



光学学报

Acta Optica Sinica

ISSN 0253-2239, CN 31-1252/O4

《光学学报》网络首发论文

题目：基于深度学习的区域背光亮度提取方法
作者：张涛，曾琴，杜文丽，王昊
收稿日期：2020-06-15
网络首发日期：2020-09-21
引用格式：张涛，曾琴，杜文丽，王昊. 基于深度学习的区域背光亮度提取方法[J/OL]. 光学学报. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1252.O4.20200918.1437.008.html>



网络首发：在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认：纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

基于深度学习的区域背光亮度提取方法

张涛^{1,2}, 曾琴^{1,2*}, 杜文丽^{1,2}, 王昊^{1,2}

¹ 天津大学电气自动化与信息工程学院, 天津 300072;

² 天津大学德州仪器 DSP 联合实验室, 天津 300072

摘要 随着生产技术的不断成熟, 产业链的不断完善, 新技术的不断融合, 液晶显示器成为平板显示市场最畅销的设备。为降低显示设备的功耗, 提高显示动态范围, 区域调光技术应运而生, 其中提取最佳背光尤为重要。当下许多算法已经被用来提取背光, 然而, 现有算法的性能取决于特定的图像亮度水平或对比度类型。在分析现有算法的优缺点的基础上, 本文尽可能考虑各种类型的图像, 并基于 LED-LCD 直下式图像视频显示原理样机, 提出了一种可靠有效的区域背光提取的数据测量方法及系统, 并且提出了一种高效实用的基于深度学习的背光提取方法。该方法基于神经网络采用多层下采样结构, 综合提取图像特征, 获得最优的背光。实验结果表明, 该方法可以提高图像显示质量和动态范围, 而网络结构中无旁路的对比实验结果验证了所提方法的优越性和有效性。

关键词 液晶显示; 区域调光; 神经网络; 背光提取

中图分类号 0436 **文献标志码** A

Local Dimming Backlight Extraction Algorithm Based on Deep Learning

Zhang Tao^{1,2}, Zeng Qin^{1,2*}, Du Wenli^{1,2}, Wang Hao^{1,2}

¹ School of Electrical and Information Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China

² Texas Instruments DSP Joint Lab, Tianjin University, Tianjin 300072, China

Abstract With the continuous maturity of the production technology, the unceasing improvement of the industrial chain and the incessant integration of new technologies, liquid crystal display (LCD) has become the best-selling device in the flat panel display market. In order to reduce the power consumption of display equipment and improve the display dynamic range, local dimming technology emerged, and it is important to extract the best backlight. Many algorithms have been used to extract backlight, however, the performance of existing algorithms depends on a particular image brightness level or contrast type. On the basis of analyzing the advantages and disadvantages of the existing algorithm, considering the various types of images as far as possible, and based on the LED-LCD direct-down prototype, this paper proposes a reliable and effective local backlight extracted data measurement method and system, and puts forward an efficient and practical backlight extraction method based on deep learning. The network adopts a multi-layer down sampling structure to extract image features comprehensively and obtain the optimal backlight. The experimental results show that the proposed method can improve the image display quality and dynamic range. The results with/without bypasses verify the superiority and effectiveness of our approach.

Key words liquid crystal display; local dimming; neural network; extract backlight

基金项目: 国家自然科学基金(61350009, 61179045)、华为创新研究计划(H02018085418)

*E-mail: zengqin@tju.edu.cn

1 引言

随着对显示器件需求的不断增加,开发高色域、高对比度、低功耗的高品质液晶显示器件^[1-2]已成为当务之急。传统液晶显示器采用全局调光技术,节能效果较差。当图像中存在亮暗明显的区域时,为了保证明亮区域的显示效果,不能将背光值降低太多,限制了调光后图像的动态范围,全局调光还有严重的光泄漏现象。为了解决上述问题,尽可能提高动态范围,提出了区域调光技术^[3-5]。对于静态图像,动态范围定义为从最暗区域到最亮区域的范围。目前主流的液晶显示器(Liquid Crystal Display, LCD)由两部分组成:发光二极管(Light Emitting Diode, LED)背光模块和液晶(Liquid Crystal, LC)前屏液晶模块。LC面板本身是非自主发光器件^[6-7],设备在背光和LC面板图像的联合作用下显示图像。液晶显示器采用液晶前面板与背光模块组合显示,根据光学理论,液晶器件所能呈现的总动态范围是背光光学系统和液晶屏光学系统动态范围的乘积^[8]。

区域调光背光提取算法有很多,包括最大值法^[9]、平均法^[10]、均方根法^[11]、累积分布函数法(Cumulative Distribution Function, CDF)^[12]、映射函数反转法(Inverse of Mapping Function, IMF)^[13]、误差修正法(亦称查表法, Look Up Table, LUT)^[14]和基于动态阈值的最大类间方差法(Otsu 法)^[15]等。最大值法保留了大部分的图像细节,具有较高的图像质量,但是会导致过度的功耗。平均法与最大值法相比,该方法功耗低,但失真严重。查表法使用一个映射函数矫正最大值法和平均法之间的区别,构建查找表来确定相应背光亮度的,适用于较暗的图像,但对于高亮度图像和高对比度的图像存在严重失真。CDF 法和 IMF 法对于高亮度的图像,调光后的图像质量较好,但对于低亮度的图像,图像会出现明显的失真。Otsu 法基于大津法^[16](亦称最大类间方差法),根据分区的灰度直方图自适应选择合适的阈值,该阈值确定了背光源调光系数,从而确定了背光源调光的灰度级,最终得到背光源亮度值,显著降低了功耗,但对于高亮度图像仍存在严重的失真。此外,其他一些优良区域调光算法也相应被提出,如文献[17]提出了一种基于直方图和图像特征的自适应区域调光算法。文献[18]提出了一种以 RGB 三基色 LED 做背光源的区域调光算法。文献[19]提出了一种用于侧入式背光的区域背光算法来降低背光源的能耗。然而,特定算法适用于具有一定亮度等级或对比度类型的图像,此外,现有的背光提取算法并不能有效地提高图像的对比度,往往会造成图像细节的丢失,所以需要一种更为综合高效的背光提取方法。

