

学校编码：10384

分类号_____密级_____

学号：31520111153182

UDC_____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

本征图像分解算法研究及其应用

Research on Intrinsic Image Decomposition Algorithm and Its Applications

郭银斌

指导教师姓名：潘伟 教授

专 业 名 称：计算机技术

论文提交日期：2014 年 月

论文答辩时间：2014 年 月

学位授予日期：2014 年 月

答辩委员会主席：_____

评 阅 人：_____

2014 年 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1.经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2.不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘要

本征图像分解是计算机视觉中的一个基础问题，给定一幅输入图像，需要分解出对应的反照率本征图和亮度本征图，早期的本征图分解算法 Retinex 算法模拟了人眼的光照不变性，获得了较好的分解结果，但是其忽略了人的双目的深度辨别能力。本文提出将深度图像信息与导数分类的 Retinex 相结合的本征图分解方法，解决了 Stereo Retinex 将深度信息与 Retinex 多层模型结合导致的在高层金字塔中丢失深度边界的问题，该方法结合深度信息对图像导数进行二分类，一类为反照率导数，一类为亮度导数，在导数分类完成后只需要通过积分的方式即可获得对应的反照率本征图和亮度本征图。实验结果表明该方法很好的提高了 Retinex 算法的精度。

本文将 Retinex 算法与 SIFT 算法进行了结合，提出新的特征点提取和匹配的 R-SIFT (Retinex SIFT) 方法，SIFT 等特征提取匹配算法在光照差异较大的两幅图中失效，但是本文实验结果表明 R-SIFT 在这些情况下仍然表现良好，表明 R-SIFT 具有更好的光照不变性。

文章最后给出了本征图分解的在车牌识别中的应用，车牌识别是智能交通系统的一个重要环节，其中车牌定位是车牌识别的基础环节，车牌定位的结果会对整个车牌系统产生重要的影响。传统的车牌定位方法在夜晚等光照恶劣的环境下均失效，本文中将 Retinex 本征图分解算法应用于车牌定位，在提取出的光照无关的反照率本征图上进行车牌位置的提取，很好的解决了投影分析法等传统车牌定位方法在光照较暗的环境下的失效问题。在定位车牌的基础上我们使用 R-SIFT 匹配的方法进行了嫌疑车辆预警识别，首先使用登记的车辆照片为基准进行车牌定位与 R-SIFT 特征提取，然后将提取的特征发往各个监测点，各个监测点对监测到的车辆进行车牌定位并提取特征，最后将该特征与收到的基准特征进行匹配，当匹配点数量达到一定阈值时，提示嫌疑车辆出现，不同的阈值可以表示事件的重要程度。

关键词：本征图分解；Retinex；SIFT；车牌识别

厦门大学博硕士学位论文摘要库

Abstract

Intrinsic image decomposition is a fundamental problem in computer vision, given an input image, corresponding reflectance and lightness image need to be decomposed. Early algorithm Retinex simulated the eyes' invariance to illumination, and achieved good results, but it didn't use the eyes' ability to identity depth. In our work we proposal to combine the depth information with derivative Retinex, it avoids the loss of depth edge information in high level pyramids used by Stereo Retinex, which combines depth information with multi-level Retinex. Our method classifies derivatives to two kinds, one is reflectance derivatives the other is lightness derivatives, once the derivatives are correctly classified, the reflectance and lightness image can be calculated using image integration. The experimental results show that this method improves the precision of original Retinex algorithm.

We also combined Retinex with SIFT algorithm and proposed a new image feature extraction and match method R-SIFT (Retinex SIFT), image feature extraction and match methods like SIFT fail when two images are taken under very different illumination, but experimental results show that R-SIFT performs well in these conditions, which means R-SIFT has better invariance to illumination .

In the final part of our work we give intrinsic image decomposition algorithm's application in license plate recognition, license plate recognition is an important part in intelligent traffic systems, in which license plate location is the basis of car plate recognition, its performance greatly influences the whole LPR system. Original license plate location methods fail in bad illumination conditions like the night condition. In our paper we combine Retinex with original license plate location method. We use the illumination invariant reflectance image to perform license plate location methods. And it solved the failure of original methods like the projection analysis method in bad illumination conditions. Based on the license plate location method we use R-SIFT match method to identify suspicious cars and gives an early

warning, first we use the registered car photos as standard to locate the car plate and performs R-SIFT feature extraction method on it, then we dispatch the standard features to different monitoring points, which performs the feature extraction procedure on cars detected, and finally it matches the detected feature with the standard feature it received, when the match number reaches a certain threshold, the system gives a warning that the suspicious car is detected, and different thresholds can be used to represent the importance of the event.

