研究生课程考试成绩单

（试卷封面）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 院 系 | 计算机科学与工程 | 专业 | | 计算机科学与技术 | | |
| 学生姓名 | 卓旭 | 学号 | | 212138 | | |
| 课程名称 | 图象分析与理解 | | | | | |
| 授课时间 | 2022 年 月至 2022 年 5月 | | 周学时 | 3 | 学分 |  |
| 简  要  评  语 |  | | | | | |
| 考核论题 | 《Gabor滤波器及其应用举例》 | | | | | |
| 总评成绩  （含平时成绩） |  | | | | | |
| 备注 |  | | | | | |

任课教师签名：

日期：

注：1. 以论文或大作业为考核方式的课程必须填此表，综合考试可不填。“简要评语”栏缺填无效。

2. 任课教师填写后与试卷一起送院系研究生秘书处。

3. 学位课总评成绩以百分制计分。

**Gabor滤波器及其应用举例**

《图象分析与理解》课程报告，212138 卓旭

**一、Gabor滤波器简介**

*本节对应代码在gabor\_1.ipynb*

Gabor滤波器以Dennis Gabor命名。它的形态使得它可以对点及其周围区域检测是否在特定方向上存在特定的频率组分特征。Gabor滤波器在数字图像处理领域的纹理分析、特征识别、特征构造、稀疏表示等方面有许多应用。

在二维空域中，Gabor滤波器可视为被一高斯函数调制的复正弦波

其中

是复正弦波，是虚数符号。在进行数字图像处理时，我们通常只使用的实部，即余弦

另外

是零均值的高斯函数包络。上面两式中，是进行旋转后得到的，

是逆时针为正的旋转角。参数称为Gabor滤波器的相移，参数可调节余弦波的频率，参数和可联合调节高斯函数的尺度。

综上，Gabor滤波器由五个参数共同确定，。在一维上直观地想象，Gabor滤波器的幅度类似下图：

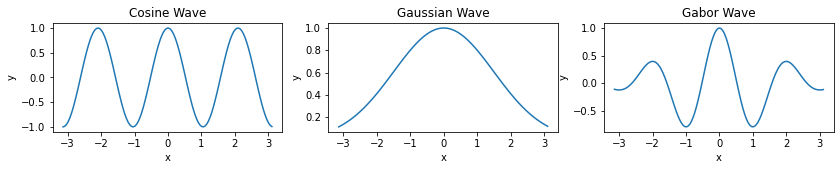


图 1 – 一维下余弦波、高斯函数以及调制后得到的Gabor波形

推广向二维，Gabor滤波器的形态是中间明亮、向外呈波动衰减的条带状。

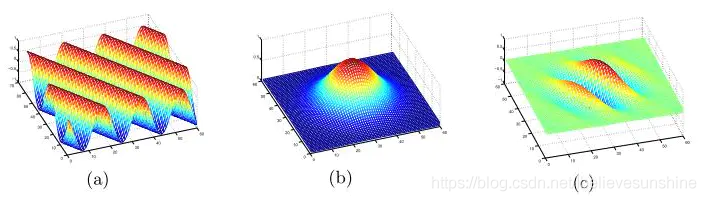


图 2 – 二维下余弦波、高斯函数以及调制后得到的Gabor波形 [https://blog.csdn.net/Ibelievesunshine/article/details/105113458]

为了更直观地理解各参数下产生的Gabor滤波器的不同效果，下面采用控制变量的方式进行探究。请注意下方生成的滤波器的离散化尺寸是根据*x*、*y*方向的等效值按标准决定的。

