



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104363676 B

(45)授权公告日 2017. 10. 20

(21)申请号 201410588273.2

(22)申请日 2014.10.28

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104363676 A

(43)申请公布日 2015.02.18

(73)专利权人 许敏

地址 225300 江苏省泰州市中国医药城
口泰路、新阳路北侧G29幢

(72)发明人 刘宇红 傅建国 吴配贵 李乐乐

(74)专利代理机构 南京正联知识产权代理有限公司 32243

代理人 顾伯兴

(51)Int.Cl.

H05B 37/02(2006.01)

(56)对比文件

- CN 202889735 U, 2013.04.17, 全文.
- CN 103841726 A, 2014.06.04, 全文.
- CN 202353851 U, 2012.07.25, 全文.
- CN 202060885 U, 2011.12.07, 全文.
- US 2010073276 A1, 2010.03.25, 全文.
- JP 2012053750 A, 2012.03.15, 全文.
- KR 20110041051 A, 2011.04.21, 全文.
- CN 102306275 A, 2012.01.04, 全文.

审查员 马娟

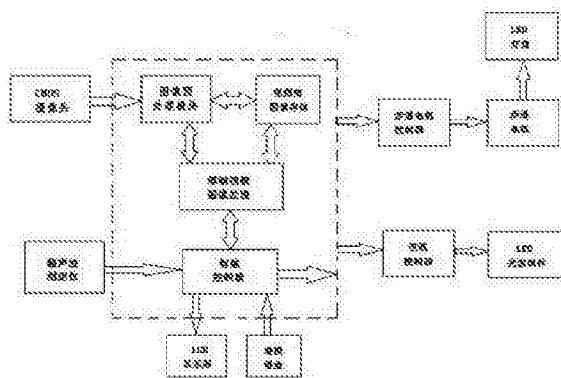
权利要求书2页 说明书9页 附图2页

(54)发明名称

一种全自动智能恒光控制的LED手术无影灯系统

(57)摘要

本发明公开了一种全自动智能恒光控制的LED手术无影灯系统;系统通过CMOS摄像头获取被照区域的视频图像,通过图像预处理模块对图像进行去噪和增强处理,处理后的数据送入视频帧图像存储单元存放,接着进行模糊视频图像处理,通过图像处理算法获取照明区域的亮度信息和被照物体的颜色信息,并实时分割处理图像中出现的遮挡物,获取遮挡物形成的阴影区域。完成上述处理过程后,智能控制器要根据获取的信息,通过模糊神经网络推算出需调节的LED光源的驱动电流值,再将这些信息发送给LED恒流驱动器,调节相应LED的亮度和色温,从而能够消除阴影、使照明区域的照度均匀、恒定。



1. 一种全自动智能恒光控制的LED手术无影灯系统,其特征在于:其采用摄像传感技术实现照明区域光照度的闭环控制;该系统包括:CMOS摄像头,超声波测距仪,图像预处理模块,视频帧图像存储单元,模糊视频图像处理模块,智能控制器,恒流控制器,LED光源组件,步进电机控制器单元模块;该系统通过CMOS摄像头获取被照区域的视频图像,通过图像预处理模块对图像进行去噪和增强处理,处理后的数据送入视频帧图像存储单元存放,接着进行模糊视频图像处理,通过图像处理算法获取照明区域的亮度信息和被照物体的颜色信息,并实时分割处理图像中出现的遮挡物,获取遮挡物形成的阴影区域,完成上述处理过程后,智能控制器要根据获取的照明区域的亮度信息和被照物体的颜色信息,通过模糊神经网络推算出需调节的LED光源的驱动电流值,再将照明区域的亮度信息和被照物体的颜色信息发送给LED恒流驱动器,调节相应LED的亮度和色温;

该系统还具有步进电机控制接口和智能化的人机交互控制接口,可连接步进电机对LED灯的位置进行控制,实现照明光斑自动聚焦到工作区域;同时通过触摸键盘用户可以设置无影灯的工作模式和自定义的照度值;

基于模糊逻辑的视频图像处理算法过程为通过图像灰度对图像进行分割,对于一幅 $m \times n$ 图像,其灰度级为 $0 \sim 255$,通过原有分割算法对图像进行预分割,通过预分割得到背景及目标区域,随机选取有限个背景和区域像素点,结合灰度直方图计算其灰度均值,得到 \bar{g}_{BR} 和 \bar{g}_{OR} 分别为背景与目标区域阈值,获得目标区域OR,模糊区域以及背景区域BR的灰度范围为 $[\bar{g}_{BR}, \bar{g}_0]$, $[\bar{g}_0, \bar{g}_f]$ 以及 $[\bar{g}_f, \bar{g}_{max}]$;将图像分为确定的背景区域与目标区域,将背景区域和目标区域视为灰度集论域 $[0, 1, \dots, F-1]$ 的两个模糊子集,本系统选用贴近度法中的距离贴近度,其中设论域 $U = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$,对任意的模糊集合A,模糊度为:

$$L(A) = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{|\mu_A(x_{ij}) - \mu_{0.5}(x_{ij})|}{\mu_A(x_{ij}) + \mu_{0.5}(x_{ij})} \quad (1)$$

由该式可以计算出目标区域OR和背景区域BR的模糊度为 L_{OR} 和 L_{BR} ;

