

# (12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织  
国际局

(43) 国际公布日  
2019年10月17日 (17.10.2019)



(10) 国际公布号  
**WO 2019/196268 A1**

- (51) 国际专利分类号:  
*G06K 9/62* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2018/098390
- (22) 国际申请日: 2018年8月2日 (02.08.2018)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:  
201810330385.6 2018年4月13日 (13.04.2018) CN
- (71) 申请人: 博众精工科技股份有限公司 (BOZHON PRECISION INDUSTRY TECHNOLOGY CO., LTD) [CN/CN]; 中国江苏省苏州吴江区湖心西路666号, Jiangsu 215100 (CN)。
- (72) 发明人: 吕绍林 (LV, Shaolin); 中国江苏省苏州吴江区湖心西路666号, Jiangsu 215100 (CN)。 zhu'jiang (ZHU, Jiangbing); 中国江苏省苏州吴江区湖心西路666号, Jiangsu 215100 (CN)。 崔宗会 (CUI, Zonghui); 中国江苏省苏州吴江区湖心西路666号, Jiangsu 215100 (CN)。 wang'qia (WANG, Qian); 中国江苏省苏州吴江区湖心西路666号, Jiangsu 215100 (CN)。 陈瑞侠 (CHEN, Ruixia); 中国江苏省苏州吴江区湖心西路666号, Jiangsu 215100 (CN)。
- (74) 代理人: 苏州创元专利商标事务所有限公司 (SUZHOU CREATOR PATENT AND TRADEMARK AGENCY LTD.); 中国江苏省苏州姑苏区干将西路93号5楼, Jiangsu 215002 (CN)。

(54) Title: DIABETIC RETINA IMAGE CLASSIFICATION METHOD AND SYSTEM BASED ON DEEP LEARNING

(54) 发明名称: 基于深度学习的糖尿病视网膜图像分类方法及系统

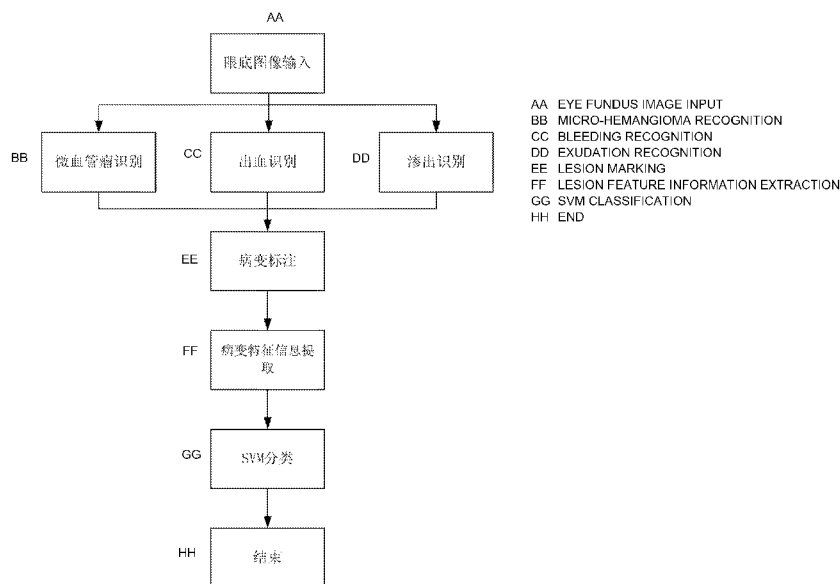


图 1

(57) Abstract: A diabetic retina image classification method and system based on deep learning, belonging to the technical field of artificial intelligence. The method comprises: acquiring an eye fundus image; importing the same eye fundus image into a micro-hemangioma lesion recognition model, a bleeding lesion recognition model and an exudative lesion recognition model for recognition; and extracting lesion feature information according to a recognition result, and then using a trained SVM classifier to classify the extracted lesion feature information to obtain a classification result, wherein the micro-hemangioma lesion recognition model is obtained



WO 2019/196268 A1

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

by means of extracting a micro-hemangioma lesion candidate region from the eye fundus image and then inputting same into a CNN model for training; and the bleeding lesion recognition model and the exudative lesion recognition model are respectively obtained by means of marking a bleeding lesion region and an exudative lesion region in the eye fundus image and then inputting same into an FCN model for training. The requirement for a network model description capability is reduced, so that a model is easy to train, and lesion focus regions can be located and sketched with regard to different lesions, thereby assisting a doctor in carrying out clinical screening.

(57) 摘要: 一种人工智能技术领域基于深度学习的糖尿病视网膜图像分类方法及系统, 包括: 获取眼底图像; 将同一眼底图像导入微血管瘤病变识别模型、出血病变识别模型和渗出病变识别模型中进行识别; 根据识别结果提取病变特征信息, 再采用经训练的SVM分类器对提取的病变特征信息分类, 获得分类结果; 微血管瘤病变识别模型通过提取眼底图像中微血管瘤病变候选区域再输入CNN模型进行训练得到; 出血病变识别模型、渗出病变识别模型分别通过对眼底图像中出血病变区域、渗出病变区域进行标注, 再输入FCN模型进行训练得到。降低了对网络模型描述能力的要求, 使得模型容易训练, 并且能够针对不同的病变对病变灶区域进行定位勾画, 方便医生进行临床筛查。

