

(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
2018 年 11 月 1 日 (01.11.2018)



(10) 国际公布号
WO 2018/196370 A1

- (51) 国际专利分类号:
G06K 9/20 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2017/113361
- (22) 国际申请日: 2017 年 11 月 28 日 (28.11.2017)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201710286024.1 2017 年 4 月 25 日 (25.04.2017) CN
- (71) 申请人: 华南理工大学 (SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国广东省广州市南沙区环市大道南路 25 号华工大广州产研院, Guangdong 511458 (CN)。
- (72) 发明人: 谢巍 (XIE, Wei); 中国广东省广州市南沙区环市大道南路 25 号华工大广州产研院, Guangdong 511458 (CN)。 何伶珍 (HE, Lingzhen);

中国广东省广州市南沙区环市大道南路 25 号华工大广州产研院, Guangdong 511458 (CN)。 张浪文 (ZHANG, Langwen); 中国广东省广州市南沙区环市大道南路 25 号华工大广州产研院, Guangdong 511458 (CN)。 李博 (LI, Bo); 中国广东省广州市南沙区环市大道南路 25 号华工大广州产研院, Guangdong 511458 (CN)。

(74) 代理人: 广州市华学知识产权代理有限公司 (GUANGZHOU HUAXUE INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.); 中国广东省广州市天河区五山路 381 号物资大楼首层, Guangdong 510640 (CN)。

(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,

(54) Title: PATTERN RECOGNITION-BASED VISUAL PROJECTION INTERACTION SYSTEM AND INTERACTION METHOD

(54) 发明名称: 一种基于模式识别的视觉投影交互系统及交互方法

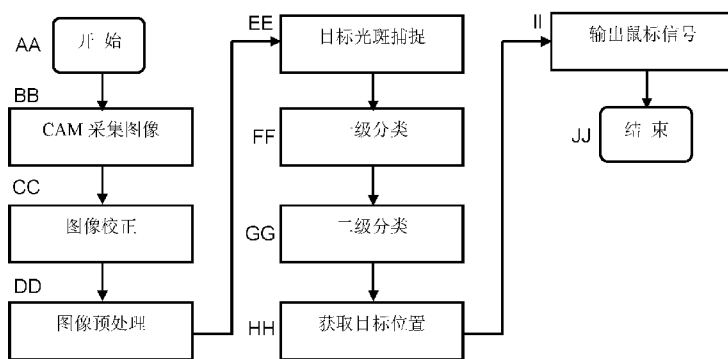


图 1

AA START
BB CAM COLLECTS IMAGE
CC IMAGE CORRECTION
DD IMAGE PRE-PROCESS
EE TARGET LIGHT SPOT CAPTURING

FF PRIMARY CLASSIFICATION
GG SECONDARY CLASSIFICATION
HH ACQUIRE TARGET POSITION
II OUTPUT CURSOR SIGNAL
JJ END

(57) Abstract: A pattern recognition-based visual projection interaction system and interaction method. The system comprises a projector 1, a camera 2, an infrared emitter 3 and a PC. First, the system forms a plane covered by a near infrared light source in a projection area; when a user moves in the area, light spots are diffusely reflected to the legs of the user; also, an infrared filter is added to a lens of the camera 2 to reduce the background complexity and highlights the target light spots. Next, by calculating morphologic parameters such as area, area to perimeter ratio, and circularity of infrared light spots on human legs and performing filtering, a primary coarse-grained classifier is formed. Then, a minimum error rate Bayesian Discriminant in a pattern recognition method is used as a secondary fine-grained classifier. Finally, coordinates of a target on an image are mapped to coordinates of a cursor of the PC, thereby enabling control over the cursor.

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)。

根据细则4.17的声明:

— 发明人资格 (细则4.17(iv))

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种基于模式识别的视觉投影交互系统及交互方法, 包括投影仪1、摄像头2、红外管3及PC机; 首先, 该系统在投影区域内, 形成一个近红外光源覆盖的平面, 用户在区域内运动时, 其脚部将产生漫反射光斑, 同时, 摄像头2镜头添加红外滤光片以降低背景复杂度和突出目标光斑; 其次, 通过计算人体脚部红外光斑的面积、面积周长比以及圆形度等形态学参数并滤波, 形成第一级粗粒度分类器; 然后, 使用模式识别方法中的最小错误率贝叶斯判别作为二级细粒度分类器, 最后, 将图像上的目标物坐标映射到PC机的鼠标坐标, 进而实现对鼠标的控制。

一种基于模式识别的视觉投影交互系统及交互方法

技术领域

本发明涉及计算机视觉和模式识别领域，具体涉及一种基于模式识别的视觉投影交互系统及交互方法。

背景技术

交互是增强现实技术将虚拟的物体与现实场景结合，能够让用户与虚拟环境进行交互。它让用户产生一种身临其境的感觉，并为其营造出一种全新的动感交互式体验。而视觉投影交互系统是增强现实的一个重要应用，它是依靠先进的计算机视觉技术和投影显示技术，创造出一种具有真实感的交互模式。

发明内容

为了克服现有技术存在的缺点与不足，本发明首要的目的是提供一种基于模式识别的视觉投影交互系统。

本发明的另一目的是提供一种基于模式识别的视觉投影交互方法。

本发明采用如下技术方案：

一种基于模式识别的视觉投影交互系统，包括投影仪、摄像头、红外管、红外滤光片及 PC 机；

所述摄像头固定在支架上，支架垂直固定在水平地面上，所述摄像头与 PC 机连接，红外管安装在支架的底部，红外滤光片安装在摄像头镜头后部，所述投影仪安装在支架的后侧，高于摄像头且与 PC 机连接，并且使 PC 机的显示画面投影在使用者和摄像头之间形成投影区域。