目前,深度学习在计算机视觉领域取得了显著的成果,包括图像识别、图像分类、图像特征提取等应用,如图像融合^[20-21]、超分辨率图像生成^[22-23]、目标检测^[24-25]等。在区域调光技术方面,文献[26]提出的一种基于深度学习的区域调光像素补偿算法,直接从输入图像中生成补偿图像,而不需要任何背光调光电平的信息,提出的补偿网络是在 u-net 网络模型的基础上构造的,通过跳跃连接保持上采样路径的高分辨率特征。此方法可以独立于背光调节而进行像素补偿,但由于没有考虑背光部分,背光的调节对整体显示效果的影响是无法衡量的。本文基于深度学习,将卷积神经网络(Convolutional Neural Network, CNN)应用于区域调光技术,针对当前区域调光领域缺乏相应的数据集,基于 LED-LCD 直下式图像视频显示原理样机,考虑各种类型的图像,提出一种可靠有效的区域背光提取的数据测量方法及系统,进而提出一种基于 CNN 的最佳显示质量背光提取方法,根据实际图像内容确定最佳背光,提高图像对比度,同时保留更多细节,从而提高了显示性能。

2 基于深度学习的背光提取方法

2.1 数据集建立

对于某一任务,适用于此任务的数据集能满足任务目标的需求,包含了任务所需要的各种特征,然而当前区域调光领域缺乏合适的数据集,这阻碍了 CNN 在区域调光技术中的应用。针对深度学习在区域调光技术方面鲜有文献发表,并且基于深度学习的区域背光显示技术不存在可用的数据库,本文采用团队研制的一台基于 LED-LCD 直下式图像视频显示原理样机^[27]建立数据集。该样机的屏幕尺寸为 47 寸,屏幕比例为 16:9,分辨率为 3840×2160 ,对比度 4000nits, HDMI 数字接口,其背光模组采用的是白光 LED 分区背光,共划分 36×66 个分区,背光面板分为 9 块,每块背光板为 264 个背光单元,按 12×22 的方式均匀排布。在已有测量设备中,一个背光灯对应一个图像块,图像分区为 36×66 ,输入图像大小为 1920×1080 。收集 1080×1920 分辨率静态场景图像 600 张,其中室内场景图像 150 张,室外场景图像 150 张,人物场景图像 120 张,其他场景图像 180 张。

一种用于深度学习处理的区域背光提取的数据测量方法及系统如图 1 所示,测量方法由下面各步骤组成:

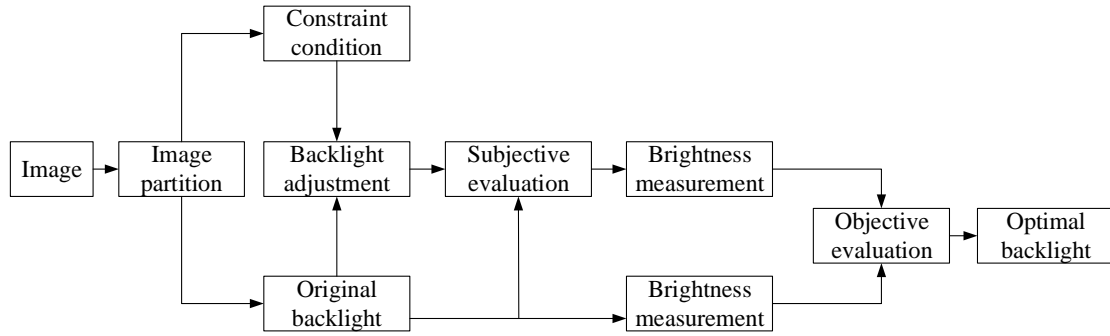


图 1 区域背光提取的数据测量方法及系统结构图

Fig. 1 Measurement method and system structure diagram of local backlight extraction

1. 将区域调光算法中的一种背光提取方法作为基准算法生成原始背光；

2. 考虑整个图像的背光，根据图像亮度和对比度类型选择对应的分界方法计算改变原始背光的分界点，在我们的前期工作中^[28-29]，我们使用均值加减方差法计算分界点，而经过大量实测之后，我们发现由于不同类型图像存在不同图像特征，同一分界方法不能适用于所有类型图像，如高亮图像使用均值加减方差法时图中亮度较暗区域会因为亮度调整不当而失真，本文考虑不同亮度图像存在不同特征从而使用不同分界方法进行处理，对于亮度较暗和中等的图像，计算分界点时适用于均值加减方差法，对于高亮图像，计算分界点时适用于百分比分界法，算法流程图如图 2 所示；

3. 改变背光值，由于人眼观察亮度变化存在限制，而且常用图片亮度级为 256，即 8bit，所以改变背光时，在原始背光基础上，按照比特数对应的亮度级进行加减，同时，为了减少背光在增减数值过大时而产生的失真，优化的背光值应在一定约束条件下获得，此约束条件是将多种传统背光提取算法计算出的各分区最大值和最小值作为约束，本文使用最大值法、平均法、CDF 法、PSNR 法、高斯法、误差修正法和 Otsu 法作为约束算法；

4. 主观评价确定更优背光，参考文献[30]的方法设计，邀请 20 名年龄介于 20 和 30 的志愿者参与其中，为了减少外界光线的干扰，对显示图像的主观评价是在暗室中进行的，20 名志愿者在同一环境下通过 LED-LCD 直下式图像视频显示原理样机的显示情况进行主观评价，对于每幅图像，受试者只需选择人眼能明显察觉出来且图像在不失真的情况下显示质量最佳的背光矩阵，对于上述多组背光，多人观察显示效果并选定效果最优的背光进行投票，累计投票数，得票最多的背光为更优背光；