Key Words: Intrinsic image decomposition; Retinex; SIFT; LPR

厦门大学博硕士学位论文摘要库

目 录

摘 要.....	I
Abstract	III
第一章 绪论.....	1
1.1 本征图分解的概念.....	1
1.2 相关研究	2
1.2.1 Retinex 理论.....	2
1.2.2 图像序列法.....	4
1.2.3 其它本征图分解方法.....	8
1.3 本文研究内容.....	9
1.4 本文组织结构.....	10
第二章 本征图像库	11
2.1 本征图像库介绍.....	11
2.2 本征图像库的生成.....	11
2.2.1 拍摄图像法.....	11
2.2.2 亮度和反照率的分离.....	12
2.2.3 物体的精确定位.....	13
2.3 误差计算	14
2.4 算法比较	15
2.5 本章小结	17
第三章 使用深度信息的本征图分解.....	19
3.1 深度信息与 Retinex 多层模型.....	19
3.1.1 Stereo Retinex 介绍	19
3.1.2 相关背景.....	20
3.1.3 Stereo Retinex 算法	21
3.1.4 算法实现细节.....	22
3.1.5 实验.....	23
3.2 深度信息与导数分类的 Retinex	29
3.2.1 导数分类的 Retinex	29
3.2.2 深度边界的生成.....	31
3.2.3 结合深度信息的导数分类.....	32
3.3 本章小结	35
第四章 使用本征图像分解的 SIFT 特征提取.....	37

4.1 SIFT 算法	37
4.1.1 算法介绍.....	37
4.1.2 相关研究.....	37
4.1.3 构建尺度空间.....	38
4.1.4 检测并精确定位尺度空间极值点.....	39
4.1.5 去除不稳定的边缘响应点.....	41
4.1.6 分配特征点方向.....	43
4.1.7 特征点描述子生成.....	43
4.1.8 特征点匹配.....	44
4.2 Retinex 和 SIFT (R-SIFT)	45
4.2.1 R-SIFT 概述	45
4.2.2 使用本征图像数据库进行验证.....	46
4.2.3 R-SIFT 的实现	51
4.2.4 在 Phos 图像数据库中的验证.....	53
4.3 本章小结	58
第五章 Retinex 车牌定位与 R-SIFT 车牌匹配	59
5.1 车牌定位与识别的意义	59
5.2 车牌定位方法分类.....	60
5.3 投影分析法	61
5.3.1 图像灰度化.....	61
5.3.2 图像二值化.....	62
5.3.3 图像边缘检测.....	64
5.3.4 定位结果.....	64
5.4 Retinex 与车牌定位.....	65
5.4.1 夜光下投影分析法失效.....	65
5.4.2 使用 Retinex 的车牌定位	65
5.5 R-SIFT 车牌匹配.....	68
5.5.1 车牌匹配方法框架.....	68
5.5.2 R-SIFT 匹配实验结果	68
5.6 本章小结	73
第六章 总结与展望	75
6.1 本文总结	75
6.2 展望.....	76
参 考 文 献	77
附录 攻读硕士期间发表的论文	83
致 谢	85

Table of contents

Abstract in Chinese.....	I
Abstract in English	III
Chapter 1 Introduction.....	1
1.1 The concept of intrinsic image decomposition.....	1
1.2 Related research.....	2
1.2.1 Retinex theory.....	2
1.2.2 Image sequence method.....	4
1.2.3 Other intrinsic image decomposition methods.....	8
1.3 Research Contents of this paper	9
1.4 Structure of this paper.....	10
Chapter 2 Intrinsic Image Dataset	11
2.1 Introduction to intrinsic image dataset.....	11
2.2 The generation of intrinsic image dataset.....	11
2.2.1 Photographing method	11
2.2.2 Separation of lightness and reflectance.....	12
2.2.3 The precise positioning of objects	13
2.3 Error metric.....	14
2.4 Algorithm comparison	15
2.5 Chapter summary	17
Chapter 3 Intrinsic Image Decomposition with Depth Information	19
3.1 Depth information and multi-level Retinex.....	19
3.1.1 Stereo Retinex introduction	19
3.1.2 Related backgrounds	20
3.1.3 Stereo Retinex algorithm	21
3.1.4 Implementation details.....	22
3.1.5 Experiments	23
3.2 Depth information and derivative Retinex.....	29
3.2.1 Derivative Retinex	29
3.2.2 The generation of depth edge.....	31
3.2.3 Derivative classification with depth information.....	32
3.3 Chapter summary	35
Chapter 4 SIFT with Intrinsic Image Decomposition	37