所述红外管具体为一字线型红外管。

一种视觉投影交互系统的交互方法，包括如下步骤：

S1 对摄像头进行畸变校正，打开红外管，照射投影区域；

S2 摄像头采集在投影区域用户的脚部图像，对图像进行预处理提取二值化图的高亮连通域；

S3 在高亮连通域中捕捉使用者的脚部目标光斑；

S4 采用两级分类器对目标光斑进行分类，具体为：

一级分类器求得脚部目标光斑的三个参数并滤波，得到粗略目标光斑，所

述三个参数分别为：目标光斑圆形成度、目标光斑面积周长比及目标光斑的面积；

二级分类器首先提取粗略目标光斑的模板特征参数，然后对其进行学习形成样本特征数据库，最后使用最小错误率贝叶斯判别计算待测样本的贝叶斯概率，得到精确目标光斑；

S5 计算精确目标光斑下半部的几何中心作为目标中心点，采用基于线性插值法的坐标映射方法，将目标光斑的坐标映射到 PC 机的鼠标坐标，进一步控制鼠标的动作。

所述三个参数分别为：目标光斑圆形成度、目标光斑面积周长比及目标光斑的面积，具体计算为：

目标光斑圆形成度的计算方法如下：

$$R = \frac{\|B_i\|^2}{4\pi A_i}$$

$$R_1 \leq R \leq R_2$$

其中， R 为圆形成度， B_i 为光斑区域周长， A_i 为光斑区域的面积， R_1 为 0.4， R_2 为 0.8；

目标光斑面积：

$$S_1 \leq S \leq S_2$$

其中， S_1 和 S_2 为光斑面积的上下边界值
面积周长比：

$$Rate = \frac{A_i}{B_i} \geq Rate_{\min}$$

A_i 表示光斑的面积， B_i 表示光斑的周长， $Rate_{\min}$ 为面积周长比最小值。

所述二级分类器首先对粗略目标光斑进行模板特征参数提取，具体为：

求得粗略目标光斑的区域的最小外接矩形；

将该最小外接矩形的长和宽等分成 N 等分，构成 $N \times N$ 个小区域，所述 N 为自然数；

计算每个小区域中高亮点的占比，并将比值作为该小区域的特征值：

$$R_i = \frac{S_w}{S_{all}}$$

其中， R_i 为每个小区域的特征值， S_w 为白像素点个数， S_{all} 为小区域的像素

点总数。

所述计算精确目标光斑下半部的几何中心作为目标中心点，具体为：选取光斑区域下半部 N 个高亮像素点的平均中心，并使平均中心在图像纵坐标方向上叠加一个偏移量，以此来代表几何中心即目标中心点。

所述 S4 中提取粗略目标光斑的模板特征参数，具体为：

首先找到该光斑的最小外接矩形，其次将最小外接矩形的长和宽等分成 N 等分，构成 $N \times N$ 个小区域，最后计算每个小区域中高亮点的占比，并将该比值作为该小区域的特征值。

使用最小错误率贝叶斯判别计算待测样本的贝叶斯概率，得到精确目标光斑，具体为：计算待测样本在样本特征数据库的贝叶斯后验概率，比较待测样本在样本特征数据库的后验概率大小，则后延概率最大为待测样本的分类结果。

所述将目标光斑的坐标映射到 PC 机的活动区域的鼠标坐标，具体采用线性插值法：

四边形 ABCD 代表投影区域的边界点，可得 A、B、C、D 这 4 个边界点组成的 4 条边界方程：

$$\overrightarrow{AB}: y = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}(x - x_A) + y_A$$

$$\overrightarrow{BC}: y = \frac{y_C - y_B}{x_C - x_B}(x - x_B) + y_B$$

$$\overrightarrow{CD}: y = \frac{y_C - y_D}{x_C - x_D}(x - x_D) + y_D$$

$$\overrightarrow{DA}: y = \frac{y_D - y_A}{x_D - x_A}(x - x_A) + y_A$$

由上述四个式及光斑目标中心点坐标 (x_0, y_0) ，依次计算出 (x_0, y_1) 、 (x_0, y_2) 、 (x_1, y_0) 、 (x_2, y_0) 四个点的坐标，利用线性插值的原理，得到目标光斑在 PC 机上的坐标：

$$(x'_0, y'_0) = \left(\frac{x_0 - x_1}{x_2 - x_1} \cdot W, \frac{y_0 - y_1}{y_2 - y_1} \cdot H \right)$$

其中， W 和 H 分别为 PC 机显示器的分辨率的宽和高，转换后的 (x'_0, y'_0) 为最终的映射结果。

本发明的有益效果：

(1) 使用近红外辅助光源突出目标。在投影区域内，形成一个近红外光源覆盖的平面。当用户在踩踏该区域时，其脚部对近红外光产生漫反射并形成高亮的目标光斑。同时，摄像头镜头添加了红外滤光片，降低了图像背景的复杂度；

(2) 将形态学参数滤波作为第一级分类器。通过计算人体脚部高亮光斑的面积、面积周长比以及圆形度等形态学参数并滤波，形成第一级分类器；

(3) 使用模式识别方法中的最小错误率贝叶斯判别作为二级分类器。首先，通过提取先验样本目标区域的模板特征参数；然后，对其进行学习，形成样本特征数据库；最后，使用最小错误率贝叶斯判别计算待测样本的贝叶斯概率，可判断出待测样本属于哪个先验样本类别；