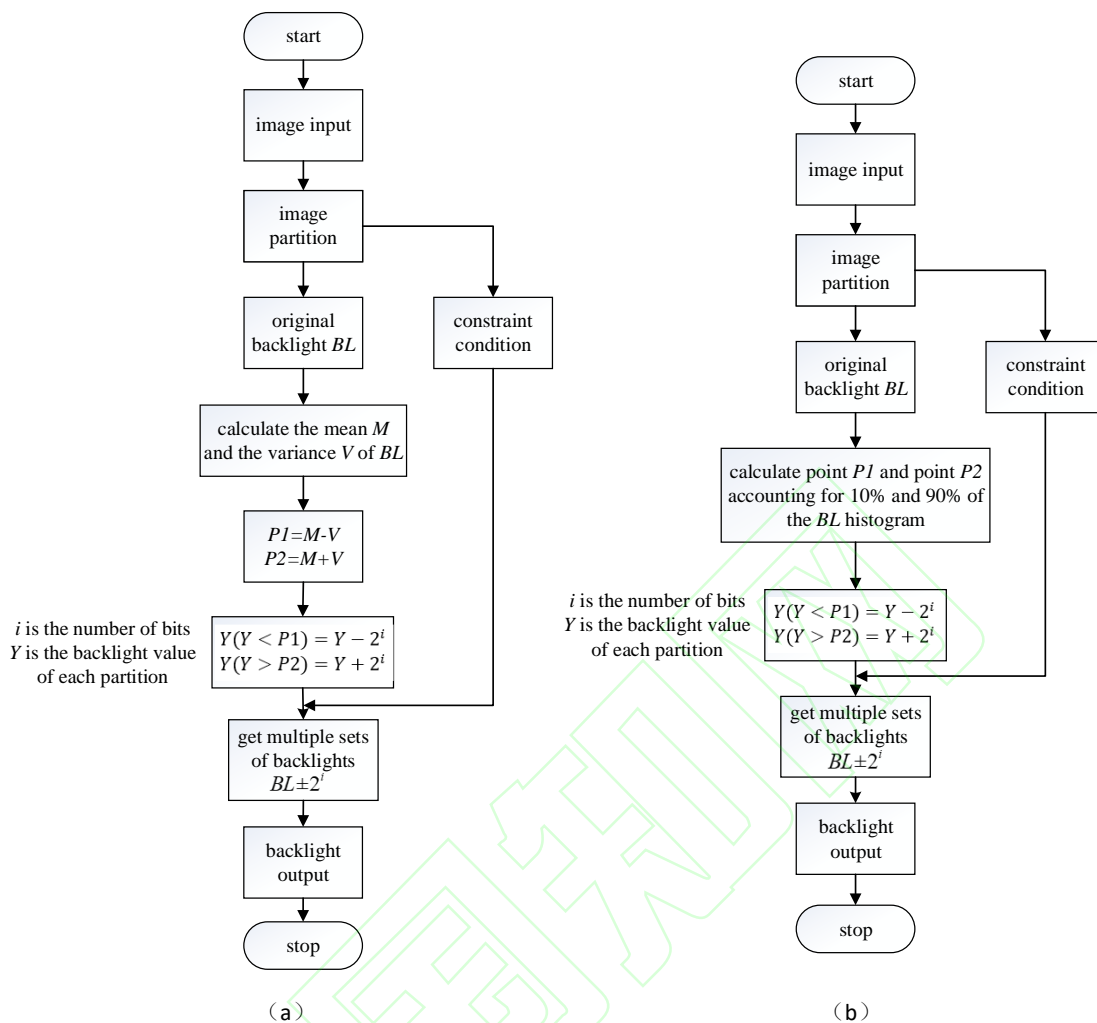


图2 分界法流程图 (a) 均值加减方差法, (b) 百分比分界法

Fig. 2 Flowchart of dividing method (a) mean plus or minus variance method, (b) percentage dividing method

5. 分别测量使用原始背光的显示亮度和使用更优背光的显示亮度, 连接电脑进行测试和提取数据, 通过使用亮度计的标配软件, 可从电脑控制仪器进行测量, 通过软件查看测量图表和数据等, 并进行保存, 为了减少数据测量时外部光线的干扰, 测量时在暗室环境下操作, 区域背光提取测量系统如图3所示;

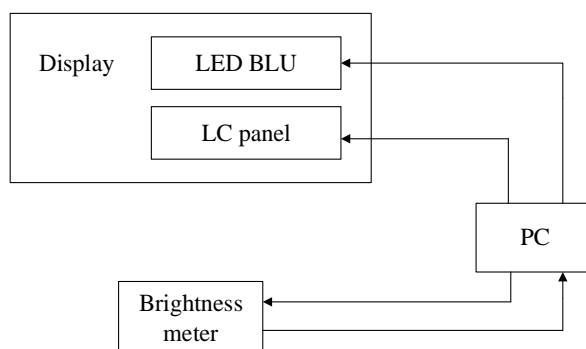


图3 区域背光提取测量系统

Fig. 3 The measurement system of local backlight extraction

6. 用图像对比度和亮度动态范围作为客观评价指标对原始背光和更优背光进行客观质量评价确定最优背光。

本文采用 CX-2B 成像面亮度计进行亮度测量。分别使用电脑控制 LED-LCD 直下式图像视频显示原理样机和 CX-2B 成像面亮度计, 通过电脑控制显示原理样机进行图像和背光输入以显示图像, 与此同时电脑连接面亮度计, 通过使用标配软件对显示原理样机的显示图像进行测量, 测量距离约 6.5m, 测量仪器水平放置, 调整焦距使显示屏全部包含在测量范围内。为了减少外部光照的影响, 实验过程在暗室环境下操作, 其测量环境如图 4 所示。CX-2B 成像面亮度计测量亮度范围为 $0.001\text{cd}/\text{m}^2$ – $2000\text{cd}/\text{m}^2$, 其可以实现单点亮度、多点亮度、区域、亮度均匀性分布伪彩色图等其测量效果, 一次取样, 相当于数百万个以上的微亮度计同时工作, 能进行快速测试, 当设置特定点测试时, 可得到显示图像的特定位置亮度。

