S_{gt}) - D_i(S_{pred})\|]$$

[0069] 其中，L表示卷积层数， $N_i$ 表示第i层的元素个数， $D_i$ 表示第i层的第一网络训练目标的鉴别器。

[0070] 步骤S3：图像补全网络对真实的边缘映射进行图像修复和合成，剔除不真实的边缘映射。

[0071] 对真实的边缘映射进行图像修复和合成：

$$[0072] \quad I_{pred} = G^*(S_{gt}, S_{comp})$$

[0073] 其中， $I_{pred}$ 表示修复和合成的图像；

[0074]  $S_{comp}$ 表示将原始图像的真实边缘区域和破坏的幻想图像结合后生成的图像。

[0075] 步骤S4：验证图像补全网络修复和合成的图像是否真实。

[0076] 使用第二网络训练目标对图像补全网络修复和合成的图像进行验证：

$$[0077] \quad L_{adv} = E_{(S_{gt}, S_{comp})} [\log D^*(S_{gt}, S_{comp})] + E_{S_{comp}} \log[1 - D^*(I_{pred}, S_{comp})]$$

[0078] 所述第二网络训练目标的方式包括对抗网络损失函数和感知损失函数。

[0079] 所述对抗网络损失函数为：

$$[0080] \quad L_G = \lambda'_{adv} L'_{adv} + \lambda_p L_{perc}$$

[0081] 所述感知损失函数为：

$$[0082] \quad L_{perc} = E[\sum_i \frac{1}{N_i} \|\varphi_i(S_{gt}) - \varphi_i(I_{pred})\|]$$

[0083] 其中， $\varphi_i$ 表示第i层第二网络训练目标的激励函数。

[0084] 步骤S5：生成真实的图像，剔除不真实的图像。

[0085] 如图所示，当在若干的带有标签的图像上被训练后，深度神经网络具有卓越的分类表现，和超高的准确率。在输入层实施一个判别式预训练的神经网络来指导图像重建，其中深度神经网络的输出层在图像修复时被直接运用。

[0086] 正则化策略：

[0087] Total Variation (TV) norm是一种在保留图像边缘等重要细节的同时，去除不良细节的策略，由于Total Variation (TV) norm的保边性，在反问题如去噪、超分辨率等中被广泛用作正则化部件。

[0088] 深度神经网络正确的使图像中的图形形状完整，深度神经网络的幻想和正则化的结合完成了有效的图像恢复。在实际应用中，图像通常会被噪声腐蚀，这些噪声或是镜头上的灰尘或水滴，或是旧照片的划痕，或是图像遭到人为的图画如马赛克，或是图像本身部分损坏。如果我们想让这些收到破坏的图片尽可能恢复到原样，利用那些已经被破坏的区域边缘，即边缘的颜色和结构，根据这些图像留下的信息去推断被破坏的图片的信息内容，然后对破坏区进行填补，以达到图像修补的目的。

[0089] 实施例2：

[0090] 如图1 (a) 所示将原始图像特意标出来检验性能；如图1 (b) 所示对图像进行遮盖，

遮盖是对图像进行掩码,是单通道图像,大小跟原图像一致,图像上除了需要修复的部分之外其他部分的像素值全部为0;如图1(c)所示对遮盖后的图像采用扩散法会导致边缘丢失,并不能有效地重建损坏的图像;如图1(d)所示对遮盖后的图像利用深度学习学习能够正确地使图像中形状完整,可见深度学习学习的幻想性和正则化的结合完成了有效地图像恢复,最后对修补后的图像进行优化,比如对图像中物体的边缘轮廓进行完善。

[0091] 以上所述,仅为本发明的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应所述以权利要求的保护范围为准。





图1 (a)



图1 (b)



图1 (c)



图1 (d)

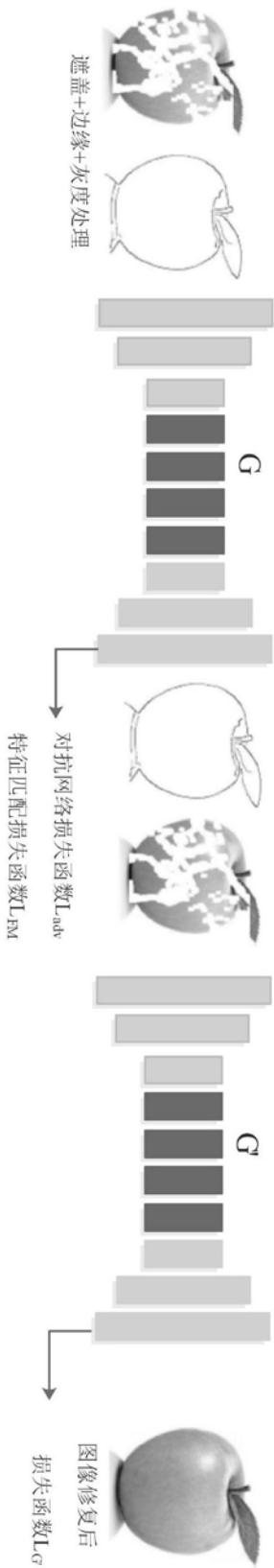


图2