(4) 设计一种基于线性插值法的坐标映射方法。该方法用于将图像中目标的坐标准确地映射到 PC 机的鼠标坐标，进而控制鼠标的动作。

附图说明

图 1 是本发明的工作流程图；

图 2 是本发明的结构示意图；

图 3 是本发明的摄像头畸变校正工作流程图；

图 4 是本发明图像预处理的工作流程图；

图 5 是本发明一级分类器的流程图；

图 6 是目标中心点到 PC 坐标映射示意图。

图 7 是辅助排序的数据结构图

具体实施方式

下面结合实施例及附图，对本发明作进一步地详细说明，但本发明的实施方式不限于此。

实施例

如图 2 所示，一种基于模式识别的视觉投影交互系统，包括投影仪 1、摄像头 2、红外管 3 及 PC 机；所述摄像头 2 固定在支架上，支架垂直固定在水平地面上，红外管 3 安装在支架的底部，支架背后安装投影仪 1，高于摄像头且与 PC 机连接，并且使 PC 机的显示画面投影在使用者和摄像头之间形成投影区域，

使用者在使用本系统时，面向系统装置，脚尖指向系统装置所在的位置，便可在主动光源的探照下产生有效的脚部光斑，并在摄像头中成像。

本实施例中红外管具体为一字线型红外管，摄像头的镜头后设置红外滤片，以降低背景复杂度和突出目标光斑。

如图 1、图 3、图 4、图 5 及图 6 所示，一种视觉投影交互的交互方法，包括如下步骤：

S1 对摄像头进行畸变校正，打开红外管，照射投影区域；

使用 MATLAB 的标定工具箱获取摄像头的内参数矩阵以及误差矩阵，并进行相关畸变校正。

S2 摄像头采集在投影区域用户的脚部图像，对图像进行预处理提取二值化图的高亮连通域；具体为：

本系统使用 OPENCV 图像库提供的 API 函数 `cvFindContours` 实现目标光斑捕捉的功能。`cvFindContours` 函数可从二值图像中检索高亮连通域的轮廓，并返回轮廓的个数。该函数的输入参数有 7 个：

- 1、指向需要进行处理的二值化图像的指针值；
- 2、指向被捕捉出来的轮廓所存放的容器的指针值；
- 3、指向首个被捕捉出来的轮廓结构的指针；
- 4、轮廓结构体的大小；
- 5、轮廓检索的方式；
- 6、边缘描述的方式；
- 7、轮廓点坐标的偏移量。

以上的参数必须按顺序输入，使用该函数应注意以下几点：

- 1、输入的图像必须是单通道图像，否则将计算出错；
- 2、`cvFindContours` 处理后，输入的图像内容会被修改，变成只有边缘轮廓的二值图；
- 3、必须创建一个内存空间保存被检索到的轮廓信息，否则检索后会出现内存泄漏。

S3 在高亮连通域中捕捉使用者的脚部目标光斑

S4 采用两级分类器对目标光斑进行分类，具体为：

S4.1 一级分类器具体为：求得脚部目标光斑的三个参数并滤波，得到粗略目标光斑，所述三个参数分别为：目标光斑圆形度、目标光斑的面积及目标光斑面积周长比；

圆形度的计算方法如下：

$$R = \frac{\|B_i\|^2}{4\pi A_i} \quad (3)$$

$$R_1 \leq R \leq R_2 \quad (4)$$

其中， R 为圆形度， B_i 为光斑区域周长， A_i 为光斑区域的面积。通过对每个高亮光斑的圆形度进行限幅滤波，即可在形态学上区分脚部与非脚部的光斑：

考虑到人脚的大小，其漫反射光斑面积既不能过大，亦不能过小，于是引入面积带通滤波：

$$S_1 \leq S \leq S_2 \quad (6)$$

其中， S_1 和 S_2 为光斑面积的上下边界值，上下边界值则是通过大量实验得到的经验值。

再考虑到人脚光斑不具有狭长的形状特征。而狭长的光斑其面积周长比较小，于是本文又提出对光斑的面积周长比进行高通滤波：

$$Rate = \frac{A_i}{B_i} \geq Rate_{\min}$$

A_i 表示光斑的面积， B_i 表示光斑的周长， $Rate_{\min}$ 为面积周长比最小值。通过统计不同物体的上述 3 个形态学参数，得出如下统计表：

物品名称	测试数量(个)	面积(像素点)	面积周长比	圆形度
人体脚部	100	100~250	3.0~4.5	0.4~0.8
箱子	100	150~300	2.0~4.0	0.3~0.7
小纸团	100	30~80	2.0~2.5	0.8~1.1
笔	100	40~90	0.90~1.20	0.1~0.2
小刀	100	100~200	1.2~2.5	0.2~0.6

由上表可看出，通过将圆形度限制在 0.4 到 0.8 之间，可基本过滤小纸团和笔等杂物。但是，该方法对于箱子和小刀的过滤性能仍然不够理想。因此，在经过一级分类之后，仍然存在某些物品在面积、面积周长比以及圆形度的度量上混淆，无法做出精确的识别和分类。

S4.2 二级分类器具体包括如下步骤：

S4.2.1 首先提取粗略目标光斑的模板特征参数，具体为：

首先找到光斑区域的最小外接矩形；

将该最小外接矩形的长和宽等分成 N 等分, 构成 $N \times N$ 个小区域, 所述 N 为自然数;

计算每个小区域中高亮点的占比, 并将比值作为该小区域的特征值:

$$R_i = \frac{S_w}{S_{all}}$$

其中, R_i 为每个小区域的特征值, S_w 为白像素点个数, S_{all} 为小区域的像素点总数。

形成光斑区域的模板特征矩阵

$$\begin{bmatrix} 0.54 & 0.05 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.75 & 0.65 & 0.10 & 0.08 & 0.15 \\ 0.75 & 0.80 & 1.0 & 0.89 & 0.71 \\ 0.29 & 0.83 & 1.0 & 0.91 & 0.50 \\ 0.0 & 0.26 & 0.73 & 0.66 & 0.00 \end{bmatrix}$$

然后对其进行学习形成样本特征数据库, 最后使用最小错误率贝叶斯判别计算待测样本的贝叶斯概率, 得到精确目标光斑;