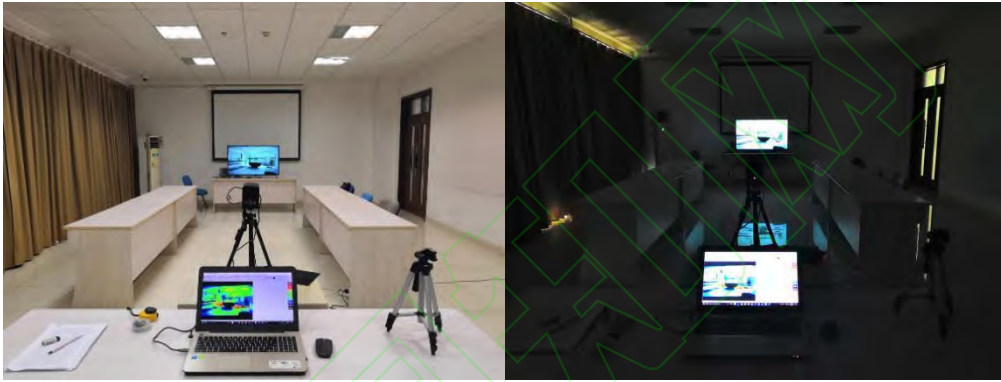


图 4 区域背光提取测量环境

Fig. 4 The measurement environment of local backlight extraction

2.2 网络模型

基于 LED-LCD 直下式图像视频显示原理样机建立了适用性强且显示效果优越的数据集, 数据集由室内、室外、人物、动物等各种场景图像组成, 包含了不同亮度等级和不同对比度等级的图像, 囊括了各种图像特征, 数据集中一张图像对应一组最优背光, 在此数据集基础上, 为了获得一种相比于传统背光提取方法更为有效的背光提取方法, 试图将深度学习引入区域调光技术中, 为此提出一种基于卷积神经网络的背光提取方法。本文提出的一种基于深度学习的液晶显示器背光提取神经网络 (Backlight Extraction Neural Network, BENN) 算法, 其区域调光系统的示意图如图 5 所示。该网络采用多层下采样结构, 综合提取图像特征, 获得最佳背光。LED 光源是一种非相干光源^[31], 所以在确定每个分区的背光亮度后, 为了保证减少背光调整后显示图像的亮度和效果, 需要考虑 LED 背光模块中光的扩散效应, 采用改进的模糊-扩散方法 (Improved Blur Mask Approach, IBMA)^[15], 针对不同类型的背光块采用不同的低通滤波模板建立背光扩散模型, 以更好地平滑背光信号边缘的背光扩散, 提

高像素补偿的精度。像素补偿部分采用非线性补偿方法，在线性补偿方法的基础上引入伽马校正，通过逐步减小像素补偿曲线的变化趋势来减小像素的溢出畸变，其定义如式 1。

$$\begin{cases} I_{cp} = I_{in} \times (\frac{BL_{full}}{BL})^{1/\gamma}, & \text{if } I_{cp} \leq 255 \\ 255, & \text{if } I_{cp} > 255 \end{cases}, \quad (1)$$

其中， BL 为背光扩散后像素所对应的背光亮亮度值， BL_{full} 为背光全亮时的背光亮亮度值，一般 $BL_{full}=255$ ， I_{in} 为原始图像的像素亮度值， I_{cp} 为补偿图像（也称 LC 面板图像）的像素亮度值。

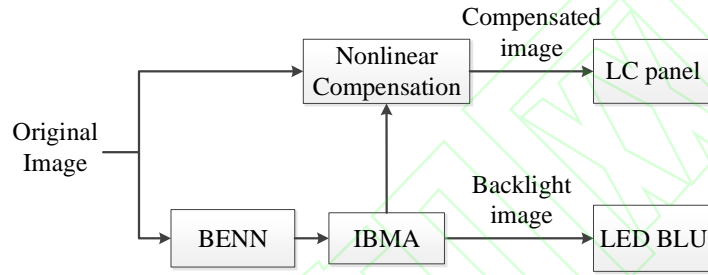


图5 基于深度学习的区域调光系统框图

Fig. 5 Diagram of the proposed local dimming system

一种背光提取神经网络 BENN，该神经网络结构主要由若干降采样层组成，主要是基于多个卷积层，使得网络输出图像为 $M \times N$ ，其中 M 和 N 为输出图像的高度和宽度。由于网络输入是分辨率较大的图像，例如高分辨率 1080×1920 图像，而网络输出是对图像分区后得到的分辨率较小的背光图像，具体来说，我们的输出图像的高度和宽度是 36×66 ，所以网络设置 5 个降采样层，如图 6 所示，网络结构包括 5 个 Res module 模块，如图 7 所示，以及紧随其后的 4 个最大池化层(Max-polling)。输入图像每经过一次降采样，图像在尺寸上降低一定大小，经过 5 次采样后，图像接近于目标输出图像大小。神经网络中最重要的模块是卷积层，卷积层将神经网络中每一小块进行深入分析并且获得抽象度更高的特征，而池化层相当于是对上层特征图的宽度和高度进行降采样，通过池化可以减少下一层节点数量，从而减少网络模型参数的数量。调整大小层(Resize)执行图像调整大小的操作，使得经过多次采样后的图像大小为目标输出图像大小 36×66 。在卷积层传输信息时，存在信息或多或少信息丢失和成本过大等问题，因此在网络中引入旁路分支^[32]，通过将输入信息传递给输出，保护了信息的完整性，简化了学习目标和难度，而且解决了网络加深的过程中梯度会逐渐消失的问题。每个 Res module 由三个连接的 3×3 卷积和一个旁路的 5×5 卷积组成，而 1×1 卷积操作使得输出通道数都为 1。对 BENN 进行更新，使网络预测的背光图像与对应的真实