4.1 SIFT algorithm	37
4.1.1 Introduction.....	37
4.1.2 Related research	37
4.1.3 Build scale space.....	38
4.1.4 Detect and precise locate scale space extremum	39
4.1.5 Removal of unstable edge response features	41
4.1.6 Direction distribution of feature points.....	43
4.1.7 Feature point descriptor generation.....	43
4.1.8 Feature point matching	44
4.2 Retinex and SIFT (R-SIFT)	45
4.2.1 R-SIFT introduction.....	45
4.2.2 Validation on intrinsic image dataset	46
4.2.3 R-SIFT implementation	51
4.2.4 Validation on Phos image dataset	53
4.3 Chapter summary	58
Chapter 5 Retinex License Locate and R-SIFT License Match	59
5.1 Significance of license plate location and recognition.....	59
5.2 Classification license plate location methods.....	60
5.3 Projection analysis method	61
5.3.1 Grayscale image.....	61
5.3.2 Binary image.....	62
5.3.3 Image edge detection	64
5.3.4 Location results.....	64
5.4 Retinex and license plate location.....	65
5.4.1 Projection analysis method fails in the night	65
5.4.2 License plate location using Retinex	65
5.5 R-SIFT and license plate matching	68
5.5.1 Structure of license plate matching methods	68
5.5.2 Experimental results of R-SIFT matching	68
5.6 Chapter summary	73
Chpater 6 Conclusion and Future Work	75
6.1 Conclusion	75
6.2 Future work	76
References.....	77
Appendix:My Published Paper	83
Acknowledgements	85

第一章 绪论

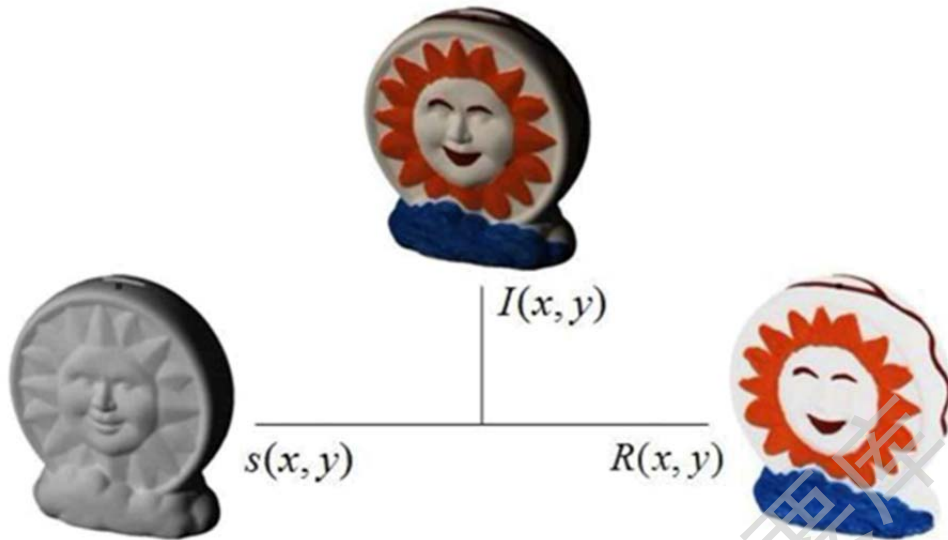
白天人们观察到树叶是绿的，花是红的，到了晚上人们仍然看到树叶是绿的，花是红的，尽管晚上比白天的光照弱很多，但是人眼对物体颜色的感知却没有改变。这一现象说明人眼对于物体颜色的感知是不受光照影响的，事实确实如此。物体在人眼中所呈现的图像依赖于外界的光照等环境和物体的本质属性，如场景的光照、物体表面的形状、物体的材质等。同样与人眼类似的照相机所获得的图像也与这些因素相关，照相机所获得的图像中的每个像素点值都是由这些属性所表示的信息经过各种复杂的交互融合在一起，在这些属性中，最为重要的是亮度（shading）和反照率（reflectance）这两种。其中亮度对应环境中的光照信息，反照率对应于物体的材质信息，即物体对光照的反射特性，反照率主要表现为物体的颜色信息。人眼在白天和晚上对于树叶和花的颜色有相同的认识，正是由于人眼具有从进入其中的图像提取出反照率部分的能力，因此人眼对于物体颜色的认识具有光照不变性。在大量的视觉研究与应用中如果能将图像的亮度部分和反照率部分分开，然后进行相应的视觉计算那么将获得更好的结果。例如在进行图像分割时如果先提取出图像的反照率部分，获得一幅没有阴影的图像，然后在用普通的分割算法进行分割，那么可想而知必然会获得更好的分割结果。本征图像分解最早由 Barrow 和 Tenenbaum^[1]在 1978 年提出，本征图像求解问题就是从图像出发，恢复所有像素点对应的场景中的亮度和反照率信息，分别形成亮度本征图和反照率本征图。