BAYES 推断公式如下:

$$P(\omega_i | X) = \frac{P(X | \omega_i)P(\omega_i)}{\sum_{j=1}^n P(X | \omega_j)P(\omega_j)} \quad (10)$$

其中, $P(\omega_i | X)$ 为待测样本对于第 i 类样本库的后验概率, $P(\omega_i)$ 为样本库的先验概率, $P(X | \omega_i)$ 为条件概率密度。其思想是, 根据某类别的先验概率以及特征向量 X 在某类别特征空间中的概率密度, 计算出 X 属于该类别的概率。

由上述公式 (10) 分析, 对于每个类别 ω_i 而言, 分母 $\sum_{j=1}^n P(X | \omega_j)P(\omega_j)$ 的值都是固定的。则判别特征向量 X 的后验概率可由:

$$H_i(x) = P(X | \omega_i)P(\omega_i) \quad (11)$$

所决定。同时, 容易从样本库中计算先验概率 $P(\omega_i)$ 。因此, 则只需要推导类条件概率密度 $P(X | \omega_i)$ 即可形成有效的判别函数。 $P(X | \omega_i)$ 可以通过正态分布来近似, 如下所示:

$$P(X | \omega_i) = \frac{1}{(2\pi)^{N/2} |S|^{1/2}} \exp\left[-\frac{1}{2}(X - \bar{\mu})^T S^{-1}(X - \bar{\mu})\right] \quad (12)$$

其中, X 为 N 维特征向量, μ 为 N 维均值向量, $S = E[(X - \mu)(X - \mu)^T]$ 为 N 维协方差矩阵。为简化计算, 取 $H_i(x)$ 的对数作为判别函数, 由公式(11)、公式(12)可得:

$$\begin{aligned} \ln[P(X | \omega_i)P(\omega_i)] &= \ln\left\{\frac{1}{(2\pi)^{N/2}|S|^{1/2}} \exp\left[-\frac{1}{2}(X - \bar{\mu})^T S^{-1}(X - \bar{\mu})\right]P(\omega_i)\right\} \\ &= -\frac{1}{2}(X - \bar{\mu})^T S^{-1}(X - \bar{\mu}) - \frac{N}{2}\ln(2\pi) - \frac{1}{2}\ln|S_i| + \ln P(\omega_i) \end{aligned} \quad (13)$$

其中, $\bar{\mu}$ 、 $|S_i|$ 、 $P(\omega_i)$ 、 S^{-1} 都可根据样本库数据进行计算。于是, 从公式(13)可得出一个只关于未知变量 X 的判别函数。通过将待测样本作为 X 代入公式(13)中, 并作以下计算:

$$\max_{i=1,2,\dots,n} (\ln[P(X | \omega_i)P(\omega_i)]) \quad (14)$$

取最大的判别函数的值所对应的类别 i 为所求。

S5 计算精确目标光斑下半部的几何中心作为目标中心点, 采用基于线性插值法的坐标映射方法, 将目标光斑的坐标映射到 PC 机的鼠标坐标, 进一步控制鼠标的动作。

其中, 计算精确目标光斑下半部的集中中心作为目标中心点, 具体为:

选取光斑区域下半部的几何中心作为目标中心点, 计算方法如下:

$$\begin{cases} \bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \\ \bar{y} = \Delta_y + \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i \end{cases} \quad (15)$$

其中, x_i 和 y_i 为光斑下半区域内每个高亮像素点的二维坐标。为了使中心点有效地代表人体脚部的前端, 设置 Δ_y 为中心点在 y 方向上的线性调整余量。

另外, 考虑到每帧图像之间存在电抖动而导致光斑区域最外延波动较大, 于是从连通域的最外延向内收缩, 再求取其几何中心。同时, 在求取光斑下半区域的几何中心时, 需要对光斑区域内大量的点进行排序, 为降低时间复杂度, 需要设计两个数据结构进行排序辅助。

图 7 中, 维护一个大小为 10 的最小二叉堆。通过最小二叉堆的调整, 可在 $\log M$ 时间复杂度下使该最小二叉堆的根节点为最小值。每进行一次最小堆调整后, 去掉根节点元素, 从 VECTOR 里面取一个新的高亮坐标点 y 值放进根节点, 再进行下一轮的调整。直到 VECTOR 中的点全部取完, 此时最小二叉堆里面的 10 个点即为 y 值最大的 10 个点。使用公式(15)即可计算出光斑的中心点坐标。

整个过程的时间复杂度为：

$$O((N-M)\log M) \quad (16)$$

当 M 远小于 N 时，上述方法的时间复杂度远小于直接对所有点快速排序的 $O(N \log N)$ 。

所述目标中心点到 PC 坐标的映射

本发明设计了一种基于线性插值法的坐标映射方法，图 6 所示，四边形 ABCD 代表投影区域在摄像头中的成像。可得 A、B、C、D 这 4 个边界点组成的 4 条边界方程：

$$\overrightarrow{AB}: y = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}(x - x_A) + y_A \quad (17)$$

$$\overrightarrow{BC}: y = \frac{y_C - y_B}{x_C - x_B}(x - x_B) + y_B \quad (18)$$

$$\overrightarrow{CD}: y = \frac{y_C - y_D}{x_C - x_D}(x - x_D) + y_D \quad (19)$$

$$\overrightarrow{DA}: y = \frac{y_D - y_A}{x_D - x_A}(x - x_A) + y_A \quad (20)$$

于是，由公式 (17)、公式 (18)、公式 (19)、公式 (20) 和上一节计算得出的光斑目标中心点坐标 (x_0, y_0) ，便可依次计算出 (x_0, y_1) 、 (x_0, y_2) 、 (x_1, y_0) 、 (x_2, y_0) 。再利用线性插值的原理，可得到目标点在图像坐标下的坐标位置与 PC 坐标上的映射：

$$(x'_0, y'_0) = \left(\frac{x_0 - x_1}{x_2 - x_1} \cdot W, \frac{y_0 - y_1}{y_2 - y_1} \cdot H \right) \quad (21)$$