**旋转角**

固定，调节，结果如下，可见Gabor滤波器发生了旋转。

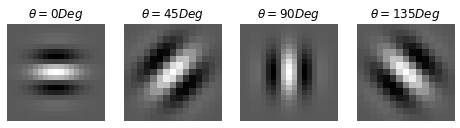


图 3 – 不同旋转角下的Gabor滤波器

**相移**

固定，调节，结果如下，可见Gabor滤波器的余弦波组分发生了相位变化，特别是当时，偶函数的余弦波变为奇函数的正弦波。

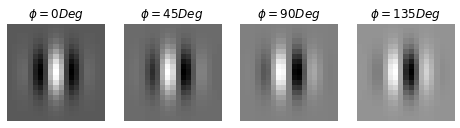


图 4 – 不同相移下的Gabor滤波器

**余弦波频率相关参数**

注意在分母上，故与余弦波频率呈反比。固定，调节，结果如下，可见Gabor滤波器的余弦波组分发生了频率变化。

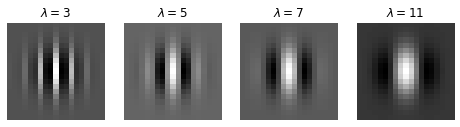


图 5 – 不同余弦波频率下的Gabor滤波器

**y方向展宽相关参数**

固定，调节，结果如下，可见随着增大，在y方向上高斯函数的展宽变窄，Gabor滤波器的能量分布范围也变窄。

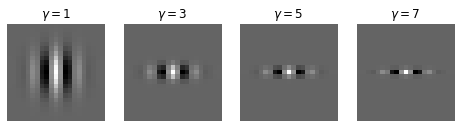


图 6 – 不同y方向展宽参数下的Gabor滤波器（离散化到同一尺寸）

**高斯函数展宽相关参数**

固定，调节，结果如下。可见随着的增大，高斯函数的展宽变大，有效囊括的余弦波的周期也就更多了。

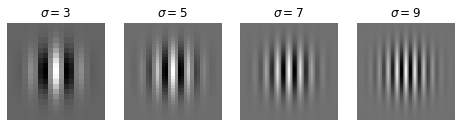


图 7 - 不同高斯函数展宽参数下的Gabor滤波器（离散化尺寸不一）

Gabor滤波器丰富的参数化使得它的形态能在许多方面富于变化，从而能够检测各种不同密集度、不同方向、不同尺度、不同宽度、不同亮暗相位的交替条带状纹理。特别地，将多个不同参数的Gabor滤波器组成一组Filter Bank，能实现更多、更精细的纹理相关操作。具体应用将在后文各节介绍。

我们还可以借助傅里叶变换从频域角度理解Gabor滤波器的特性，这里简单讨论。对于，其傅里叶变换为余弦函数频率处的双边冲激；对于，其傅里叶变换仍为高斯函数。在空域相乘等价于在频域卷积，因此Gabor滤波器的频谱是双边冲激与高斯函数卷积的结果。取一离散化的Gabor滤波器作离散傅里叶变换，得到对数幅度频谱如下图，符合预期。这表明Gabor滤波器一般情况下是一个带通滤波器：

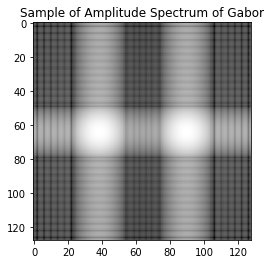
**

图 8 – Gabor滤波器的幅度频谱示例

**二、Gabor滤波器与纹理分析——以牛仔布瑕疵检测为例**

*本节对应代码在gabor\_2.ipynb*

牛仔布料上存在着大量重复出现的纹理特征。在牛仔布的加工过程中，有时会出现缺陷、瑕疵。为了检测出这些瑕疵，可以利用Gabor滤波器的响应特点，分析这些条纹状的纹理。



图 9 – 牛仔布料 [https://www.sohu.com/a/160691169\_368281]

从AITEX FABRIC IMAGE数据集中获取一张有瑕疵和一张无瑕疵的牛仔布料的拍摄结果（0081\_006\_04.png，使用同一台设备拍摄同种布料），如下所示：