## 基于深度学习的糖尿病视网膜图像分类方法及系统

### 技术领域

本发明涉及人工智能领域，是一种基于深度学习的糖尿病视网膜图像分类方法及系统。

### 背景技术

我国糖尿病患者基数庞大并成逐年上升的趋势，糖尿病性视网膜病变是糖尿病的严重并发症之一，是 20~65 岁人群中最主要的致盲原因，不仅给社会和患者的家庭造成了极大的危害和负担，而且使得糖尿病患者的生存质量大大下降。

由于糖尿病性视网膜病变所导致的失明是可预防的，故早期发现、早期干预是防止糖尿病致盲最有效的手段。但是糖尿病引起的视网膜病变早期，病人基本没有不适感，不进行筛查很容易被忽视延误治疗，造成对视力不可逆转的损伤。

目前深度学习被广泛应用于医学图像处理，可以极大的提高医生临床筛查的效率。然而目前成熟的深度学习模型都采用监督学习模式，但是大量高质量标注的医学影像数据很难获取，导致深度学习训练中使用的医学图像一般都滞后于自然图像；特别是在糖尿病性视网膜病变中，患者的视网膜眼底图像复杂，常出现多种病变共存的状态，在有限素材限制下，难以提高检测效率。因此如何用规模较小的训练集得到泛化能力较强的模型是深度学习在医学领域应用迫切需要解决的问题。

### 发明内容

本发明针对现有技术存在的上述不足，提出了一种基于深度学习的糖尿病视网膜图像分类方法及系统，降低了对网络模型描述能力的要求，使得模型容易训练，并且能够针对不同的病变对病变灶区域进行定位勾画，方便医生进行临床筛查。

本发明是通过以下技术方案实现的：

本发明涉及一种基于深度学习的糖尿病视网膜图像分类方法，包括：

获取待识别眼底图像；

将同一待识别眼底图像分别导入微血管瘤病变识别模型、出血病变识别模型和渗出病变识别模型中进行识别；根据识别结果提取病变特征信息，再采用经训练的支持向量机分类器对提取的病变特征信息分类，获得眼底图像对应的病变等级分类结果；

所述微血管瘤病变识别模型通过提取眼底图像中微血管瘤病变候选区域，进行微血管瘤病变区域和非微血管瘤病变区域标注，再输入 CNN 模型进行训练得到；

所述出血病变识别模型通过对眼底图像中出血病变区域和非出血病变区域进行标注，再输入 FCN 模型进行训练得到；

所述渗出病变识别模型通过对眼底图像中渗出病变区域和非渗出病变区域进行标注，再输入 FCN 模型进行训练得到。

所述微血管瘤病变识别模型基于 CNN 模型训练得到，包括以下步骤：

A1，图像预处理：提取绿色通道图像，对绿色通道图像使用 r-polynomial 变换进行图像灰度矫正，再利用高斯滤波进行去噪处理，得到矫正图像  $I'_W$ ；

A2，微血管瘤病变候选区域  $I_{\text{candidate}}$  提取：在矫正图像  $I'_W$  上随机选取一个像素点，以该像素点作为基准，以角度  $\alpha$  为步长生成不同尺度的线性结构元素，利用生成的线性结构元素对矫正图像  $I'_W$  进行形态学处理，得到不同尺度线性结构元素的响应结果，保留每个像素点对应的最小响应结果  $I_{\text{closed}}$ ，得到  $I_{\text{candidate}} = I_{\text{closed}} - I'_W$ ，对  $I_{\text{candidate}}$  进行混合阈值分割提取；

A3，数据标注：对微血管瘤病变候选区域  $I_{\text{candidate}}$  分割提取的结果进行病变和非病变标注，生成训练集；

A4，模型训练：输入训练集至 CNN 模型进行训练，得到微血管瘤病变识别模型。

所述出血病变识别模型和渗出病变识别模型均基于 FCN 模型训练得到，包括以下步骤：

B1，通过图像处理对眼底图像进行病变区域和非病变区域标注，生成训练集；

B2，使用 U-net 网络结构构建 FCN 模型，每次随机取训练集中部分已标注数据进行训练，得到训练后的病变识别模型；训练采用的代价函数是 DICE。

所述对眼底图像的标注还生成测试集，对已训练模型采用测试集测试，评估已训练模型的识别能力。

所述对眼底图像的标注还生成验证集，在模型训练中采用验证集进行修正，防止网络过拟合。

所述图像处理包括以下步骤：

C1，从图像中提取眼底区域；

C2，使用中值滤波对提取的眼底区域进行图像增强，对增强后的结果进行灰度归一化处理；

C3，对归一化处理的结果进行阈值分割，然后使用面积特征筛选出病变候选区域。

所述支持向量机分类器通过对训练集对应的病变特征信息进行分类训练得到。

所述病变特征信息包括但不限于病变区域的个数、面积、形状、灰度、圆度和纵横比。

一种基于上述方法对糖尿病视网膜图像分类的系统，包括：

微血管瘤识别模块，用于使用微血管瘤病变识别模型对待检图像进行识别，标注待检图像中的微血管瘤病变部位并获取相应的病变特征参数；

出血识别模块，用于使用出血病变识别模型对待检图像进行识别，对识别得到的出血病变区域进行分割并获取相应的病变特征参数；

渗出识别模块，用于使用渗出病变识别模型对待检图像进行识别，对识别得到的渗出病变区域进行分割并获取相应的病变特征参数；

分类模块，用于对识别待检图像得到的各病变区域的特征参数进行分类以获取待检图像病变等级分类结果。

### 技术效果

本发明基于深度学习分别对微血管瘤、出血、渗出病变进行识别，并能自动标注出病变区域位置和大小，相对于传统人为提取特征结合图像处理的方法，减小了糖尿病视网膜病变识别系统的开发难度；由于针对不同的病变采取了不同的神经网络模型，因此保存的模型针对特定的病变识别具有更高的精度和更强的适用性，综合微血管瘤、出血、渗出三种病变的多个特征进行分类，具有更高的分类准确率，可以更加有效地辅助医生进行临床筛查工作。