其中， W 和 H 分别为 PC 机显示器的分辨率的宽和高，于是，转换后的 (x'_0, y'_0) 为最终的映射结果。

系统在投影区域内，形成一个近红外光源覆盖的平面。用户在区域内运动时，其脚部将产生漫反射光斑。同时，摄像头镜头添加红外滤光片以降低背景复杂度和突出目标光斑；其次，通过计算人体脚部红外光斑的面积、面积周长比以及圆形度等形态学参数并滤波，形成第一级粗粒度分类器；然后，使用模式识别方法中的最小错误率贝叶斯判别作为二级细粒度分类器。最后，将图像上的目标物坐标映射到 PC 机的鼠标坐标，进而实现对鼠标的控制，达到用户与

系统交互的目的。

上述实施例为本发明较佳的实施方式，但本发明的实施方式并不受所述实施例的限制，其他的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化，均应为等效的置换方式，都包含在本发明的保护范围之内。

权利要求书

1、一种基于模式识别的视觉投影交互系统，其特征在于，包括投影仪、摄像头、红外管、红外滤光片及 PC 机；

所述摄像头固定在支架上，支架垂直固定在水平地面上，所述摄像头与 PC 机连接，红外管安装在支架的底部，红外滤光片安装在摄像头镜头后部，所述投影仪安装在支架的后侧，高于摄像头且与 PC 机连接，并且使 PC 机的显示画面投影在使用者和摄像头之间形成投影区域。

2、根据权利要求 1 所述的视觉投影交互系统，其特征在于，所述红外管具体为一字线型红外管。

3、一种采用权利要求 1-2 任一项所述的视觉投影交互系统的交互方法，其特征在于，包括如下步骤：

S1 对摄像头进行畸变校正，打开红外管，照射投影区域；

S2 摄像头采集在投影区域用户的脚部图像，对图像进行预处理提取二值化图的高亮连通域；

S3 在高亮连通域中捕捉使用者的脚部目标光斑；

S4 采用两级分类器对目标光斑进行分类，具体为：

一级分类器求得脚部目标光斑的三个参数并滤波，得到粗略目标光斑，所述三个参数分别为：目标光斑圆形度、目标光斑面积周长比及目标光斑的面积；

二级分类器首先提取粗略目标光斑的模板特征参数，然后对其进行学习形成样本特征数据库，最后使用最小错误率贝叶斯判别计算待测样本的贝叶斯概率，得到精确目标光斑；

S5 计算精确目标光斑下半部的几何中心作为目标中心点，采用基于线性插值法的坐标映射方法，将目标光斑的坐标映射到 PC 机的鼠标坐标，进一步控制鼠标的动作。

4、根据权利要求 3 所述的交互方法，其特征在于，所述三个参数分别为：目标光斑圆形度、目标光斑面积周长比及目标光斑的面积，具体计算为：

目标光斑圆形度的计算方法如下：

$$R = \frac{\|B_i\|^2}{4\pi A_i}$$

$$R_1 \leq R \leq R_2$$

其中， R 为圆形度， B_i 为光斑区域周长， A_i 为光斑区域的面积， R_1 为 0.4， R_2

为 0.8;

目标光斑面积:

$$S_1 \leq S \leq S_2$$

其中, S_1 和 S_2 为光斑面积的上下边界值
面积周长比:

$$Rate = \frac{A_i}{B_i} \geq Rate_{\min}$$

A_i 表示光斑的面积, B_i 表示光斑的周长, $Rate_{\min}$ 为面积周长比最小值。

5、根据权利要求 3 所述的交互方法, 其特征在于, 所述二级分类器首先对粗略目标光斑进行模板特征参数提取, 具体为:

求得粗略目标光斑的区域的最小外接矩形;

将该最小外接矩形的长和宽等分成 N 等分, 构成 $N \times N$ 个小区域, 所述 N 为自然数;

计算每个小区域中高亮点的占比, 并将比值作为该小区域的特征值:

$$R_i = \frac{S_w}{S_{all}}$$

其中, R_i 为每个小区域的特征值, S_w 为白像素点个数, S_{all} 为小区的像素点总数。

6、根据权利要求 3 所述的交互方法, 其特征在于, 所述计算精确目标光斑下半部的几何中心作为目标中心点, 具体为: 选取光斑区域下半部 N 个高亮像素点的平均中心, 并使平均中心在图像纵坐标方向上叠加一个偏移量, 以此来代表几何中心即目标中心点。

7、根据权利要求 3 所述的交互方法, 其特征在于, 所述 S4 中提取粗略目标光斑的模板特征参数, 具体为:

首先找到该光斑的最小外接矩形, 其次将最小外接矩形的长和宽等分成 N 等分, 构成 $N \times N$ 个小区域, 最后计算每个小区域中高亮点的占比, 并将该比值作为该小区域的特征值。

8、根据权利要求 3 所述的交互方法, 其特征在于, 使用最小错误率贝叶斯判别计算待测样本的贝叶斯概率, 得到精确目标光斑, 具体为: 计算待测样本在样本特征数据库的贝叶斯后验概率, 比较待测样本在样本特征数据库的后验