对模糊区内 $g_{FR} \in [\bar{g}_0, \bar{g}_f]$,将其所分割范围 $[\bar{g}_0, \bar{g}_f]$ 和 $[\bar{g}_f, \bar{g}_b]$ 分别加入到OR和BR中, g_f 为 g_{FR} 集合的分割值,得到两个新的模糊子集,记为OR'和BR':

$$OR' = OR \cup \{g_{FR}\} = OR \cup [\bar{g}_0, \bar{g}_f] \quad (2)$$

$$BR' = BR \cup \{g_{FR}\} = BR \cup [\bar{g}_f, \bar{g}_b]$$

由式(1)计算出新的 $L_{OR'}$ 和 $L_{BR'}$,在模糊子集加入了新的元素的情况下,其模糊度函数值会变大,即 $L_{OR'} > L_{OR}$, $L_{BR'} > L_{BR}$,将其分别与 L_{OR} 和 L_{BR} 做归一化,得到两个模糊度影响因子,记为:

$$\eta_1(g_{FR}) = \frac{L_{OR'}(g_{FR})}{L_{OR}} \quad (3)$$

$$\eta_2(g_{FR}) = \frac{L_{BR'}(g_{FR})}{L_{BR}}$$

通过比较 η_1 和 η_2 的大小,判断 g_{FR} 的加入是对背景还是目标区域的影响更大;若 $\eta_1 > \eta_2$,则 g_{FR} 对目标区域模糊子集影响更大,即与目标区域相似度更高,所以应将 g_{FR} 划入背景区域的模糊集;反之,则将 g_{FR} 划入遮挡物区域的模糊集;对模糊区域的灰度做同样处理,则会有某一灰度值 g_d ,使 $\eta_1(g_d) = \eta_2(g_d)$,则 g_d 为分割阈值;智能控制算法过程为以模糊系统模型为基

基础,将每帧视频图像中需要识别的目标遮挡物与背景组成的场景看成一个模糊系统,用每一帧中提取的活动目标的位置和形状信息作为特征矢量,将该特征矢量作为模糊聚类神经网络(FCNN)系统的输入,利用模糊聚类辨识算法,构建一种能够对LED的光强分布进行映射的模糊聚类神经网络(FCNN)模型,对系统的输出进行预测,给出一组在当前场景状况下LED光源光强分布和位置分布的最佳控制参数,通过调节LED灯盘的光源照射强度和角度,实现照射工作区域恒光、无影的目的;模糊聚类神经网络FCNN的结构由两个部分组成:第一部分是模糊分类器,它由一个三层BP网络构成,输入层由P个节点组成,对应输入向量的P个分量;隐层由C个节点构成,其第i个节点表示输入向量与第i个聚类中心之间的偏差,它们的传递函数为:

$$d_{ik} = \|x_k - v_i\|^2 = \sum_{j=1}^P (x_{kj} - v_{ij})^2$$

输出层也由C个节点组成,每个节点的输出代表输入向量对某一类别的隶属度,输入节点与隐层节点之间的连接权代表了某一类的聚类中心 v_i ,它需要由学习算法进行优化;隐层节点与输出节点之间采用无加权连接,它与各子网络的输出共同组成第三层节点的输入,第二部分由C个子网络组成,每个子网络由一个双层网络构成,连接权矩阵 $w_i = (w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{iq})^T$,其中 $w_{ij} = (w_{j0}^{(i)}, w_{j1}^{(i)}, w_{j2}^{(i)}, \dots, w_{jp}^{(i)})$,输入向量 $\theta_k = (1, x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{kp})^T$,第i个子网络的输出为: $y_i^k = w_i \theta_k$,它完成第k个输入样本的第i类规则后见输出的计算,系统总的输出为

$$y_k = \sum_{i=1}^c u_{ik} y_i^k = \sum_{i=1}^c u_{ik} w_i \theta_k$$

系统输出 y_k 将给出当前图像场景中LED光源阵列的分布图映射,该映射反映LED光源将以怎样的亮度分布才能实现使被照区域的照度到达规定的值并保持恒定,同时又消除工作区阴影的目的,输出 y_k 将作为调节量控制LED光源驱动电流和LED灯盘投射角度。

2. 根据权利要求1所述的一种全自动智能恒光控制的LED手术无影灯系统,其特征在于:视频采集处理过程为:通过USB口摄像头获取图像数据,驱动程序中需要提供基本的I/O操作接口函数,即open、read、write、close函数;读取图像数据的方法有两种,直接使用read读取设备和使用内存映射mmap的方式把数据从内核缓冲区中读出,然后放到内存中;采用mmap的方法就是把设备文件直接映射到内存中,绕开了内核的缓冲区,每个进程都可访问内存中的图像数据,加快了I/O的访问;系统采用mmap映射的方法来获取摄像头数据。

3. 根据权利要求1所述的一种全自动智能恒光控制的LED手术无影灯系统,其特征在于:视频图像预处理过程通过使用分段线性变换进行增强处理,若 $f(x, y)$ 表示原图像,灰度范围为 $[a, b]$,希望变换后图像 $g(x, y)$ 的灰度范围扩展至 $[c, d]$,则灰度线性变换数学表达式如下:

$$g(x, y) = \begin{cases} \frac{c}{a} f(x, y) & 0 \leq f(x, y) < a \\ \frac{d-c}{b-a} [f(x, y) - a] + c & a \leq f(x, y) < b \\ \frac{L-1-d}{L-1-b} [f(x, y) - b] + d & b \leq f(x, y) < L-1 \end{cases}$$

一种全自动智能恒光控制的LED手术无影灯系统

技术领域

[0001] 本发明涉及到一种医疗专用照明设备,尤其涉及到一种全自动智能恒光控制的LED手术无影灯系统。

背景技术

[0002] 手术无影灯是医院手术室内重要的专用手术照明设备,所以手术无影灯的主要性能指标、功能特征的改良等,对提高手术的成功率、效率等十分重要。根据长期医疗机构临床应用的各种类型的无影灯,按光源和性能我们可以将无影灯的发展历程分为三个阶段:

[0003] 第一阶段,也称可称为“第一代手术无影灯”,以传统的卤素灯泡、氙气灯泡为光源的手术无影灯时代,即热光源时代,这个阶段沿用了很长时间。但由于卤素灯泡、氙气灯泡自身固有的重大缺陷,如热辐射、性能指标低、成本高、寿命短等,医疗界迫切需要改进。

[0004] 第二阶段:以LED为光源的手术无影灯时代,即冷光源时代,我们可称之为“第二代手术无影灯”,这个阶段应该说是近几年才兴起,随着LED技术和光效的不断提高,LED特别是近几年手术无影灯相比于传统无影灯优势就十分明显;如:冷光源热辐射极低,节能、环保、安全、可靠性高、实用性强、性能指标高等优点。因此,以LED绿色光源代替以卤素灯为代表的传统光源手术无影灯将是手术照明光源的发展趋势。