### 附图说明

图 1 为实施例 1 中方法流程图；

图 2 为实施例 1 中微血管瘤候选区域提取效果图；

图 3 为实施例 1 中微血管瘤病变区域标记图；

图 4 为实施例 1 中出血病变部位标记图；

图 5 为实施例 1 中渗出病变部位标记图。

### 具体实施方式

下面结合附图及具体实施方式对本发明进行详细描述。

#### 实施例 1

如图 1 所示，本实施例涉及一种基于深度学习的糖尿病视网膜图像分类方法，包括：

获取待识别眼底图像；

将同一待识别眼底图像分别导入微血管瘤病变识别模型、出血病变识别模型和渗出病变识别模型中进行识别；根据识别结果提取病变特征信息，再采用经训练的支持向量机分类器对提取的病变特征信息分类，获得眼底图像对应的病变等级分类结果；

所述微血管瘤病变识别模型通过提取眼底图像中微血管瘤病变候选区域，进行微血管瘤病变区域和非微血管瘤病变区域标注，再输入 CNN 模型进行训练得到；

所述出血病变识别模型通过对眼底图像中出血病变区域和非出血病变区域进行标注,再输入 FCN 模型进行训练得到;

所述渗出病变识别模型通过对眼底图像中渗出病变区域和非渗出病变区域进行标注,再输入 FCN 模型进行训练得到。

所述微血管瘤病变识别模型基于 CNN 模型训练得到,包括以下步骤:

A1, 图像预处理: 提取绿色通道图像,对绿色通道图像使用 r-polynomial 变换进行图像灰度矫正,再利用高斯滤波进行去噪处理,得到矫正图像 $I'_W$ ; 所述 r-polynomial 变换,即

$$I_W(i, j) = f(x) = \begin{cases} \frac{\frac{1}{2}(\mu_{max}-\mu_{min})}{(\mu_W(i, j)-\min(G))^r}, & G(i, j) \leq \mu_W(i, j) \\ \frac{-\frac{1}{2}(\mu_{max}-\mu_{min})}{(\mu_W(i, j)-\max(G))^r}, & G(i, j) > \mu_W(i, j) \end{cases},$$

其中, r 是多项式的幂,取值为 2;  $\mu_{min}$ 是灰度最小值,取值为 0;  $\mu_{max}$ 是灰度最大值,取值为 1; G 是提取的绿色通道图像;  $\mu_W(i, j)$ 是绿色通道图像以(i,j)为中心、半径为 W 的邻域内灰度均值;  $I_W$ 是利用 r-polynomial 变换得到灰度均衡化图像;

A2, 微血管瘤病变候选区域 $I_{candidate}$ 提取: 在矫正图像 $I'_W$ 上随机选取一个像素点,以该像素点作为基准,以  $10^\circ \sim 25^\circ$ 为步长,优选地,以  $15^\circ$ 为步长生成不同尺度的线性结构元素,利用生成的线性结构元素对矫正图像 $I'_W$ 进行形态学处理,得到不同尺度线性结构元素的响应结果,保留每个像素点对应的最小响应结果 $I_{closed}$ ,得到 $I_{candidate} = I_{closed} - I'_W$ ,对 $I_{candidate}$ 进行混合阈值分割提取,提取效果如图 2 所示;

所述混合阈值分割提取的条件为:

$$t_K = \begin{cases} t_l, & \forall t_s: CC(I_{candidate} > t_s) < K \\ t_k, & CC(I_{candidate} > t_s) \leq K, \\ t_u, & \forall t_s: CC(I_{candidate} > t_s) > K \end{cases}$$

其中, K 为常数,代表形态学处理中微血管瘤病变候选区域的最大个数,优选地,取值为 120; CC 代表统计病变候选区域个数的函数;

$t_l$ 是设置的最小阈值,  $t_u$ 是设置的最大阈值,  $t_k$ 为满足 CC 条件的阈值,  $t_s$ 是以 0.002 步长逐渐增长的阈值;

将 $t_s$ 从 $I_{candidate}$ 的最小值按照最小灰度间隔增加到 $I_{candidate}$ 的最大灰度值,直到函数CC统计的个数满足上式的条件为止,使用阈值 $t_k$ 二值化 $I_{candidate}$ 提取得到微血管瘤病变候选区域的二值图;

A3, 数据标注: 对微血管瘤病变候选区域 $I_{candidate}$ 分割提取的结果进行病变和非病变标注,生成训练集;

A4, 模型训练: 输入训练集至 CNN 模型进行训练,得到微血管瘤病变识别模型。

在此我们使用了 400 张含有微血管瘤的眼底图像进行训练，训练得到的模型对分割部位是否为微血管瘤分类的敏感性、特异性均达到 90%；最终得到的微血管瘤病变区域如图 3 所示。