1.1 本征图分解的概念

如果物体表面为琅勃平面，同时环境中的光为白色，那么使用一个标量 s 就可以表示图像中的像素信息，即：

$$I = sR \quad (1.1)$$

其中 I 为输入的三通道原始图像， s 为 I 对应的亮度本征图； R 为 I 对应的反照率本征图；本征图像的提取问题就是要通过原图 I 来求解未知的亮度本征图 s 和反照率本征图 R ，如图 1.1。

图1.1 输入图像 I 分解为亮度本征图 s 和反照率本征图 R

1.2 相关研究

1.2.1 Retinex 理论

对本征图像的最早研究可以追溯到 Land 和 McCann^[2]对人类光线感知的研究，他们发现在观察场景的时候，人类的视觉系统为了正确判断物体表面的反照率会试图去掉场景中的亮度信息。通过对人类视觉系统 Retina 和 Cortex 的研究，他们提出了最早的用于分解本征图的方法 Retinex 算法^[2, 3]，最初展示这一理论时，Land 和 McCann 假设了一个蒙德里安的理想世界，蒙德里安世界是指图像满足局部一致性。这一特性是指图像是由反照率不同的图像块拼贴而成。同时图像块被缓慢变化的光照所照亮。每个图像块的真实反照率可以用图像 \log 域上的导数通过积分计算得到，结果只差一个积分常数因子。基于这些假设那么图像的亮度变化将比较缓慢，由此得到了 Retinex 理论最核心也是目前最有用的假设，一个大的导数很有可能意味着两个图像块边界处的反照率的变化，另一方面，图像上比较小的导数很有可能是由亮度变化引起。每一个图像块的反照率是用反照率导数的重积分恢复得到。Retinex 理论最初是以一维的方式进行计算的，Horn^[4]提出了 2 维图像上的 Retinex 方法。Finlayson^[5]等把同样的方法用到了图像的阴影移除算法中。即通过彩色计算比色信息，然后将这些信息用于寻找由阴影引起的

导数，然后将这些由阴影引起的导数设置为 0，用剩下的导数进行分类处理，将其分类为反照率导数或亮度导数，然后再进行积分，就可以得到不含阴影的图像。

模拟人眼的这种特性 E.Land^[6, 7]提出了 Retinex 理论，Retinex 理论认为人眼的视网膜 Retina 中有三种感受不同频段光照的感受层，这三个频段分别为长波、中波和短波频段，可以认为他们分别对应 R、G、B，人眼对某一像素点的颜色值的感知是通过这三种信息的对比产生的，这就要求人眼获得的最终的 R、G、B 值分别是光照无关的。Retinex 理论认为当不同频段的感受层获得一幅该频段的像素信息时，大脑中的角质层 Cortex 会对这幅图中的信息进行某种处理，使得最终进入大脑的信息与光照无关，并且 Land 等人采用 Ratio-Product-Reset-Average 模型来模拟人眼的这种处理过程，最终获得了与人眼这种功能类似的结果。正是由于 Retinex 理论模仿了 Retina 和 Cortex 的行为因此 Land 等人将其称为 Retinex (Retina+Cortex 的缩写) 理论。

为了简化和更直观的展示，实验中采用蒙德里安画布进行计算，并且假设光照的变化是缓慢的，这一模型的思想是，为了获得各个区域的反照率值，首先计算每个点与其周围点的像素值的比值，由于光照变化是缓慢的，因此这个比值可以认为就是反照率的比值，当在图中沿着某一路径连续进行这一比值的计算，那么就可以得到路径起点和终点的反照率比值，当有足够多条这样的路径，覆盖图中所有点的时候，那么就可以得到所有点的相对反照率比值，此时设定最大的那个为 1 或其它值，其它的点反照率值可以通过其与最大值点的比率计算获得。图 1.2 展示了一条路径的计算。由图可以看出，这一模型正是通过计算路径上点的比值 Ratio 然后在将其相乘 Product，当遇到比值超过预设的最大值时进行 Reset，然后某一点的最终反照率值是通过多条路径获得的值的平均 Average，因此称其为 Ratio-Product-Reset-Average 模型。