概率大小，则后延概率最大为待测样本的分类结果。

9、根据权利要求3所述的交互方法，其特征在于，所述将目标光斑的坐标映射到PC机的活动区域的鼠标坐标，具体采用线性插值法：

四边形ABCD代表投影区域的边界点，可得A、B、C、D这4个边界点组成的4条边界方程：

$$\overrightarrow{AB}: y = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}(x - x_A) + y_A$$

$$\overrightarrow{BC}: y = \frac{y_C - y_B}{x_C - x_B}(x - x_B) + y_B$$

$$\overrightarrow{CD}: y = \frac{y_C - y_D}{x_C - x_D}(x - x_D) + y_D$$

$$\overrightarrow{DA}: y = \frac{y_D - y_A}{x_D - x_A}(x - x_A) + y_A$$

由上述四个式及光斑目标中心点坐标 (x_0, y_0) ，依次计算出 (x_0, y_1) 、 (x_0, y_2) 、 (x_1, y_0) 、 (x_2, y_0) 四个点的坐标，利用线性插值的原理，得到目标光斑在PC机上的坐标：

$$(x'_0, y'_0) = \left(\frac{x_0 - x_1}{x_2 - x_1} \cdot W, \frac{y_0 - y_1}{y_2 - y_1} \cdot H \right)$$