所述出血病变识别模型和渗出病变识别模型均基于 FCN 模型训练得到，包括以下步骤：

B1，通过图像处理对眼底图像进行病变区域和非病变区域标注，生成训练集；

B2，使用 U-net 网络结构构建 FCN 模型，每次随机取训练集中部分已标注数据进行训练，得到训练后的病变识别模型；训练采用的代价函数是 DICE。

所述 DICE 代价函数为：

$$s = \frac{2|X \cap Y|}{|X| + |Y|},$$

其中，X 是标签图，Y 是结果图。

所述对眼底图像的标注还生成测试集，对已训练模型采用测试集测试，评估已训练模型的识别能力。

所述对眼底图像的标注还生成验证集，在模型训练中采用验证集进行修正，通过修正可以调整网络参数，防止网络过拟合；还可以通过验证集确定网络结构，控制模型复杂程度；根据验证集的不同，测试集输入后得到的结果存在差异，可以根据情况，选择符合我们需求的最优模型。

所述图像处理算法，具体步骤为：

C1，从图像中提取眼底区域；

C2，使用中值滤波对提取的眼底区域进行图像增强，对增强后的结果进行灰度归一化处理；

C3，对归一化处理的结果进行阈值分割，然后使用面积特征进行区域的筛选，获取分割结果。

使用 FCN 模型做出血、渗出识别还可以根据实际数据的分布情况，调整训练样本中病变样本、过检样本和漏检样本的比例，提高模型的精度和泛化能力，而无需重新设计算法，降低了算法开发强度，提高算法开发效率。

由于出血病灶区域的面积一般较大，因此适合使用训练好的出血病变识别模型进行图像中的出血区域分割。我们利用图像处理算法，即可获得对应的病变区域和非病变区域分割结果标签，得到出血病变识别模型，在训练中共标注 1000 张有出血的训练样本。为了抑制过检，加入了 400 张无出血的训练样本进行训练。经测试，模型对于眼底出血进行识别特异性达到 89%，DR2 数据中出血识别的敏感性达到 89%，DR3 数据出血识别的敏感性为 100%。出血的识别效果图如附图 4 所示。

由于渗出与其他正常眼底结构在形态和色彩上有明显区别，相对于出血识别难度更小，因此使用渗出病变识别模型即可得到良好的识别结果。我们利用图像处理算法，即可获得对应的病变区域和非病变区域分割结果标签，得到渗出病变识别模型，在训练中共标注 800 张有渗出的训练样本。为了抑

制过检，加入了 300 张无渗出的训练样本以及 100 张与渗出相似的病变（神经纤维层、玻璃膜疣）样本进行训练。最终得到的模型对于判断图像是否有渗出的敏感性达到 86%，特异性达到 87%。渗出的识别效果如附图 5 所示。

由于每种病变的识别结果不可能百分之百准确，因此直接按照临床上的分期标准根据每种病变的识别结果进行分期会造成图片诊断结果的特异性较低，因此我们使用三种病变的识别结果作为特征训练支持向量机分类器，进行图片最终诊断结果的判断，对 DR3 识别的敏感性超过 99%，DR2 识别的敏感性达到 85%，DR1 识别的敏感性达到 80%，特异性为 80%。

通过上述方法，我们不仅在图片有无病变的识别上得到了一个较高的准确率，并且实现了对于图像中病灶区域位置的标注。

所述支持向量机分类器通过结合微血管瘤病变识别模型、出血病变识别模型和渗出病变识别模型识别结果提取得到的病变特征信息，将病变特征信息输入到 SVM 分类器中进行训练得到。

所述病变特征信息包括但不限于病变区域的个数、面积、形状、灰度、圆度和纵横比。

一种基于上述方法对糖尿病视网膜图像分类的系统，包括：

微血管瘤识别模块，用于使用微血管瘤病变识别模型对待检图像进行识别，标注待检图像中的微血管瘤病变部位并获取相应的病变特征参数；

出血识别模块，用于使用出血病变识别模型对待检图像进行识别，对识别得到的出血病变区域进行分割并获取相应的病变特征参数；

渗出识别模块，用于使用渗出病变识别模型对待检图像进行识别，对识别得到的渗出病变区域进行分割并获取相应的病变特征参数；

分类模块，用于对识别待检图像得到的各病变区域的特征参数进行分类以获取待检图像病变等级分类结果。

本发明实施例具有可扩展性，目前包含了三种典型糖尿病眼底病变的识别模型；随着疾病病理变化及检测需要，我们可以根据深度学习技术训练相应病变的识别模型，增加相应病变的识别模块。

需要强调的是：以上仅是本发明的较佳实施例而已，并非对本发明作任何形式上的限制，凡是依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化与修饰，均仍属于本发明技术方案的范围。

1、一种基于深度学习的糖尿病视网膜图像分类方法，其特征在于，包括：

获取待识别眼底图像；

将同一待识别眼底图像分别导入微血管瘤病变识别模型、出血病变识别模型和渗出病变识别模型中进行识别；根据识别结果提取病变特征信息，再采用经训练的支持向量机分类器对提取的病变特征信息分类，获得眼底图像对应的病变等级分类结果；