[0005] 第三阶段:LED光源的数字化、智能化手术无影灯时代,我们也可称之为“第三代手术无影灯”。因为LED光源虽然解决了热辐射、节能、环保等问题,但临床手术过程中发现由于光斑遮挡造成光照度不足、光强分布不均匀等因素,都是采用人工调节无影灯的高度和方位来解决,这种人工调节方式既不方便又不精准,影响手术质量。所以迫切需求一种能自动调光和及时补光的数字化监控的无影灯。

[0006] 传统的手术无影灯大多采用卤素灯作为光源,它是通过多面反射镜将光线反射到手术部位。这种手术无影灯使用的卤素灯光源使用寿命短,发出的光谱中含有紫外到红外的光线,长时间使用这种手术灯会使病人产生灼热与不适,甚至病人的皮肤和手术部位会造成伤害。LED光源作为一种冷光源,光源温度低,耗电少,使用寿命很长,色温也可调,相对于传统的卤素灯光源具有很大的优势,基于上述原因,目前用LED光源取代传统卤素灯光源成为新一代手术无影灯的基本配置。

[0007] 手术无影灯的光亮度及无影度等性能的好坏直接关系到手术质量和病人健康。现在的手术无影灯多采用人工方式调节,这种调节是操作者依据自身的适应度人为调整的,光亮度的准确度难以保证,存在很大的局限性,其光照位置及亮度能否得到准确、及时的调整将影响到手术的正常进行。另外手术时,医生的身体、头、手和器械均会对手术部位造成遮挡,形成阴影,如果不及时消除就会影响手术质量。现有的无影灯虽然配有亮度调节器,可进行亮度调节,但是,不能完全消除阴影,只能减弱阴影的影响;同时,这种调节是通过操作者手动完成的,具有一定的模糊性,实时性、精确性不够高,且容易造成手术环境污染,影响手术正常进行。目前,手术无影灯的实时自动调光技术的报道尚不多见。随着全球医疗设备的数字化、信息化、智能化的发展,手术无影灯的自动数字化调光技术正逐步成为一个研

究热点。

[0008] 针对目前普通无影灯技术存在光源发热量大、功率高、寿命短、无影效果不高、安全可靠性能差、调整频繁等问题,迫切需求一种新型的照明光源和调光技术替代传统的无影灯。

发明内容

[0009] 本发明要解决的技术问题是提供一种全自动智能恒光控制的LED手术无影灯系统。该系统能够解决现有技术中存在的调节品质差、操作繁琐等问题,实现全自动调光及光照度恒定,及无影与精准补光的全自动智能化功能。

[0010] 为了解决上述技术问题,本发明提供了一种全自动智能恒光控制的LED手术无影灯系统,其采用摄像传感技术实现系统的闭环控制;系统包括:CMOS摄像头,超声波测距仪,图像预处理模块,视频帧图像存储单元,模糊视频图像处理模块,智能控制器,恒流控制器,LED光源组件,步进电机控制器等单元模块;系统通过CMOS摄像头获取被照区域的视频图像,通过图像预处理模块对图像进行去噪和增强处理,处理后的数据送入视频帧图像存储单元存放,接着进行模糊视频图像处理,通过图像处理算法获取照明区域的亮度信息和被照物体的颜色信息,并实时分割处理图像中出现的遮挡物,获取遮挡物形成的阴影区域。完成上述处理过程后,智能控制器要根据获取的信息,通过模糊神经网络推算出需调节的LED光源的驱动电流值,再将这些信息发送给LED恒流驱动器,调节相应LED的亮度和色温,从而达到消除阴影、使照明区域的照度均匀、恒定的目地。

[0011] 本发明一种全自动智能恒光控制的LED手术无影灯系统还具有步进电机控制接口,可连接步进电机对LED灯的位置进行控制。LED灯的空间位置可根据聚焦光斑的分布位置进行动态调节,智能控制器通过超声波测距仪检测灯盘底部距离工作面的距离,并根据该距离计算LED灯的聚焦角度,通过改变LED灯中轴线相对照明区域中轴线的夹角,可使灯盘光束始终聚焦到照明区域的中心区域上。

[0012] 本发明一种全自动智能恒光控制的LED手术无影灯系统还具有智能化的人机交互控制接口,通过触摸键盘用户可以设置无影灯的工作模式,工作模式分为标准模式和自定义模式。标准模式是根据预先设计好的几种手术场景而定义的照明模式,用户只需选择适合自己的模式,系统就会自动按该模式进行控制;自定义模式可根据用户的喜好,任意设置照明模式,系统就能按用户设定的模式进行控制。用户的操作可通过LCD显示屏显示出来,工作过程中的照度、色度等信息也可通过LCD显示屏实时显示。

[0013] 其中,该系统中:

[0014] (1) 视频采集处理为:

[0015] V4L (Video4Linux的简称)是Linux中关于视频设备、音频设备的内核驱动,它为针对视音频设备的应用程序编程提供一系列接口函数(API),用户对这些设备的操作、控制只需调用它提供的API即可。这些视频设备包括现今市场上流行的TV卡、视频捕捉卡和USB摄像头等。对于USB口摄像头,其驱动程序中需要提供基本的I/O操作接口函数,即open()、read()、write()、close()的实现。

[0016] 获取图像数据的方式有两种,直接使用read读取设备和使用内存映射mmap的方式。read的工作原理就是把数据从内核缓冲区中读出,然后放到内存中;采用mmap的方法就

是把设备文件直接映射到内存中,这样就绕开了内核的缓冲区,每个进程可以像访问内存一样方便地访问文件,加快了I/O的访问。本系统采用mmap映射的方法来获取摄像头数据,运用V4L技术实现数字视频图像的采集,V4L视频编程的流程与普通的文件操作的流程基本一致。

[0017] (2) 视频图像预处理为:

[0018] 为了突出感兴趣的亮度区间,相对抑制那些不感兴趣的亮度区间,提高图像的分割效果,需对图像进行增强处理。增强图像对比度可以提高图像中各部分之间的反差,有利于提高图像中物体的识别效果,本系统使用分段线性变换进行增强处理,若 $f(x, y)$ 表示原图像,灰度范围为 $[a, b]$,希望变换后图像 $g(x, y)$ 的灰度范围扩展至 $[c, d]$,则灰度线性变换数学表达式如下:

$$[0019] \quad g(x, y) = \begin{cases} \frac{c}{a} f(x, y) & 0 \leq f(x, y) < a \\ \frac{d-c}{b-a} [f(x, y) - a] + c & a \leq f(x, y) < b \\ \frac{L-1-d}{L-1-b} [f(x, y) - b] + d & b \leq f(x, y) < L-1 \end{cases}$$

[0020] (3) 基于模糊逻辑的视频图像处理算法为:

[0021] 通过图像得到的有用信息就是遮挡物在工作面上产生的阴影区域,而图像固有的内在模糊性给图像分割带来了许多困难,但是却为模糊集与系统理论的应用提供了用武之地,所以在本发明中我们采用模糊集与系统理论来理解、表示、处理和分割遮挡物图像。

[0022] 一幅图像拥有不同的特征值,本发明通过图像灰度对图像进行分割。对于一幅 $M \times N$ 图像,其灰度级为 $0 \sim 255$ 。首先通过原有分割算法对图像进行预分割,通过预分割得到背景(Background Region, BR)及目标区域(Object Region, OR)。随机选取有限个背景和背景区域像素点,结合灰度直方图计算其灰度均值,得到 \bar{g}_a 和 \bar{g}_b 分别为背景与目标区域阈值。获得目标区域OR,模糊区域(Fuzzy Region, FR)以及背景区域BR的灰度范围为 $[\underline{g}_{\min}, \bar{g}_a]$, $[\bar{g}_a, \bar{g}_b]$ 以及 $[\bar{g}_b, \bar{g}_{\max}]$ 。

[0023] 我们的目的是将图像中的遮挡物与背景进行分割,所以我们需要将图像分为确定的背景区域与目标区域。将背景参考区域和目标参考区域视为灰度集论域 $[0, 1, \dots, F-1]$ 上的两个模糊子集。描述模糊度的方法有很多,例如数量积法、相关系数法、最大最小法、绝对值指数法、非参数法等。本系统选用贴近度法中的距离贴近度,其中设论域 $U = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$,对任意的模糊集合A,模糊度为:

$$[0024] \quad L(A) = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{|\mu_A(x_{ij}) - \mu_{0.5}(x_{ij})|}{\mu_A(x_{ij}) + \mu_{0.5}(x_{ij})} \quad (1)$$

[0025] 由该式可以计算出目标区域OR和背景区域BR的模糊度为 L_{BR} 和 L_{OR} 。

[0026] 对模糊区内 $\underline{g}_{FR} \in [\bar{g}_a, \bar{g}_b]$,将其所分割范围 $[\bar{g}_a, \underline{g}_f]$ 和 $[\underline{g}_f, \bar{g}_b]$ 分别加入到OR和BR中, \underline{g}_f 为 \underline{g}_{FR} 集合的分割值,得到两个新的模糊子集,记为OR'和BR':

$$[0027] \quad OR' = OR \cup \{g_{FR}\} = OR \cup [g_a, g_z] \quad (2)$$

$$[0028] \quad BR' = BR \cup \{g_{FR}\} = BR \cup [g_f, g_b]$$

[0029] 由式(1)计算出新的 $L_{OR'}$ 和 $L_{BR'}$ 。在模糊子集加入了新的元素的情况下,其模糊度函数值会变大(即 $L_{OR'} > L_{OR}$, $L_{BR'} > L_{BR}$)。所以,将其分别与 L_{OR} 和 L_{BR} 做归一化,得到两个模糊度影响因子,记为:

$$[0030] \quad \eta_1(g_{FR}) = \frac{L_{OR'}(g_{FR})}{L_{OR}} \quad (3)$$

$$[0031] \quad \eta_2(g_{FR}) = \frac{L_{BR'}(g_{FR})}{L_{BR}}$$

[0032] 通过比较 η_1 和 η_2 的大小,判断 g_{FR} 的加入是对背景还是目标区域的影响更大。若 $\eta_1 > \eta_2$,则 g_{FR} 对目标区域模糊子集影响更大,即与目标区域相似度更高,所以应将 g_{FR} 划入背景区域的模糊集;反之,则将 g_{FR} 划入遮挡物区域的模糊集。对模糊区域的灰度做同样处理,则会有某一灰度值 g_d ,使 $\eta_1(g_d) = \eta_2(g_d)$,则 g_d 为分割阈值。

[0033] (4) 智能控制算法为:

[0034] 本系统提出一种基于模糊神经网络的视觉图像目标识别方法。该方法以模糊系统模型为基础,将每帧视频图像中需要识别的目标遮挡物与背景组成的场景看成一个模糊系统,用每一帧中提取的活动目标的位置和形状信息作为特征矢量,将该特征矢量作为模糊聚类神经网络(FCNN)系统的输入,利用模糊聚类辨识算法,构建一种能够对LED的光强分布进行映射的模糊聚类神经网络(FCNN)模型,对系统的输出进行预测,给出一组在当前场景状况下LED光源光强分布和位置分布的最佳控制参数,通过调节LED灯盘的光源照射强度和角度,实现照射工作区域恒光、无影的目的。