背光图像即最优背光之间的差异最小化。

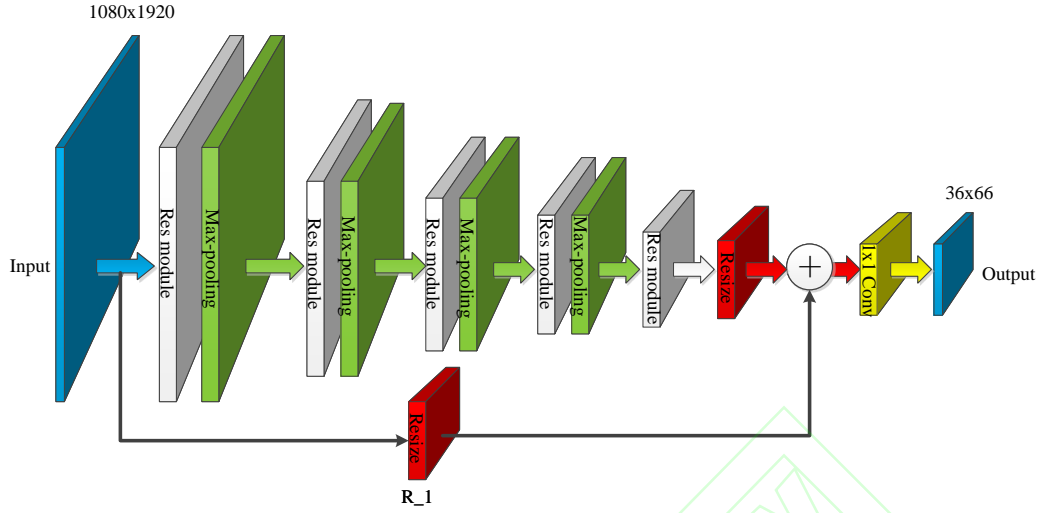


图 6 所提 BENN 结构

Fig. 6 The structure of BENN

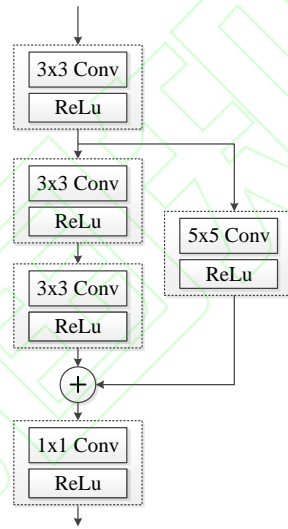


图 7 Res module 模块

Fig. 7 The structure of Res module

2.3 损失函数

式 2 定义的均方误差 (Mean Square Error, MSE) 可以表示图像失真的程度，它在图像处理的许多领域被确定为损失函数。

$$MSE = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \left(Y_{i,j}^{(l)} - Y_{i,j} \right)^2, \quad (2)$$

式中： M 和 N 为图像的高度和宽度， $Y_{i,j}^{(l)}$ 为真值背光图像， $Y_{i,j}$ 为网络预测的背光图像。

结构相似度 (Structural SIMilarity, SSIM) 用于测量目标图像和参考图像的局部模式一致性, 定义如式 3。

$$\begin{cases} u_F(x) = \sum_{p \in P} W(p) \cdot F(x+p) \\ \sigma_F^2(x) = \sum_{p \in P} W(p) \cdot [F(x+p) - u_F(x)]^2 \\ \sigma_{FY}(x) = \sum_{p \in P} W(p) \cdot [F(x+p) - u_F(x)] \cdot [Y(x+p) - u_Y(x)] \\ SSIM = \frac{(2u_F u_Y + C1)(2\sigma_{FY} + C2)}{(u_F^2 + u_Y^2 + C1)(\sigma_F^2 + \sigma_Y^2 + C2)} \end{cases}, \quad (3)$$

式中: u_F 和 σ_F^2 为 F 的局部均值和方差估计, σ_{FY} 为区域协方差估计, u_Y 和 σ_Y^2 计算方法与 u_F 和 σ_F^2 相似。 $C1$ 和 $C2$ 是防止分母为 0 的常数。权值定义为 $W = \{W(p) | p \in P, P = \{(-5,5), \dots, (5,5)\}\}$, p 为中心迁移, 包含内核的所有位置。

将 $SSIM$ 引入到 MSE 中形成一个完整的损失函数: $Loss = MSE + \alpha SSIM$, α 是 MSE 和 $SSIM$ 之间的权重, 根据经验设置为 0.001。

3 实验与结果分析

数据集包含 600 个样本, 其中 60 个用作验证集。学习率设置为 0.00001。每 100 轮训练后, 学习率乘以 0.96, 迭代次数设定为 10000 次。我们的网络使用 TensorFlow 框架^[33]和戴尔 PowerEdge T630 图形处理单元 (GPU) 进行评估。在获得背光图像后, 使用 IBMA 算法进行背光扩散, 将 36×66 的背光图像扩展为与原图像 1080×1920 大小相同的背光图像, 最后利用非线性补偿算法结合背光信息进行像素补偿。

采用三个客观评价指标来衡量模型的性能。第一个是 SSIM, 定义如式 3, 其值范围从 0 到 1, 越接近于 1, 表明图像质量更好; 反之图像质量越差。峰值信噪比 (peak signal to noise ratio, PSNR) 定义如式 4, 其值越大, 表明失真越小, 图像质量更好; 反之其值越小, 图像失真越大, 质量较差。

$$R_{PSN} = 10 \times \log_{10} \frac{255^2}{MSE}, \quad (4)$$

对比度 (Contrast Ratio, CR) 是图像 CDF 曲线中 90% 像素点的亮度值 h_{90} 与 10% 像素点的亮度值 l_{10} 之比, 图像对比度计算公式如式 5 所示, 对比度越大, 即动态范围越高, 图像显示质量越好; 反之对比度越小, 动态范围越低, 图像显示质量不佳。

$$R_c = \frac{h_{90}}{l_{10}}, \quad (5)$$

我们将所提方法与前面介绍的几种传统算法进行了比较，包括平均法、CDF 法、LUT 法和 Otsu 法。计算它们的平均值，如表 1 所示。可以看出，该方法在客观评价指标中对比其他算法均有所提高，其结构相似性指标相比于其他传统算法有极大改善与提高，表明图像质量越好，而其对比度相比于其他传统算法的明显提高表明所提算法对显示图像的动态范围有显著提升作用。图 8 给出了随机选取的 4 张场景图像的传统算法和所提方法的仿真结果，从图中可以看出所提方法得到的图像对比度更加强烈，从红色椭圆标注区域可以看出，本文所提方法的图像明暗对比更加明显，显示效果更佳，而且传统算法的细节丢失严重，特别是在高亮区域，会出现溢出失真。为了进一步验证所提算法的可行性，在 LED-LCD 直下式图像视频显示原理样机上进行实际系统显示，对传统算法和所提算法的显示结果进行拍摄，拍摄时，在同一环境下，机位保持不变，相机设置不变，考虑到摄像机和显示系统的影响，图 9 给出了图像部分区域的显示系统结果，由图可见显示系统结果与仿真结果一致，所提方法具有较强的对比度，而传统算法的细节失真严重。