所述微血管瘤病变识别模型通过提取眼底图像中微血管瘤病变候选区域，进行微血管瘤病变区域和非微血管瘤病变区域标注，再输入 CNN 模型进行训练得到；

所述出血病变识别模型通过对眼底图像中出血病变区域和非出血病变区域进行标注，再输入 FCN 模型进行训练得到；

所述渗出病变识别模型通过对眼底图像中渗出病变区域和非渗出病变区域进行标注，再输入 FCN 模型进行训练得到。

2、根据权利要求 1 所述基于深度学习的糖尿病视网膜图像分类方法，其特征是，所述微血管瘤病变识别模型基于 CNN 模型训练得到，包括以下步骤：

A1，图像预处理：提取绿色通道图像，对绿色通道图像使用 r-polynomial 变换进行图像灰度矫正，再利用高斯滤波进行去噪处理，得到矫正图像  $I'_W$ ；

A2，微血管瘤病变候选区域  $I_{\text{candidate}}$  提取：在矫正图像  $I'_W$  上随机选取一个像素点，以该像素点作为基准，以角度  $\alpha$  为步长生成不同尺度的线性结构元素，利用生成的线性结构元素对矫正图像  $I'_W$  进行形态学处理，得到不同尺度线性结构元素的响应结果，保留每个像素点对应的最小响应结果  $I_{\text{closed}}$ ，得到  $I_{\text{candidate}} = I_{\text{closed}} - I'_W$ ，对  $I_{\text{candidate}}$  进行混合阈值分割提取；

A3，数据标注：对微血管瘤病变候选区域  $I_{\text{candidate}}$  分割提取的结果进行病变和非病变标注，生成训练集；

A4，模型训练：输入训练集至 CNN 模型进行训练，得到微血管瘤病变识别模型。

3、根据权利要求 2 所述基于深度学习的糖尿病视网膜图像分类方法，其特征是，所述 r-polynomial 变换为：

$$I_W(i, j) = f(x) = \begin{cases} \frac{\frac{1}{2}(\mu_{\max} - \mu_{\min})}{(\mu_W(i, j) - \min(G))^r}, & G(i, j) \leq \mu_W(i, j) \\ \frac{-\frac{1}{2}(\mu_{\max} - \mu_{\min})}{(\mu_W(i, j) - \max(G))^r}, & G(i, j) > \mu_W(i, j) \end{cases},$$

其中，r 是多项式的幂，取值为 2； $\mu_{\min}$  是灰度最小值，取值为 0； $\mu_{\max}$  是灰度最大值，取值为 1；

G 是提取的绿色通道图像； $\mu_w(i,j)$ 是绿色通道图像以(i,j)为中心、半径为 W 的邻域内灰度均值； $I_w$ 是利用 r-polynomial 变换得到灰度均衡化图像。

4、根据权利要求 2 基于深度学习的糖尿病视网膜图像分类方法，其特征是，所述混合阈值分割提取的条件为：

$$t_k = \begin{cases} t_l, & \forall t_s: CC(I_{\text{candidate}} > t_s) < K \\ t_k, & CC(I_{\text{candidate}} > t_s) \leq K, \\ t_u, & \forall t_s: CC(I_{\text{candidate}} > t_s) > K \end{cases}$$

其中，K 为常数，代表形态学处理中微血管瘤病变候选区域的最大个数，CC 代表统计病变候选区域个数的函数；

$t_l$ 是设置的最小阈值， $t_u$ 是最大阈值， $t_k$ 为满足 CC 条件的阈值， $t_s$ 是以 0.001~0.004 步长逐渐增长的阈值；

将 $t_s$ 从 $I_{\text{candidate}}$ 的最小值按照最小灰度间隔增加到 $I_{\text{candidate}}$ 的最大灰度值，直到函数CC统计的个数满足上式的条件为止，使用阈值 $t_k$ 二值化 $I_{\text{candidate}}$ 提取得到微血管瘤病变候选区域的二值图。

5、根据权利要求 1 所述基于深度学习的糖尿病视网膜图像分类方法，其特征是，所述出血病变识别模型和渗出病变识别模型均基于 FCN 模型训练得到，包括以下步骤：

B1，通过图像处理对眼底图像进行病变区域和非病变区域标注，生成训练集；

B2，使用 U-net 网络结构构建 FCN 模型，每次随机取训练集中部分已标注数据进行训练，得到训练后的病变识别模型；训练采用的代价函数是 DICE。

6、根据权利要求 1、2 或 5 所述基于深度学习的糖尿病视网膜图像分类方法，其特征是，所述对眼底图像的标注还生成测试集，对已训练模型采用测试集测试，评估已训练模型的识别能力。

7、根据权利要求 1、2、5 或 6 所述基于深度学习的糖尿病视网膜图像分类方法，其特征是，所述对眼底图像的标注还生成验证集，在模型训练中采用验证集进行修正，防止网络过拟合。