[0035] 模糊聚类神经网络FCNN的结构如图3所示。整个系统由两个部分组成:第一部分是模糊分类器,它由一个三层BP网络构成。输入层由P个节点组成,对应输入向量的P个分量;隐层由C个节点构成,其第i个节点表示输入向量与第i个聚类中心之间的偏差,它们的传递函数为:

$$[0036] \quad d_{ik} = \|x_k - v_i\|^2 = \sum_{j=1}^P (x_{kj} - v_{ij})^2$$

[0037] 输出层也由C个节点组成,每个节点的输出代表输入向量对某一类别的隶属度。输入节点与隐层节点之间的连接权代表了某一类的聚类中心 v_i ,它需要由学习算法进行优化;隐层节点与输出节点之间采用无加权连接,它与各子网络的输出共同组成第三层节点的输入。第二部分由C个子网络组成,每个子网络由一个双层网络构成,连接权矩阵 $w_i = (w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{iq})^T$,其中 $w_{ij} = (w_{j0}^{(i)}, w_{j1}^{(i)}, w_{j2}^{(i)}, \dots, w_{jp}^{(i)})$,输入向量 $\theta_k = (1, x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{kp})^T$,第i个子网络的输出为: $y_i^k = w_i \theta_k$,它完成第k个输入样本的第i类规则的后件输出的计算,系统总的输出为

$$[0038] \quad y_k = \sum_{i=1}^c u_{ik} y_i^k = \sum_{i=1}^c u_{ik} w_i \theta_k$$

[0039] 系统输出 y_k 将给出当前图像场景中LED光源阵列的分布图映射,该映射反映LED光源将以怎样的亮度分布才能实现使被照区域的照度到达规定的值并保持恒定,同时又消除

工作区阴影的目的,输出 y_k 将作为调节量控制LED光源驱动电流和LED灯盘投射角度。

[0040] 采用该系统后,其有益效果为:

[0041] 1、本发明利用信息化技术手段,采用LED冷光源技术打破传统热光源的照明和控制模式,通过视觉图像处理技术、模糊神经网络理论、计算机控制技术等现代信息技术构建一套新型的、智能化无影灯系统,旨在解决现有的技术中存在的使用不方便,调节效果不理想等问题。

[0042] 2、手术光斑区表面的光照度恒定:由于手术无影灯光强较大(光斑中心照度在10万LEX左右),手术时间长,所以手术过程中,光斑表面的光强因遮挡或移动,造成光斑表面的亮度忽明忽暗,是手术者劳视、眼疲劳的重要因素,严重影响手术质量甚至成功率。

[0043] 本智能无影灯充分应用HGB智能恒光控制技术,能精准做到:无论手术者或无影灯怎样移位或部分遮挡,在病灶位置的光斑照度始终却能自动调节至恒定不变。

[0044] 3、智能补光及调焦:当手术灯被医生头部或其它遮挡时,其关联的LED灯盘会自动调整照射角度和位置,关联LED灯模组会自动调节亮度,自动修正光斑照度和聚焦位置,及时补偿术野的照度损失,保持光斑均衡度和照度恒定。

[0045] 本智能无影灯应用模糊视觉图象传感和处理技术,为手术提供更好的无影率,带来完美的手术照明感受,使光线更加舒适,最大限度地减少了医生的视觉疲劳、提高手术质量。

[0046] 4、光线超均衡:一般LED无影灯的灯珠都是分布在灯盘底面,呈点阵结构发光后向外直射;光线交叉重叠极不均衡,形成空间性眩光,导致光线刺眼,术者视觉敏锐度降低,老视等。本智能无影灯应用LGT光幕灯盘专利技术,灯盘采用侧发光光引工艺设计,形成光幕效果,消除了时间性眩光,使术者眼睛自然、放松。

[0047] 5、系统运用了模糊视觉检测技术解决照明区域目标的识别问题,通过建立视觉图像的目标区域分割检测模型,对照明空间遮挡物空间位置进行分析和判断,分割出阴影区域的位置,获取照明区域的照度和色度信息,再将这些数据送入模糊神经网络,建立视觉空间的场景模式到LED光源驱动电流的映射模型,模型输出的控制参数再通过恒流驱动器控制相应的LED光源发光强度,从而实现实时调节无影灯的亮度使得工作区域照度保持均匀、恒定、无影的目的。

[0048] 6、本发明通过CMOS微型摄像头获取工作区域的视频图像,通过对视频图像进行模糊特征分析,实时处理、跟踪并分割遮挡物形成的阴影区域,获取阴影区域的位置和工作区域内照度和色度的分布信息,通过预先训练好的模糊神经网络模型,映射出最佳的LED光源阵列的光强分布和照射方位角的数据参数,获取需调节的LED光源的编号及需调节的驱动电流值,再将这些信息发送给LED恒流控制器和步进电机控制器调节相应LED的亮度和LED灯盘的空间照射角度,以达到消除阴影、使工作面光照度分布均匀、恒定。

[0049] 7、本发明通过运用模糊逻辑理论、视频图像处理技术和神经网络智能化技术实现无影灯的自动调光,使传统无影灯的设计思想发生了根本变革,一举摆脱了传统无影灯存在的五大不足之处:

[0050] ①无影效果不高。光源获得反射或照射的角度愈多,会聚后得到的无影效果愈好,而用12只单光源灯泡照射组合成的光斑,其消影效果当然不会太理想,如再增多照射光源,显然是难行的;

[0051] ②结构繁琐复杂。12只灯头用3只变压器供电,其结构之复杂,外形之庞大是可想而知的;

[0052] ③安全可靠性能差。为数较多的灯泡和变压器使整机的故障发生率大大提高,一旦其一出现故障,整台无影灯性能受损坏;

[0053] ④调整频繁而又呆滞费力。由于光斑直径小、厚度薄、随着手术面和深度的变化须要不断地调焦,调位才能获得最佳照明,这就给术者造成过多的感染机会和疲劳,影响手术质量;

[0054] ⑤对手术环境的热污染。较多的灯泡和变压器等电器元件,使发热量大增,虽有风扇散热,但终难消除术者周围的温升,使手术环境变坏;

[0055] 8、本项目利用信息化技术手段,采用LED冷光源技术打破传统热光源的照明和控制模式,通过视觉图像处理技术、模糊神经网络理论、计算机控制技术等现代信息技术构建一套新型的、智能化无影灯系统,使医用照明技术迈入了数字化、信息化和智能化时代。

[0056] 9、本控制系统具有下列特点:

[0057] 1)建立了基于模糊视觉处理技术的智能化调光控制系统,实现对工作区域的自动调光控制,使照明区域的照度恒定在设定值;

[0058] 2)实现对工作区域内的活动目标的实时分割与定位,能有效检测和判断遮挡物的位置和区域,从而完全消除阴影,实现真正意义上的无影灯;

[0059] 3)具有工作区照度连续可调的特点,用户可以任意设定一个照度值,系统就能自动跟踪并锁定在设置的照度值上;

[0060] 4)本设计是一种智能化的自动控制系统,用户只需预先设置好控制参数,就能实现整个控制过程,调节过程中不需人工干预;

[0061] 5)采用自动聚焦技术,能根据无影灯与被照目标距离的变化,自动调整发光角度,实现光斑自动聚合到工作面的目的,不需人工调整;

[0062] 6)具有智能化人机交互接口,所有的功能选择、参数输入都能够通过触摸屏或键盘进行设置,并通过LCD屏显示给用户,而工作环境的照度值和设定值也会实时显示在屏幕上;

[0063] 10、此外,本设计还具有调节范围宽,调节精度高的优点,在调节范围内能连续平滑的进行亮度调节,调节的步距小,无闪烁和跳跃,光斑均匀度高,具有较高调节品质。

附图说明

[0064] 图1为LED无影灯调光控制器结构框图。

[0065] 图2为视频采集处理流程图。

[0066] 图3为模糊聚类神经网络FCNN结构图。

具体实施方式

[0067] 下面结合附图和具体实施方式对本发明进行详细说明,不能理解为是对本发明的限制;

[0068] 根据图1、图2和图3所示,图像是人类感知世界的视觉基础,然而在人类通过视觉获取的大量图像信息中,并不是所有的信息内容都是我们所需要的,所以需要把图像分成

若干个特定的、具有独特性质的区域。图像分割,就是把图像分成若干个特定的、具有独特性质的区域并提取出感兴趣目标。对无影灯而言就是要找到造成阴影的遮挡物的位置及区域,然后进行有效的分割获取遮挡物的特征信息,合理的分割结果能更好的找到图像中的有用信息并方便对其进行处理。

[0069] (1) 视频采集处理

[0070] V4L (Video4Linux的简称)是Linux中关于视频设备、音频设备的内核驱动,它为针对视音频设备的应用程序编程提供一系列接口函数(API),用户对这些设备的操作、控制只需调用它提供的API即可。这些视频设备包括现今市场上流行的TV卡、视频捕捉卡和USB摄像头等。对于USB口摄像头,其驱动程序中需要提供基本的I/O操作接口函数,即open()、read()、write()、close()的实现。

[0071] 获取图像数据的方式有两种,直接使用read读取设备和使用内存映射mmap的方式。read的工作原理就是把数据从内核缓冲区中读出,然后放到内存中;采用mmap的方法就是把设备文件直接映射到内存中,这样就绕开了内核的缓冲区,每个进程可以像访问内存一样方便地访问文件,加快了I/O的访问。本系统采用mmap映射的方法来获取摄像头数据。V4L视频编程的流程与普通的文件操作的流程基本一致,具体流程如图2所示。

[0072] (2) 视频图像预处理

[0073] 为了突出感兴趣的亮度区间,相对抑制那些不感兴趣的亮度区间,提高图像的分割效果,需对图像进行增强处理。增强图像对比度可以提高图像中各部分之间的反差,有利于提高图像中物体的识别效果,本系统使用分段线性变换进行增强处理,若 $f(x, y)$ 表示原图像,灰度范围为 $[a, b]$,希望变换后图像 $g(x, y)$ 的灰度范围扩展至 $[c, d]$,则灰度线性变换数学表达式如下:

$$[0074] \quad g(x, y) = \begin{cases} \frac{c}{a} f(x, y) & 0 \leq f(x, y) < a \\ \frac{d-c}{b-a} [f(x, y) - a] + c & a \leq f(x, y) < b \\ \frac{L-1-d}{L-1-b} [f(x, y) - b] + d & b \leq f(x, y) < L-1 \end{cases}$$

[0075] (3) 基于模糊逻辑的视频图像处理算法

[0076] 通过图像得到的有用信息就是遮挡物在工作面上产生的阴影区域,而图像固有的内在模糊性给图像分割带来了许多困难,但是却为模糊集与系统理论的应用提供了用武之地,所以在本发明中我们采用模糊集与系统理论来理解、表示、处理和分割遮挡物图像。

[0077] 一幅图像拥有不同的特征值,本发明通过图像灰度对图像进行分割。对于一幅 $M \times N$ 图像,其灰度级为 $0 \sim 255$ 。首先通过原有分割算法对图像进行预分割,通过预分割得到背景(Background Region, BR)及目标区域(Object Region, OR)。随机选取有限个背景和背景区域像素点,结合灰度直方图计算其灰度均值,得到 \bar{g}_b 和 \bar{g}_o 分别为背景与目标区域阈值。获得目标区域OR,模糊区域(Fuzzy Region, FR)以及背景区域BR的灰度范围为 $[\bar{g}_{min}, \bar{g}_o]$, $[\bar{g}_o, \bar{g}_b]$ 以及 $[\bar{g}_b, \bar{g}_{max}]$ 。

[0078] 我们的目的是将图像中的遮挡物与背景进行分割,所以我们需要将图像分为确定的背景区域与目标区域。将背景参考区域和目标参考区域视为灰度集论域 $[0, 1, \dots, F-1]$ 上的两个模糊子集。描述模糊度的方法有很多,例如数量积法、相关系数法、最大最小法、绝对值指数法、非参数法等。本系统选用贴近度法中的距离贴近度,其中设论域 $U = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, 对任意的模糊集合 A , 模糊度为:

$$[0079] \quad L(A) = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{|\mu_A(x_{ij}) - \mu_{0.5}(x_{ij})|}{\mu_A(x_{ij}) + \mu_{0.5}(x_{ij})} \quad (1)$$