为了验证本文所提网络结构的优越性和有效性，网络结构基于 Res module 和 R_1，我们进行了单独删除 Res module、单独删除 R_1 和同时删除 Res module、R_1 的实验，以找到最适合目标任务的网络，实验结果如表 2 所示，BENN-5*5Conv 为单独删除 Res module，BENN-R_1 为单独删除 R_1，BENN-5*5Conv-R_1 为同时删除 Res module、R_1。由结果可知，BENN-5*5Conv-R_1 在各项评价指标上都低于其他网络结构，这表明了无任何旁路的网络结构的性能比其他网络结构较差，验证了 Res module 和 R_1 的必要性，由此验证了所提方法的优越性和有效性。

表 1 客观评价指标

Table 1 Objective valuation index			
Algorithms	PSNR	SSIM	CR
Proposed method	27.9672	0.9793	2.9293
Otsu	27.2407	0.898	2.2408
LUT	27.2152	0.8958	2.2732
CDF	27.1957	0.8867	2.1883
Average method	27.2377	0.8538	2.0705

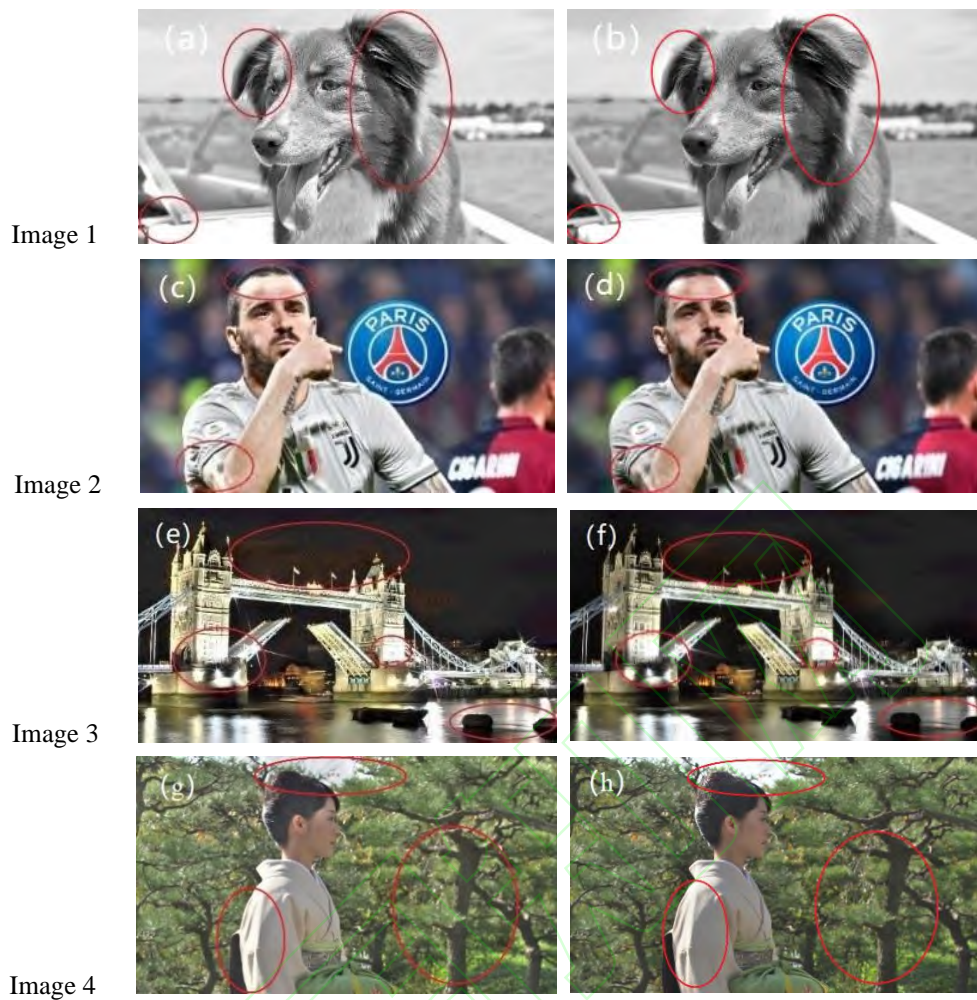


图 8 仿真实验结果。(a) (c) (e) (g) 传统算法；(b) (d) (f) (h) 所提算法

Fig. 8 Simulation results. (a)(c)(e)(i) the traditional algorithm; (b)(d)(f)(j) the proposed algorithm

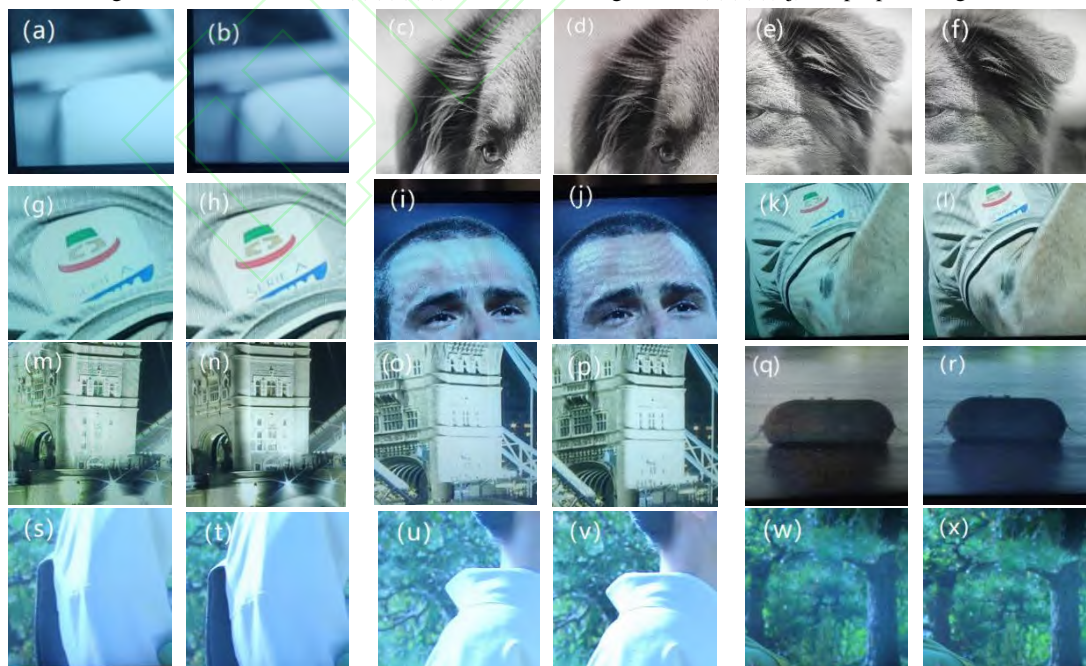


图 9 显示系统结果。(a) (c) (e) (g) (i) (k) (m) (o) (q) 传统算法；(b) (d) (f) (h) (j) (l) (n) (p) (r) 所提算法