8、根据权利要求 1 所述基于深度学习的糖尿病视网膜图像分类方法，其特征是，所述支持向量机分类器通过对训练集对应的病变特征信息进行分类训练得到。

9、根据权利要求 8 所述基于深度学习的糖尿病视网膜图像分类方法，其特征是，所述病变特征

信息包括病变区域的个数、面积、形状、灰度、圆度和纵横比。

10、一种基于上述任一项权利要求所述方法对糖尿病视网膜图像分类的系统，包括：

微血管瘤识别模块，用于使用微血管瘤病变识别模型对待检图像进行识别，标注待检图像中的微血管瘤病变部位并获取相应的病变特征参数；

出血识别模块，用于使用出血病变识别模型对待检图像进行识别，对识别得到的出血病变区域进行分割并获取相应的病变特征参数；

渗出识别模块，用于使用渗出病变识别模型对待检图像进行识别，对识别得到的渗出病变区域进行分割并获取相应的病变特征参数；

分类模块，用于对识别待检图像得到的各病变区域的特征参数进行分类以获取待检图像病变等级分类结果。

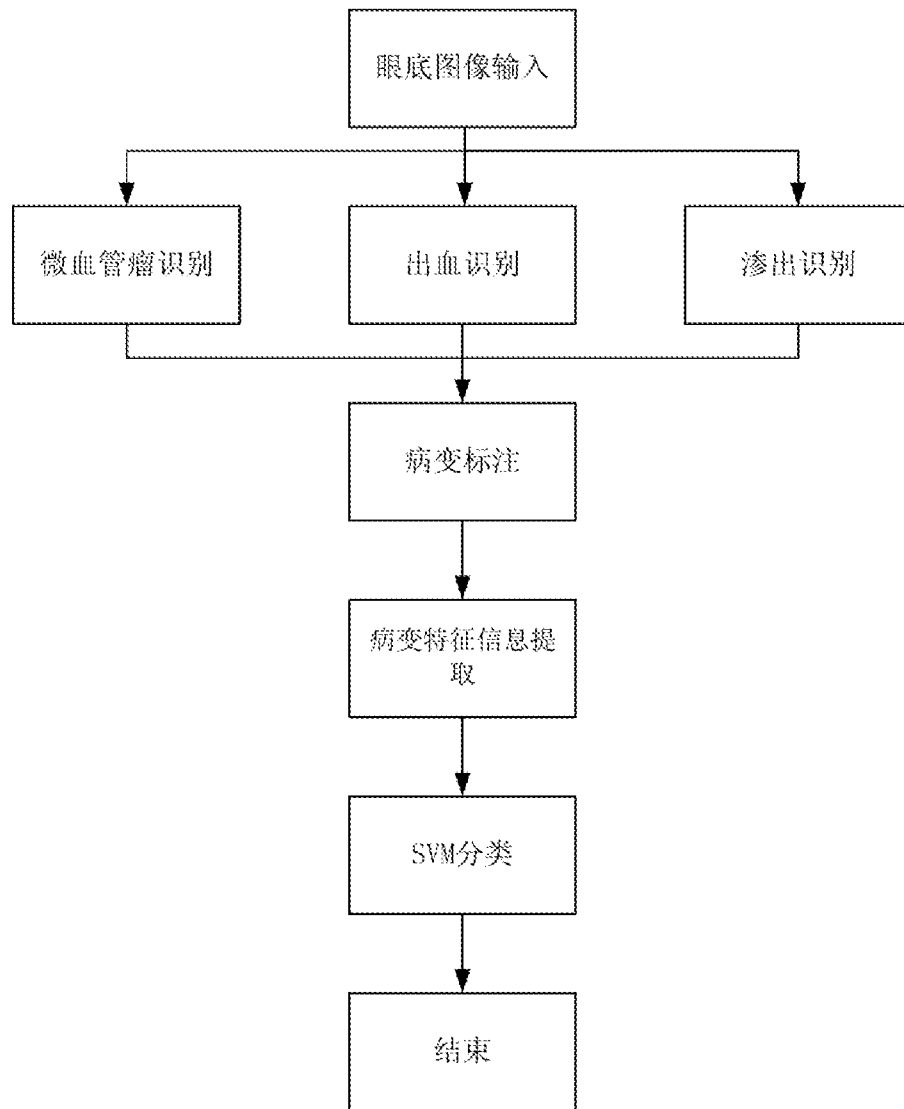


图 1

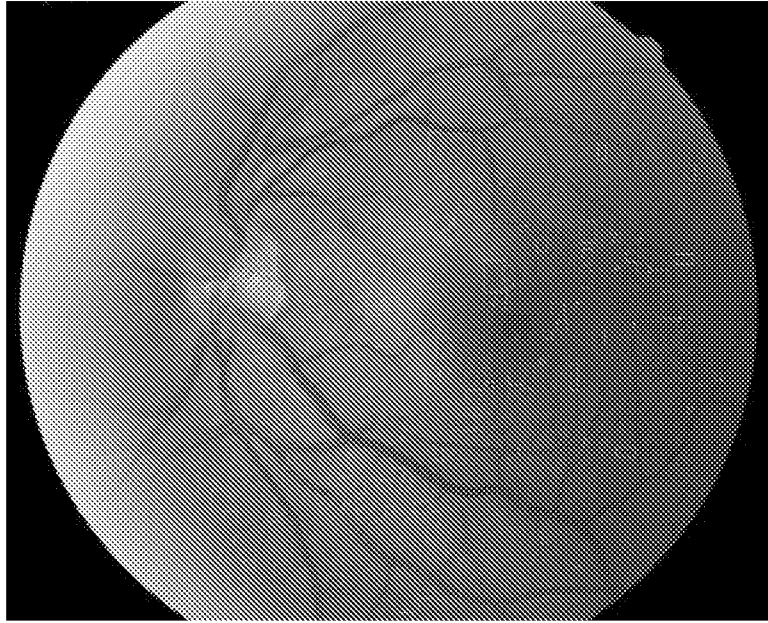


图 2

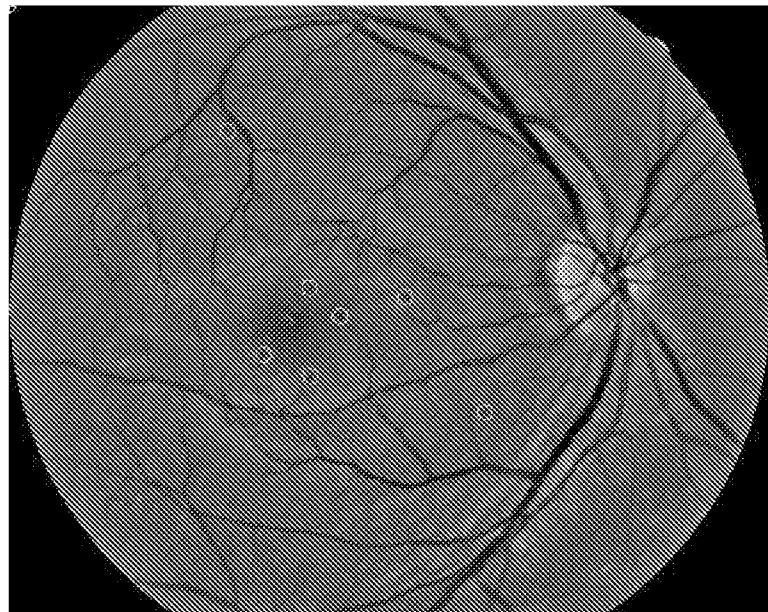


图 3

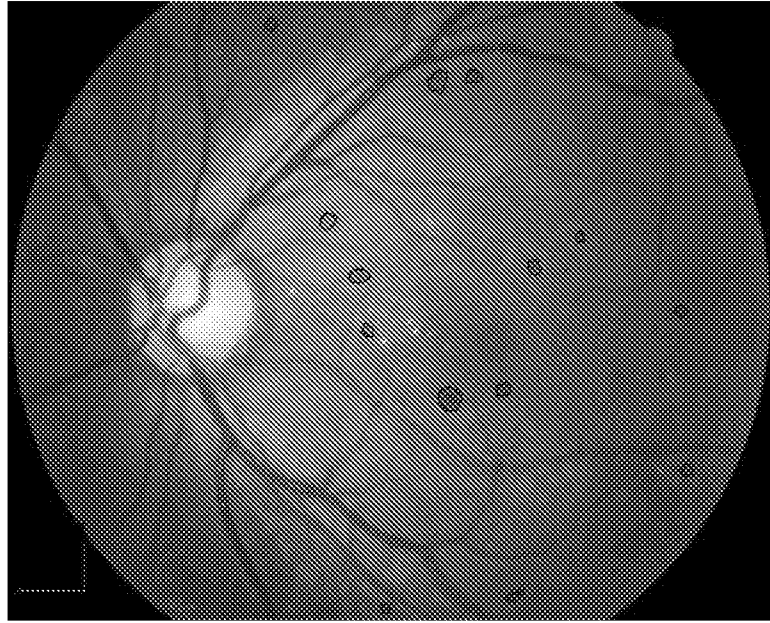


图 4

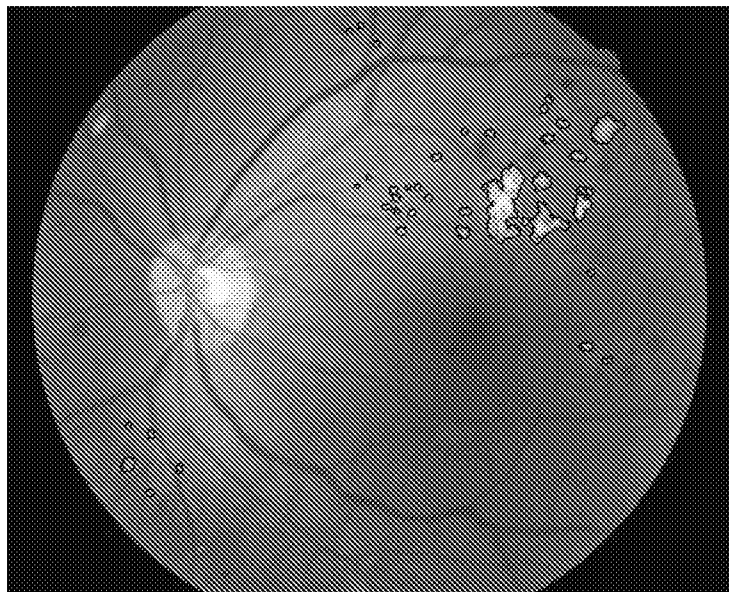


图 5

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/CN2018/098390**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
G06K 9/62(2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
G06K		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