[0080] 由该式可以计算出目标区域OR和背景区域BR的模糊度为 L_{BR} 和 L_{OR} 。

[0081] 对模糊区内 $g_{FR} \in [g_a, g_b]$,将其所分割范围 $[g_a, g_f]$ 和 $[g_f, g_b]$ 分别加入到OR和BR中, g_f 为 g_{FR} 集合的分割值,得到两个新的模糊子集,记为OR'和BR':

$$[0082] \quad OR' = OR \cup \{g_{FR}\} = OR \cup [g_a, g_f] \quad (2)$$

$$[0083] \quad BR' = BR \cup \{g_{FR}\} = BR \cup [g_f, g_b]$$

[0084] 由式(1)计算出新的 $L_{OR'}$ 和 $L_{BR'}$ 。在模糊子集加入了新的元素的情况下,其模糊度函数值会变大(即 $L_{OR'} > L_{OR}$, $L_{BR'} > L_{BR}$)。所以,将其分别与 L_{OR} 和 L_{BR} 做归一化,得到两个模糊度影响因子,记为:

$$[0085] \quad \eta_1(g_{FR}) = \frac{L_{OR'}(g_{FR})}{L_{OR}} \quad (3)$$

$$[0086] \quad \eta_2(g_{FR}) = \frac{L_{BR'}(g_{FR})}{L_{BR}}$$

[0087] 通过比较 η_1 和 η_2 的大小,判断 g_{FR} 的加入是对背景还是目标区域的影响更大。若 $\eta_1 > \eta_2$,则 g_{FR} 对目标区域模糊子集影响更大,即与目标区域相似度更高,所以应将 g_{FR} 划入背景区域的模糊集;反之,则将 g_{FR} 划入遮挡物区域的模糊集。对模糊区域的灰度做同样处理,则会有某一灰度值 g_d ,使 $\eta_1(g_d) = \eta_2(g_d)$,则 g_d 为分割阈值。

[0088] (4) 智能控制算法

[0089] 本系统提出一种基于模糊神经网络的视觉图像目标识别方法。该方法以模糊系统模型为基础,将每帧视频图像中需要识别的目标遮挡物与背景组成的场景看成一个模糊系统,用每一帧中提取的活动目标的位置和形状信息作为特征矢量,将该特征矢量作为模糊聚类神经网络(FCNN)系统的输入,利用模糊聚类辨识算法,构建一种能够对LED的光强分布进行映射的模糊聚类神经网络(FCNN)模型,对系统的输出进行预测,给出一组在当前场景状况下LED光源光强分布和位置分布的最佳控制参数,通过调节LED灯盘的光源照射强度和角度,实现照射工作区域恒光、无影的目的。

[0090] 模糊聚类神经网络FCNN的结构如图3所示。整个系统由两个部分组成:第一部分是模糊分类器,它由一个三层BP网络构成。输入层由P个节点组成,对应输入向量的P个分量;隐层由C个节点构成,其第i个节点表示输入向量与第i个聚类中心之间的偏差,它们的传递函数为:

$$[0091] \quad d_{ik} = \|x_k - v_i\|^2 = \sum_{j=1}^P (x_{kj} - v_{ij})^2$$

[0092] 输出层也由C个节点组成,每个节点的输出代表输入向量对某一类别的隶属度。输入节点与隐层节点之间的连接权代表了某一类的聚类中心 v_i ,它需要由学习算法进行优化;隐层节点与输出节点之间采用无加权连接,它与各子网络的输出共同组成第三层节点的输入。第二部分由C个子网络组成,每个子网络由一个双层网络构成,连接权矩阵 $w_i = (w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{iq})^T$,其中 $w_{ij} = (w_{j0}^{(i)}, w_{j1}^{(i)}, w_{j2}^{(i)}, \dots, w_{jp}^{(i)})$,输入向量 $\theta_k = (1, x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{kp})^T$,第i个子网络的输出为: $y_i^k = w_i \theta_k$,它完成第k个输入样本的第i类规则的后件输出的计算,系统总的输出为

$$[0093] \quad y_k = \sum_{i=1}^c u_{ik} y_i^k = \sum_{i=1}^c u_{ik} w_i \theta_k$$

[0094] 系统输出 y_k 将给出当前图像场景中LED光源阵列的分布图映射,该映射反映LED光源将以怎样的亮度分布才能实现使被照区域的照度到达规定的值并保持恒定,同时又消除工作区阴影的目的,输出 y_k 将作为调节量控制LED光源驱动电流和LED灯盘投射角度,从而实现照射区域恒光、无影的效果。

[0095] 运用该系统后测试预期达到的主要技术指标如表1所示:

| | | |
|--------|------------------------------|-----------------|
| | 中心照度相距 118CM 处 (Lux);可调 | 40kLux~160kLux; |
| | 色温可调 (Kelvin) | 3600~5600 |
| | 演色性指数 (CRI) | 90 |
| | 红色还原指数 (Ra) | 90 |
| | 调光范围 | 10—100% |
| | 术者头部温升 (°C) | ≤0.5 |
| | 术野温升 (°C) | ≤2 |
| | 有效工作聚焦深度 (cm) | 60-150 |
| | 总辐射量 E_e (W/m^2) | 530 |
| [0096] | 光能效率($MW/m^2 \text{ lux}$) | 3.3 |
| | 光斑直径 D10 (MM) | 200-320 |
| | 灯泡类型 | LED |
| | 光斑分布直径 D50 | ≥70%D10 |
| | 照明深度 L1+L2 (cm) | 130 |
| | 消耗功率 (W) | 70 |
| | 高度调整 (cm) | 118 |
| [0097] | 电源输入有效光斑区域的恒光精度 | 5%-10% |