Fig. 9 Display system results. (a)(c)(e)(g)(i)(k)(m)(o)(q) the traditional algorithm; (b)(d)(f)(h)(j)(l)(n)(p)(r) the proposed algorithm

表 2 不同网络的实验结果

Table 2 Experimental results of different networks

Method	PSNR	SSIM	CR
BENN	27.9072	0.9793	2.9293
BENN-5*5Conv	27.9195	0.9758	2.923
BENN-R_1	27.9063	0.9795	2.9187
BENN-5*5Conv-R_1	27.7375	0.9685	2.9228

4 结 论

本文对于不同亮度图像存在不同特征的问题，基于 LED-LCD 直下式图像视频显示原理样机，首先提出一种可靠且考虑全面的区域背光提取的数据测量方法及系统，可以高效地提取图像的最优背光，对于特定算法适用于特定类型图像问题，综合考虑多种场景图像特征，提出了一种有效实用的背光提取算法，该方法基于卷积神经网络，采用多层下采样结构，综合提取图像特征，获得最佳背光。实验结果表明，与传统的背光提取算法相比，该算法提取的背光具有更好的视觉感知质量，并且有效提高了显示图像的动态范围。不同网络结构的结果验证了该方法的必要性和有效性。

本文有待改进之处在于两个方面：一是当前的数据集不够完善，有待对数据集进行更全面的分析和研究，使其更加适合本领域的任务，因此在接下来的工作中，需要做进一步的数据增强、样本挑选、背光方案修改、有误数据删除等工作，对数据集进行优化；二是本文所提的网络结构可能不能完全提取数据特征，获得最好的解决方案，因此网络结构有待优化，从而提高背光提取算法的性能。

参考文献

- [1] Wang Y, Jing L, Dang B S, et al. Design of LED Source with Large Aperture and Small View Angle Used in the LCD Detection[J]. Acta Optica Sinica, 2015, 35(10): 1022002.
王尧,荆雷,党博石,等. 用于液晶显示屏幕检测的大口径小角度LED光源设计[J]. 光学学报, 2015, 35(10): 1022002.
- [2] Zhao Z T, Zhang H, Zou Y G, et al. Design and Research of Side Lighted Fiber of Laser Backlight Source in Liquid Crystal Display[J]. Chinese Journal of Lasers, 2017, 44(3): 0301004.
赵致童,张贺,邹永刚,等. 液晶显示器激光背光光源侧体发光光纤的设计与研究[J]. 中国激光, 2017, 44(3): 0301004.
- [3] Lee T W, Lee J H, Kim C G, et al. An Optical Feedback System for Local Dimming Backlight

- with RGB LEDs[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2009, 55(4):2178-2183.
- [4] Zhang X B, Wang R, Dong D, et al. Dynamic Backlight Adaptation Based on the Details of Image for Liquid Crystal Displays[J]. Journal of Display Technology, 2012, 8(2):108-111.
 - [5] Liao L Y, Chen C W, Huang Y P. Local Blinking HDR LCD Systems for Fast MPRT With High Brightness LCDs[J]. Journal of Display Technology, 2010, 6(5):178-183.
 - [6] Yun L J, Shi J S, Guo J H. Design and Implementation of OLED Test System Based on PIC18F2550[J]. chinese journal of liquid crystals and displays, 2010, 25(6).
 - [7] Li G B. Principles of liquid crystal display [J]. Information on economic and technological cooperation, 2007, (11): 96-96.
李国彬. 液晶显示器原理综述[J]. 经济技术协作信息, 2007, (11): 96-96.
 - [8] Seetzen H, Heidrich W, Stuerzlinger W, et al. High dynamic range display systems[C]. international conference on computer graphics and interactive techniques, 2004, 23(3): 760-768.
 - [9] Zheng X F, Song X L, Liu G H, et al. A method for extracting luminance characteristic data of LED display screen based on regional maximum value [J]. Liquid crystal & display, 2008 (04): 453-457.
郑喜凤,宋新丽,刘贵华,等.一种基于区域最大值的LED显示屏亮度特征数据提取方法[J]. 液晶与显示,2008(04):453-457.
 - [10] Funamoto T, Kobayashi T, Murao T. High-Quality-Picture Technology for LCD Televisions[J]. Matsushita Technical Journal, 2000, 46(3): p.12-19.
 - [11] Muijs R, Langendijk E, Vossen F. 64.2: Spatio-temporally Consistent Video Processing for Local Backlight Dimming[J]. Sid Symposium Digest of Technical Papers, 2008, 39(1):979-982.
 - [12] Liu Y Z, Zheng X R, Chen J B. Dynamic Backlight Signal Extraction Algorithm Based on Threshold of Image CDF for LCD-TV and its Hardware Implementation[J]. Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays, 2010, 25(3): 449-453.
 - [13] Lin F C, Liao C Y, Liao L Y, et al. 39.4: Inverse of Mapping Function (IMF) Method for Image Quality Enhancement of High Dynamic Range LCD TVs[J]. Sid Symposium Digest of Technical Papers, 2007, 38(1):1343-1346.
 - [14] Cho H, Kwon O K. A backlight dimming algorithm for low power and high image quality LCD applications[J]. Consumer Electronics, IEEE Transactions on, 2009, 55(2): p.839-844.
 - [15] Zhang T, Wang Y, Wu H, et al. High-performance local-dimming algorithm based on image characteristic and logarithmic function[J]. Journal of the Society for Information Display, 2019, 27(1-3): 85-100.
 - [16] Otsu N. A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms[J]. IEEE Transactions on Systems Man & Cybernetics, 2007, 9(1): 62-66.
 - [17] Nadernejad E, Burini N, Korhonen J, et al. Adaptive local backlight dimming algorithm based on local histogram and image characteristics[C]// Is&t/spie Electronic Imaging. International Society for Optics and Photonics, 2013.
 - [18] Cho H, Cho B C, Hong H J, et al. A color local dimming algorithm for liquid crystals displays using color light emitting diode backlight systems[J]. Optics and Laser Technology, 2013, 47(none): 80-87.
 - [19] Cha S, Choi T, Lee H, et al. An Optimized Backlight Local Dimming Algorithm for Edge-Lit LED Backlight LCDs[J]. Journal of Display Technology, 2015, 11(4): 378-385.