CNKI, CNPAT, WPI, EPODOC: 糖尿病, 视网膜, 眼底, 血管瘤, 动脉瘤, 出血, 渗出, 病变, 模型, 识别, 卷积神经网络, 全神经网络, 等级, 级别, 分级, 分类, 支持向量机, DR, diabetic, retina, focus, pupil, MAS, Microaneurysm, HS, Haemorrhage, EXs, exudate, model, recognize, identify, segment, classify, grade, level, CNN, FCN, SVM		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 107680684 A (BAIDU ONLINE NETWORK TECHNOLOGY (BEIJING) CO., LTD.) 09 February 2018 (2018-02-09) description, paragraphs [0030]-[0100], and figures 1-4	1-10
A	CN 107330449 A (REDASEN TECHNOLOGY (DALIAN) CO., LTD.) 07 November 2017 (2017-11-07) entire document	1-10
A	CN 107203778 A (PING AN TECHNOLOGY (SHENZHEN) CO., LTD.) 26 September 2017 (2017-09-26) entire document	1-10
A	CN 103870838 A (NANJING UNIVERSITY OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS ET AL.) 18 June 2014 (2014-06-18) entire document	1-10
A	CN 107423571 A (SHENZHEN SIBIONICS CO., LTD. ET AL.) 01 December 2017 (2017-12-01) entire document	1-10
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
17 December 2018		02 January 2019
Name and mailing address of the ISA/CN		Authorized officer
State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088 China		
Facsimile No. (86-10)62019451		Telephone No.