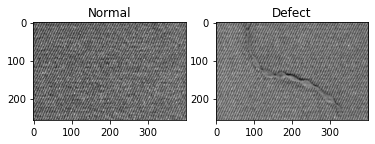


图 10 – 正常牛仔布料与有缺陷牛仔布料

使用的两个Gabor滤波器对两张布料图进行滤波（由于牛仔布的纹理比较密集，因此选用较小和），得到结果如下，然后对滤波后图进行方差计算和大津阈值分割：

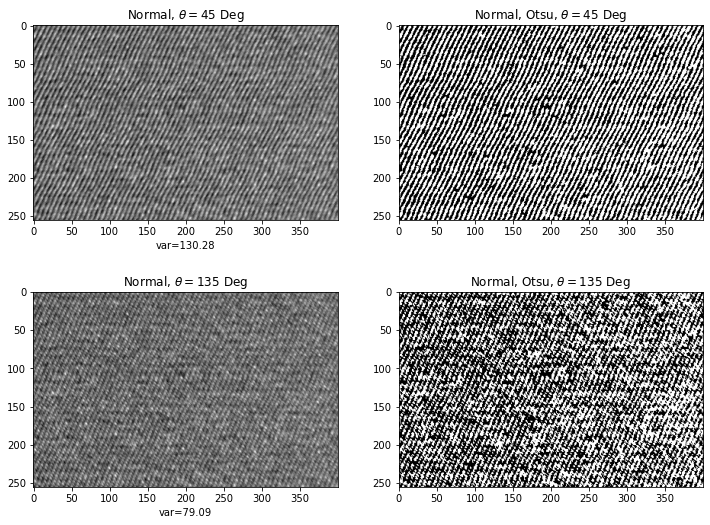


图 11 – 正常牛仔布的滤波结果

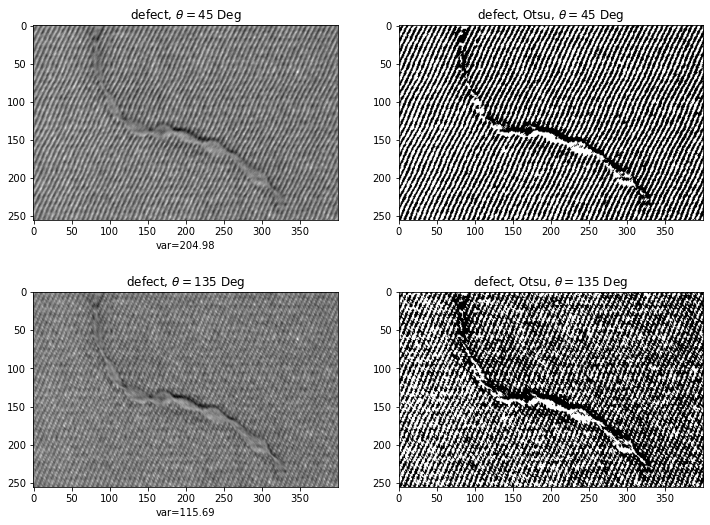


图 12 – 有缺陷牛仔布的滤波结果

可见，在应用Gabor滤波器后，牛仔布某一方向的纹理被提取出来，便于我们进行后续分析判断。使用一些简单的数值标准，可以通过如对比提取后得到的图像和参考图像的方差，超出一定量时就认为布料存在缺陷。进一步地，在得到的图像上应用大津阈值分割，由于缺陷处的响应明显不同导致值不同，从而可以进一步增强缺陷部位，为其他判别算法作预处理准备。更复杂、具体的做法有许多其他文献研究。

**三、Gabor滤波器与纹理提取——以图像汉字检测为例**

*本节对应代码在gabor\_3.ipynb*

汉字相比于英文字母，大部分在笔画结构上更加密集且复杂，这使得使用Gabor滤波器进行纹理特征提取成为可能。本节，我们尝试使用Gabor滤波器进行图像中的汉字提取，并说明Gabor滤波器对汉字进行特征构建的原理。

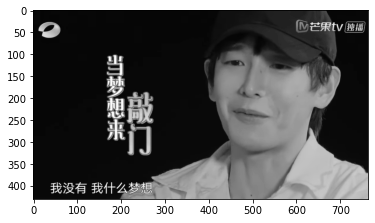


图 13 – 一张综艺节目的截图，转为灰度图像 [https://www.youtube.com/watch?v=6ZWLKsp\_DmU，《向往的生活6》第1期]

以上图为例，构造的Gabor滤波器组，得到四张滤波后结果图如下：



图 14 – 对综艺节目截图应用Gabor滤波器后的结果图

可见，对于比较丰满的汉字“当梦想来敲”以及下方的字幕和右上角的说明，在四张图上的响应都较大；对于简单的物体轮廓，如人脸、衣着等，响应很稀疏或者很低；对于不属于汉字的图形，如左上角的电视台台标，只在某一或两张结果图上有较大的响应。据此，可以设计后续算法截取出图像中的汉字部分。

Gabor滤波器组的特征检出能力还可以用于光学字符识别（OCR）。以下图的“惑”字为例，右边四张子图是不同下的Gabor滤波器响应，左上子图是原图，左下子图是右边四张子图的重组结果。可见，Gabor滤波器有效地将该汉字编码为四张子图描述的特征。可对大量汉字重复该操作，即可为每个汉字构建四个特征向量。后续采用一定距离度量求取新来的汉字与数据库中汉字的特征向量的相似性，即可完成字符识别任务。

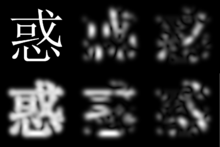
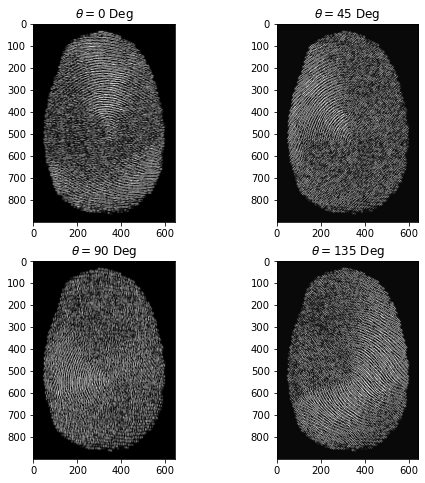
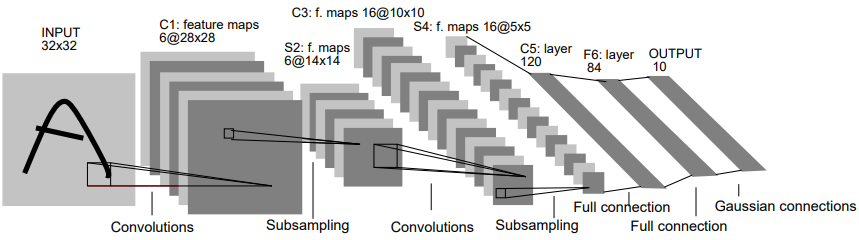


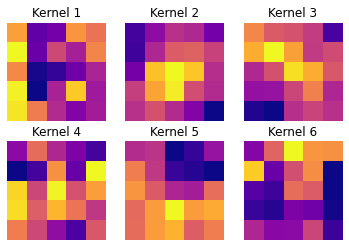
图 15 – 汉字“惑”及其Gabor滤波器结果 [https://en.wikipedia.org/wiki/Gabor\_filter]

****

**四、Gabor滤波器与深度学习——以卷积神经网络为例**

*本节对应代码在gabor\_5.ipynb*





**五、总结**

**参考资料**