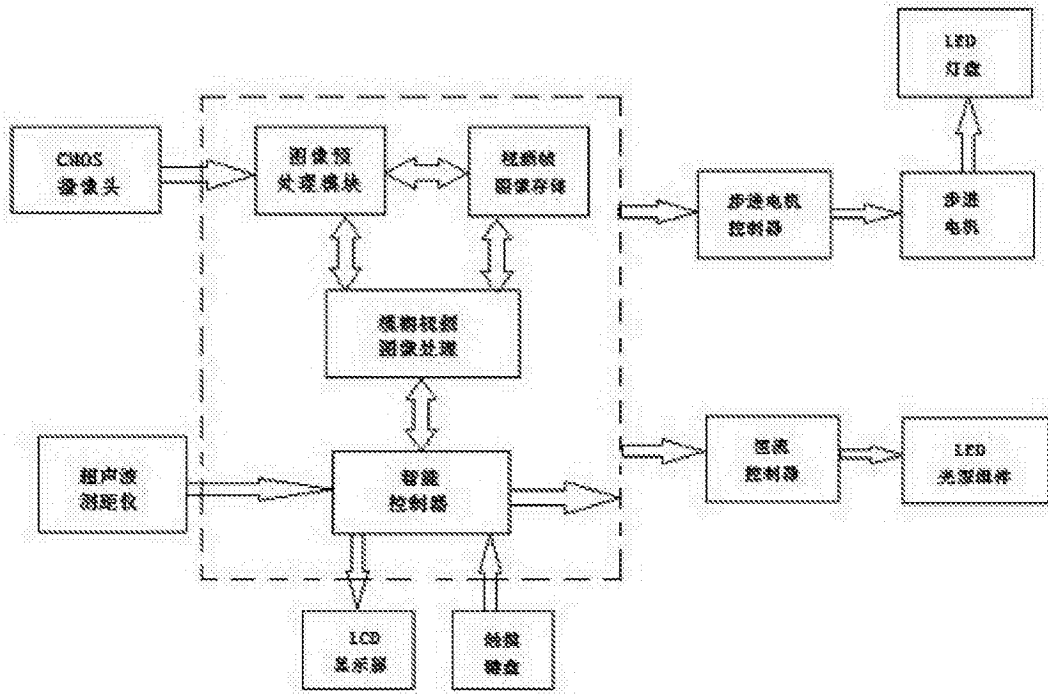


图1

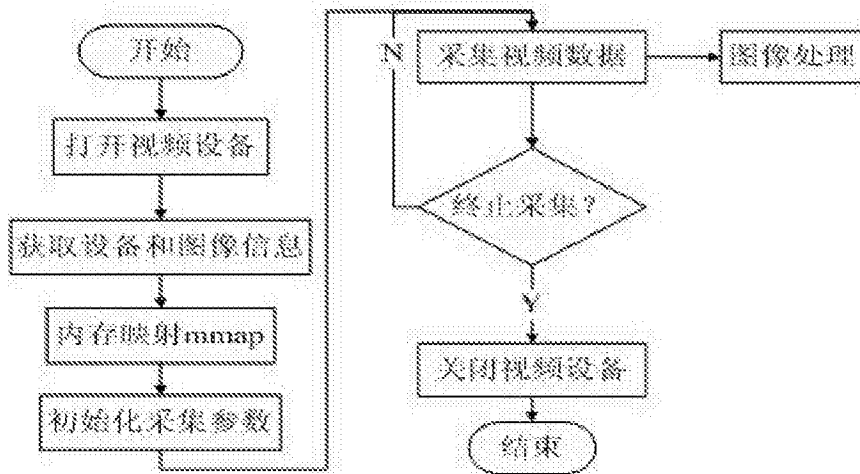


图2

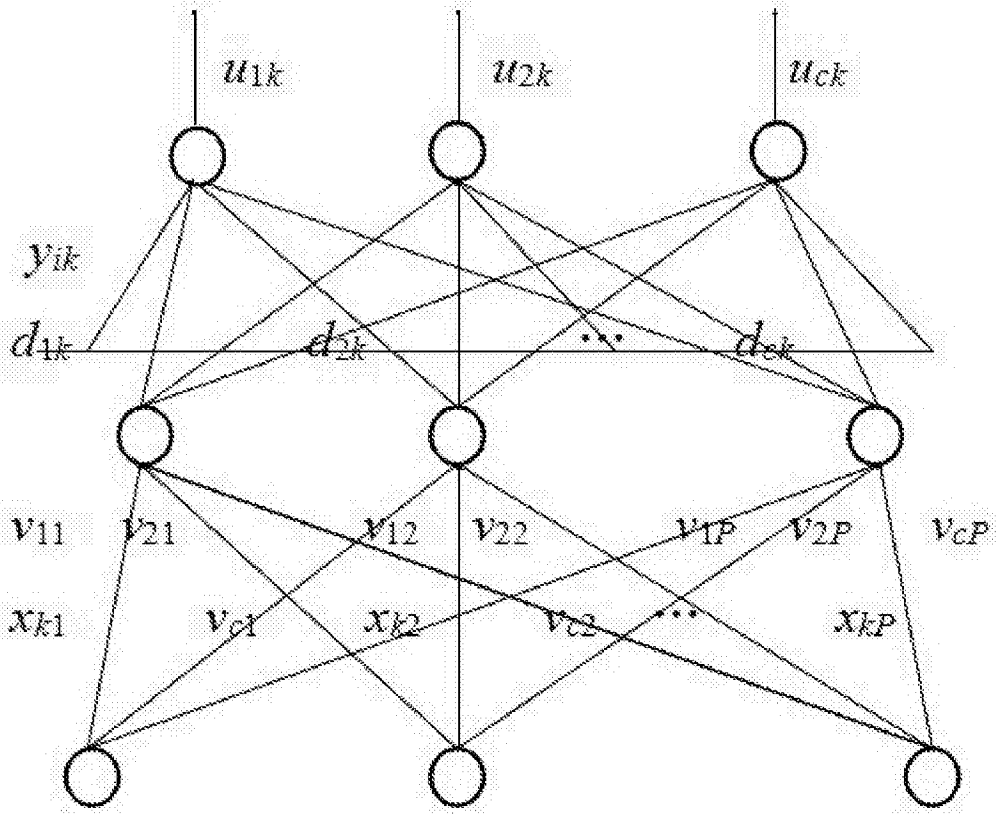


图3