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/CN2018/098390**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	107680684	A	09 February 2018	None			
CN	107330449	A	07 November 2017	None			
CN	107203778	A	26 September 2017	WO	2018201647	A1	08 November 2018
CN	103870838	A	18 June 2014	None			
CN	107423571	A	01 December 2017	WO	2018201633	A1	08 November 2018
				CN	108553079	A	21 September 2018
				CN	108172291	A	15 June 2018
WO	2016132115	A1	25 August 2016	US	2018068440	A1	08 March 2018

<p><b>A. 主题的分类</b></p> <p>G06K 9/62 (2006.01) i</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类</p>																							
<p><b>B. 检索领域</b></p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>G06K</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))</p> <p>CNKI, CNPAT, WPI, EPODOC: 糖尿病, 视网膜, 眼底, 血管瘤, 动脉瘤, 出血, 渗出, 病变, 模型, 识别, 卷积神经网络, 全神经网络, 等级, 级别, 分级, 分类, 支持向量机, DR, diabetic, retina, focus, pupil, MAS, Microaneurysm, HS, Haemorrhage, EXs, exudate, model, recognize, identify, segment, classify, grade, level, CNN, FCN, SVM</p>																							
<p><b>C. 相关文件</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>CN 107680684 A (百度在线网络技术北京有限公司) 2018年 2月 9日 (2018 - 02 - 09) 说明书第[0030]-[0100]段、附图1-4</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 107330449 A (瑞达昇科技大连有限公司) 2017年 11月 7日 (2017 - 11 - 07) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 107203778 A (平安科技深圳有限公司) 2017年 9月 26日 (2017 - 09 - 26) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103870838 A (南京航空航天大学 等) 2014年 6月 18日 (2014 - 06 - 18) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 107423571 A (深圳硅基仿生科技有限公司 等) 2017年 12月 1日 (2017 - 12 - 01) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2016132115 A1 (UNIVERSITY OF SURREY) 2016年 8月 25日 (2016 - 08 - 25) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	A	CN 107680684 A (百度在线网络技术北京有限公司) 2018年 2月 9日 (2018 - 02 - 09) 说明书第[0030]-[0100]段、附图1-4	1-10	A	CN 107330449 A (瑞达昇科技大连有限公司) 2017年 11月 7日 (2017 - 11 - 07) 全文	1-10	A	CN 107203778 A (平安科技深圳有限公司) 2017年 9月 26日 (2017 - 09 - 26) 全文	1-10	A	CN 103870838 A (南京航空航天大学 等) 2014年 6月 18日 (2014 - 06 - 18) 全文	1-10	A	CN 107423571 A (深圳硅基仿生科技有限公司 等) 2017年 12月 1日 (2017 - 12 - 01) 全文	1-10	A	WO 2016132115 A1 (UNIVERSITY OF SURREY) 2016年 8月 25日 (2016 - 08 - 25) 全文	1-10
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
A	CN 107680684 A (百度在线网络技术北京有限公司) 2018年 2月 9日 (2018 - 02 - 09) 说明书第[0030]-[0100]段、附图1-4	1-10																					
A	CN 107330449 A (瑞达昇科技大连有限公司) 2017年 11月 7日 (2017 - 11 - 07) 全文	1-10																					
A	CN 107203778 A (平安科技深圳有限公司) 2017年 9月 26日 (2017 - 09 - 26) 全文	1-10																					
A	CN 103870838 A (南京航空航天大学 等) 2014年 6月 18日 (2014 - 06 - 18) 全文	1-10																					
A	CN 107423571 A (深圳硅基仿生科技有限公司 等) 2017年 12月 1日 (2017 - 12 - 01) 全文	1-10																					
A	WO 2016132115 A1 (UNIVERSITY OF SURREY) 2016年 8月 25日 (2016 - 08 - 25) 全文	1-10																					
<p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>																							
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p> <p>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</p> <p>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p> <p>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p> <p>“&amp;” 同族专利的文件</p>																							
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2018年 12月 17日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2019年 1月 2日</p>																					
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中国国家知识产权局(ISA/CN)</p> <p>中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>		<p>受权官员</p> <p>金笑聪</p> <p>电话号码 86-10-53961714</p>																					

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/098390

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	107680684	A	2018年 2月 9日	无			
CN	107330449	A	2017年 11月 7日	无			
CN	107203778	A	2017年 9月 26日	WO	2018201647	A1	2018年 11月 8日
CN	103870838	A	2014年 6月 18日	无			
CN	107423571	A	2017年 12月 1日	WO	2018201633	A1	2018年 11月 8日
				CN	108553079	A	2018年 9月 21日
				CN	108172291	A	2018年 6月 15日
WO	2016132115	A1	2016年 8月 25日	US	2018068440	A1	2018年 3月 8日