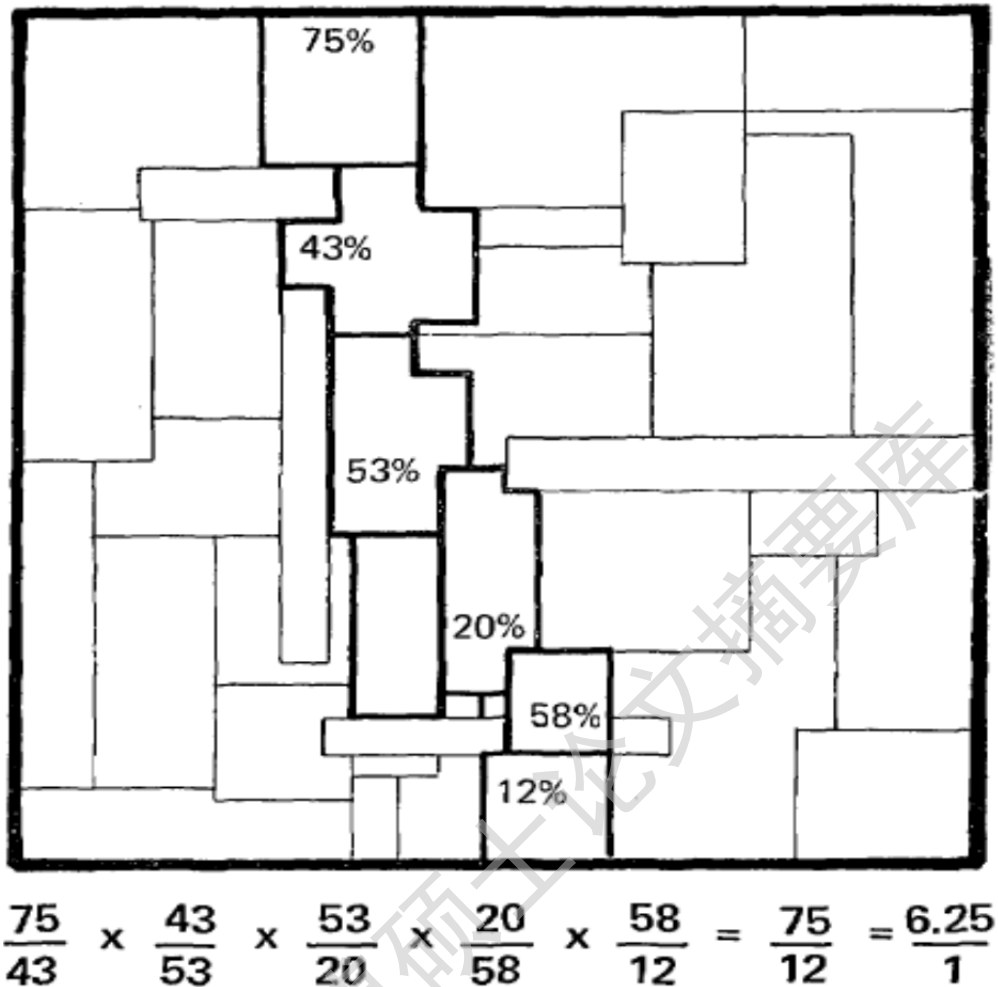


图 1.2 一条路径的计算过程

1.2.2 图像序列法

Weiss^[8]在论文中研究了本征图分解问题的一个简化方面，如果已有同一场景在不同光照下的一个图像序列，那么可以在获得这一序列图像的基础上求解亮度本征图和反照率本征图。这种方法基于自然图像中存在的一个普遍统计规律：如果对自然图像进行梯度滤波处理，那么滤波的结果是稀疏的。在研究大量自然图像梯度滤波结果分布规律的基础上发现，图像的梯度滤波结果与拉普拉斯分布最为接近，因此假设亮度图的梯度滤波结果的先验分布为拉普拉斯分布，那么使用极大似然估计的方法即可分解出亮度本征图和反照率本征图。自然图像中，同一个场景的阴影是在不断变化的，随着时间的推移阴影将移动到不同的位置，因此同一场景的一系列图形中的阴影边缘不会在所有图像中出现在同一个位置，利用这个规律，可以认为反照率梯度是所有图像梯度的中位数。尽管 Weiss 的方法

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库