- [20] Chen Q J, Li Y, Chai Y Z. A Multi-Focus Image Fusion Algorithm Based on Depth Learning[J]. Laser & Optoelectronics Progress, 2018, 55(7): 071015.
陈清江,李毅,柴昱洲. 一种基于深度学习的多聚焦图像融合算法[J]. 激光与光电子学进展, 2018, 55(7): 071015.
- [21] Bouzaraa F, Halfaoui I, Urfalioglu O. Learnable Exposure Fusion for Dynamic Scenes[J]. 2018.
- [22] Lim B, Son S, Kim H, et al. Enhanced Deep Residual Networks for Single Image Super-Resolution[J]. 2017.
- [23] Yu J, Fan Y, Yang J, et al. Wide Activation for Efficient and Accurate Image Super-Resolution[J]. 2018.
- [24] Yao Q L, Hu X, Lei H. Object Detection in Remote Sensing Images Using Multiscale Convolutional Neural Networks[J]. Acta Optica Sinica, 2019, 39(11): 1128002.
姚群力,胡显,雷宏. 基于多尺度卷积神经网络的遥感目标检测研究[J]. 光学学报, 2019, 39(11): 1128002.
- [25] Xu L X, Chen X J, Ban Y, et al. Method for Intelligent Detection of Parking Spaces Based on Deep Learning[J]. Chinese Journal of Lasers, 2019, 46(4): 0404013.
徐乐先,陈西江,班亚,等. 基于深度学习的车位智能检测方法[J]. 中国激光, 2019, 46(4): 0404013.
- [26] Song S J, Kim Y I, Bae J, et al. Deep-learning-based pixel compensation algorithm for local dimming liquid crystal displays of quantum-dot backlights[J]. Optics express, 2019, 27(11).
- [27] Zhang T, Wu H Y, Li M, et al. A novel local dimming algorithm to improve image contrast and visual quality [J]. Journal of Engineering Science, 2017, 39(12):1888-1897.
张涛,巫红英,李蒙,等. 一种提高图像对比度和视觉质量的新型区域背光算法[J]. 工程科学学报, 2017, 39(12):1888-1897.
- [28] Zhang T, Du W L, Wang H, et al. A Stronger Adaptive Local Dimming Method with Details Preservation[J]. Applied Sciences, 2020, 10(5):1820.
- [29] Zhang T, Hu M Y, Du W L, et al. Adjustable Adaptive Local Dimming Method[J]. Laser & Optoelectronics Progress, 2020, 57(12): 121017.
张涛,胡孟阳,杜文丽,等. 一种新型可调节的自适应区域调光方法[J]. 激光与光电子学进展, 2020, 57(12): 121017.
- [30] Xue C, Li S M, Yang J, et al. Study on subjective evaluation scheme of stereo video quality [J]. Information technology, 2015 (10): 42-45.
薛超,李素梅,杨建,等. 立体视频质量主观评价方案的研究[J]. 信息技术, 2015(10):42-45.
- [31] Hao F, Shi J F, Zhu S Q, et al. Optimal positioning of forward installed square LED arrays for machine vision system[J]. Acta Optica Sinica, 2014, 34(12): 1215001.
郝飞,史金飞,朱松青,等. 机器视觉系统前置矩形 LED 阵列的优化布置[J]. 光学学报, 2014, 34(12): 1215001.
- [32] Yamanaka J, Kuwashima S, Kurita T. Fast and Accurate Image Super Resolution by Deep CNN with Skip, Connection and Network in Network[J]. 2017.
- [33] Abadi M, Barham P, Chen J, et al. TensorFlow: A system for large-scale machine learning[J]. 2016.

网络首发:

标题: 基于深度学习的区域背光亮度提取方法

作者: 张涛, 曾琴, 杜文丽, 王昊

收稿日期: 2020-06-15

录用日期: 2020-07-31

DOI: 10.3788/aos202040.2210003

引用格式:

张涛, 曾琴, 杜文丽, 王昊. 基于深度学习的区域背光亮度提取方法[J]. 光学学报, 2020, 40(22): 2210003.

网络首发文章内容与正式出版的有细微差别, 请以正式出版文件为准!

您感兴趣的其他相关论文:

多尺度膨胀卷积神经网络资源三号卫星影像云识别

高琳 宋伟东 谭海 刘阳

辽宁工程技术大学测绘与地理科学学院, 辽宁 阜新 123000

光学学报, 2019, 39(1): 0104002

基于深度神经网络的空间目标常用材质BRDF模型

刘程浩 李 智 徐 灿 田琪琛

装备学院研究生院, 北京 101416

光学学报, 2017, 37(11): 1129001

基于优化神经网络算法的光纤布拉格光栅电流传感器的温度补偿

孙诗晴 初凤红

上海电力学院电子与信息工程学院, 上海 200090

光学学报, 2017, 37(10): 1006001

侧入式LED 背光模组中光耦合模块的设计与实现

黄碧云 林志贤 陈恩果 徐胜

福州大学平板显示技术国家地方联合工程实验室, 福建 福州 350002

光学学报, 2016, 36(2): 0222003

亚克力导光板激光精密高速钻孔工艺研究

肖磊 闫振峰 赵建涛 姚勇

哈尔滨工业大学深圳研究院电子与信息工程学院, 广东 深圳 518055

光学学报, 2014, 34(s1): s114016