其中，W和H分别为PC机显示器的分辨率的宽和高，转换后的 (x'_0, y'_0) 为最终的映射结果。

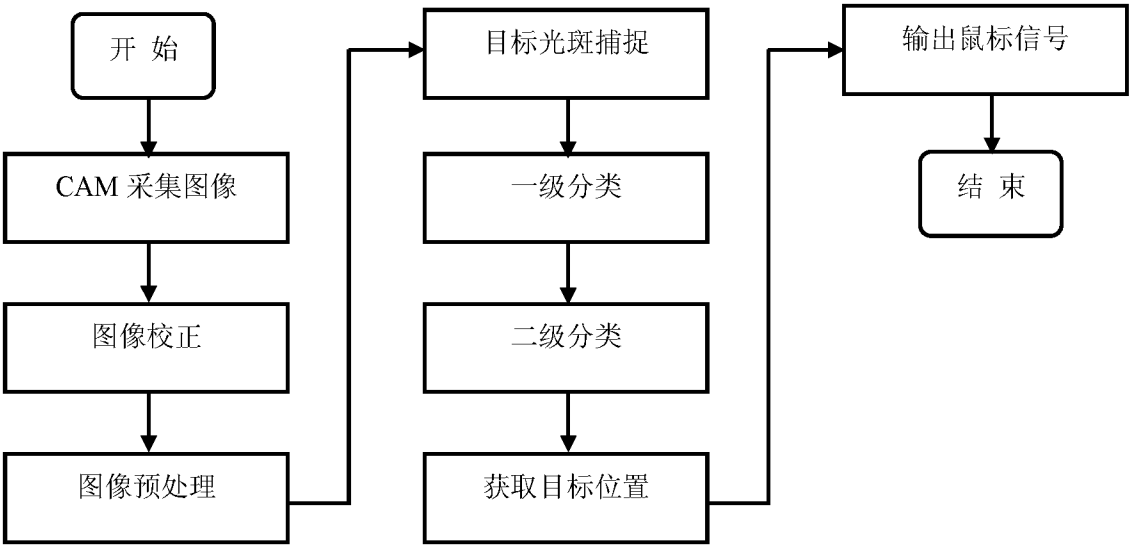


图 1

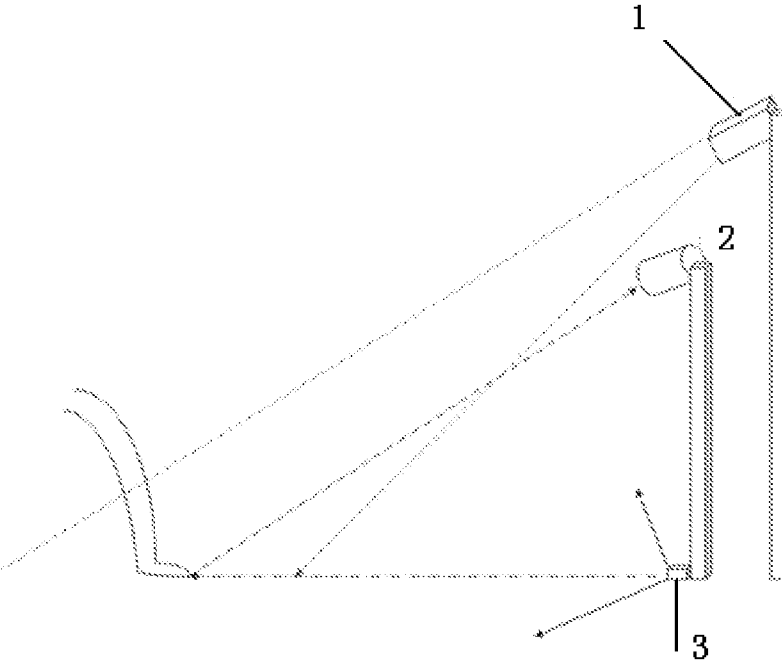


图 2

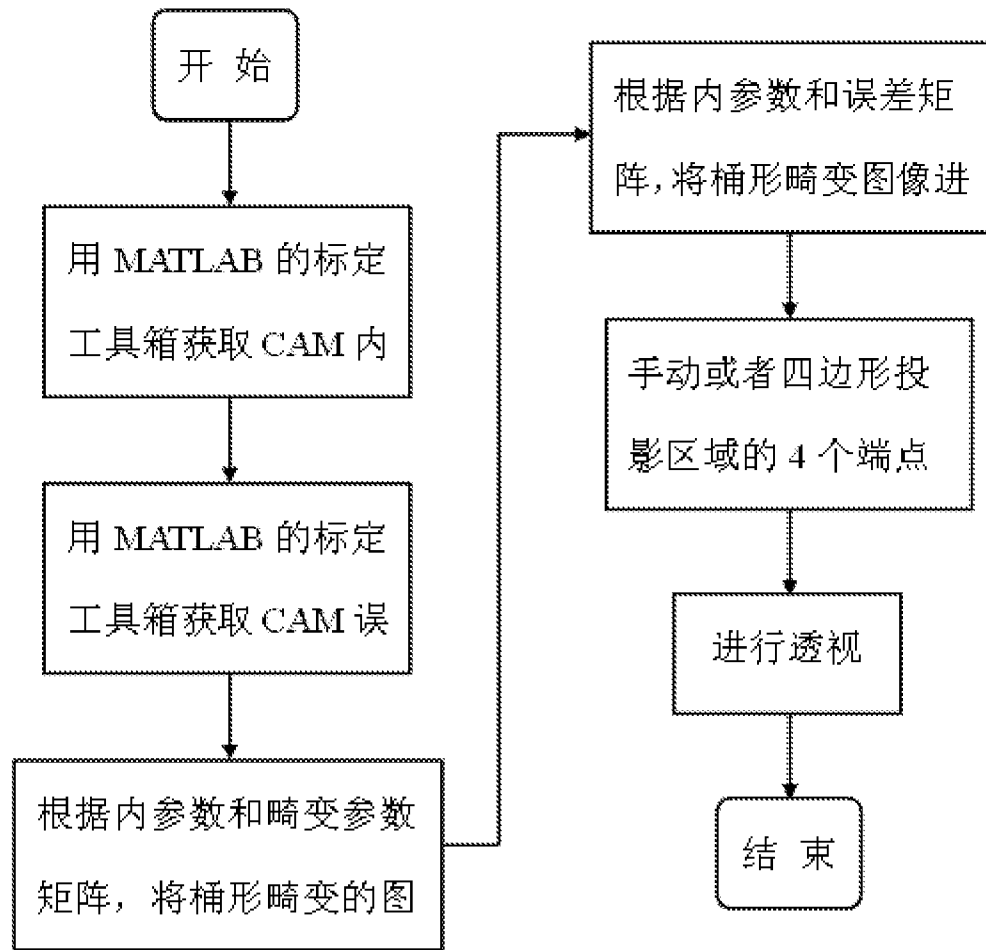


图 3

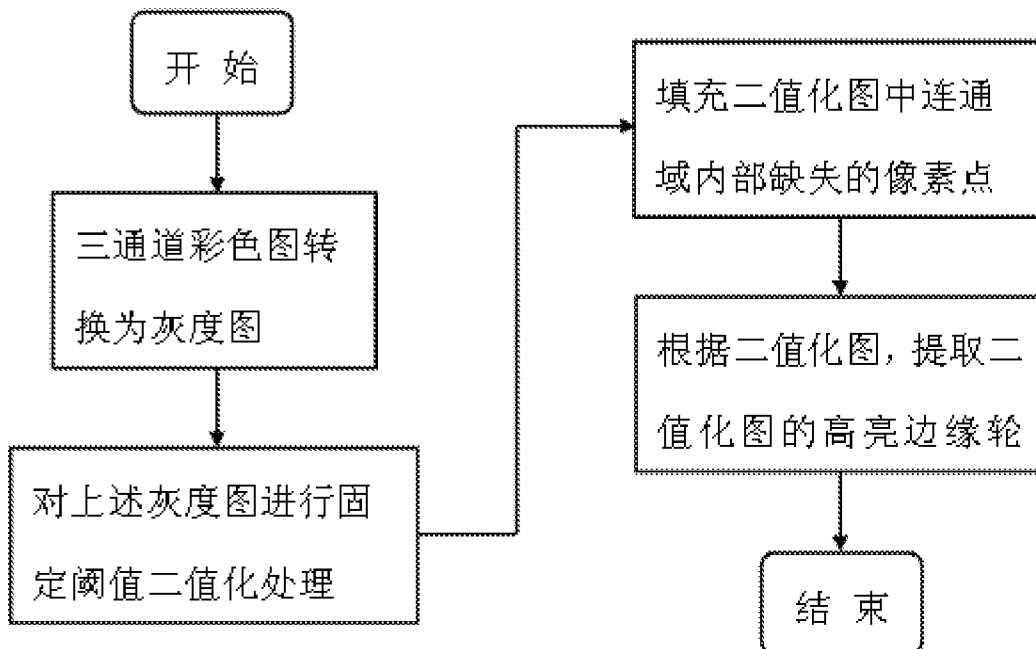


图 4

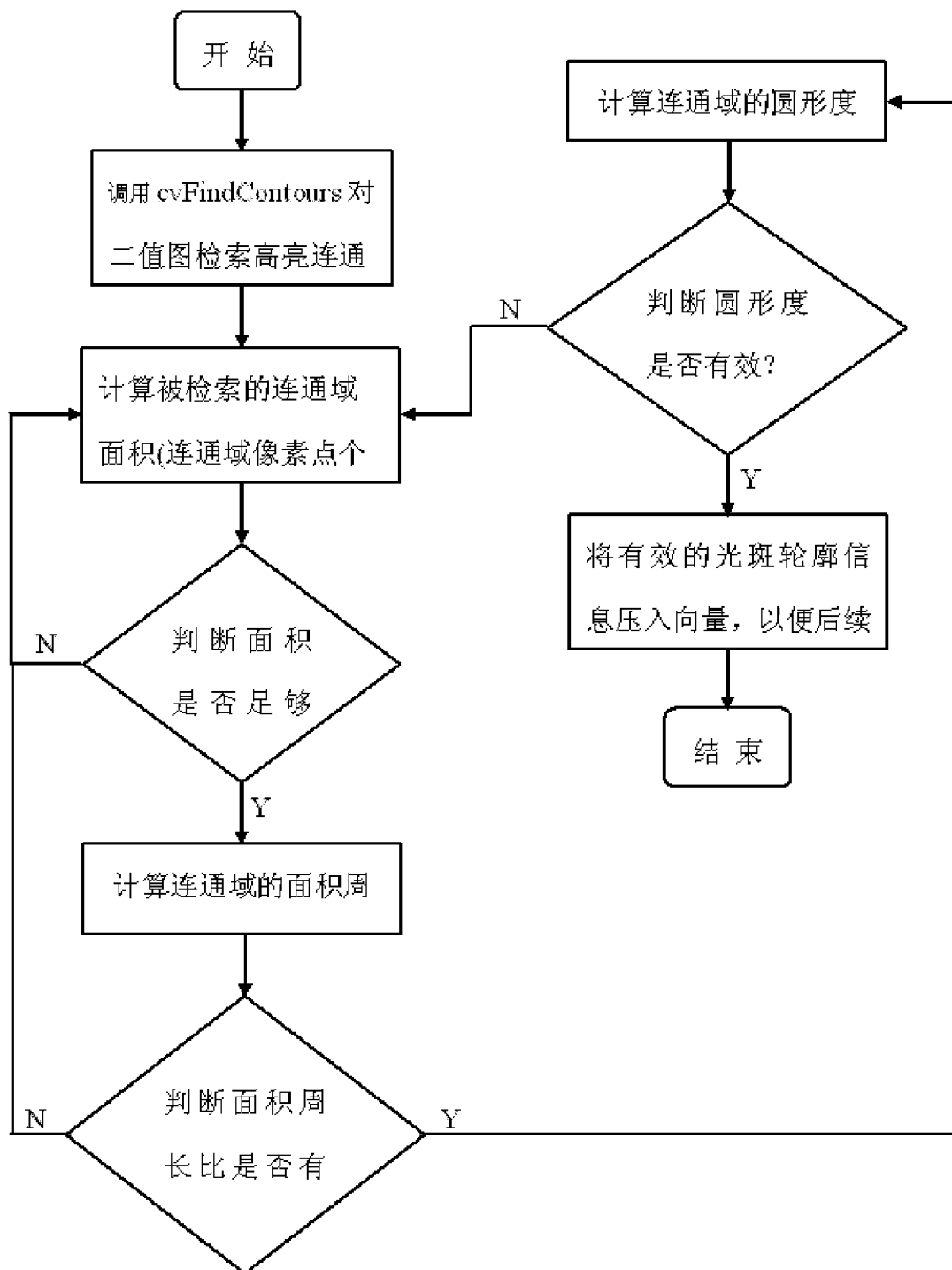


图 5

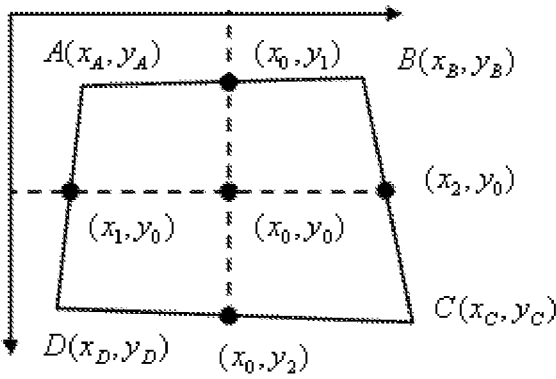


图 6

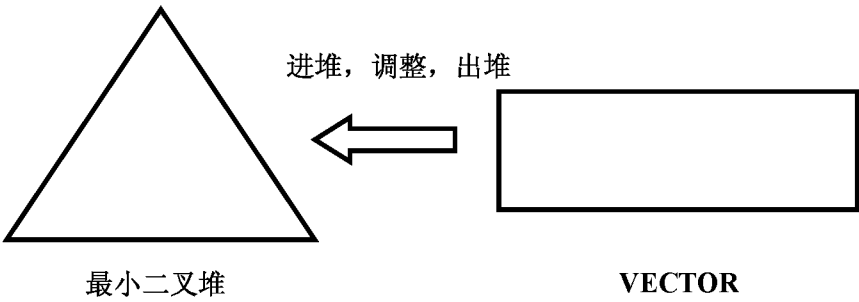


图 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/113361

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06K 9/20 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

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)

CNPAT, WPI, EPODOC, CNKI, IEEE: 模式, 识别, 视觉, 投影, 交互, 红外, vision, project+, interaction, mode, pattern, identif+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	黄进钰, “基于线性分类器的视觉投影交互系统”, 中国优秀硕士学位论文全文数据库 信息科技辑, no. 2, 15 February 2017 (15.02.2017), ISSN: 1674-0246, pages 14-18, 22-25, 28-50 and 61, (HUANG, Jinyu, “Visual Projection Interaction System Based on Linear Classifier”, Electronic Technology & Information Science, China Master’s Theses Full-Text Database)	1-9
PX	CN 106991417 A (SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY), 28 July 2017 (28.07.2017), claims 1-9	1-9
A	CN 101561710 A (CHONGQING UNIVERSITY), 21 October 2009 (21.10.2009), entire document	1-9
A	CN 103677274 A (VTRON TECHNOLOGIES LTD.), 26 March 2014 (26.03.2014), entire document	1-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“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
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“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
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“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
“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)	“&” document member of the same patent family
“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	

Date of the actual completion of the international search 02 February 2018	Date of mailing of the international search report 26 February 2018
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer MA, Xiaoyu Telephone No. (86-10) 010-53961352

International application No.
PCT/CN2017/113361

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 2009)

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/113361

A. 主题的分类 G06K 9/20 (2006.01) i 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																	
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) G06K 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 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)) CNPAT, WPI, EPODOC, CNKI, IEEE: 模式, 识别, 视觉, 投影, 交互, 红外, vision, project+, interaction, mode, pattern, identif+																	
C. 相关文件 <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>X</td> <td>黄进钰. "基于线性分类器的视觉投影交互系统" 中国优秀硕士学位论文全文数据库 信息科技辑, 第2期, 2017年 2月 15日 (2017 - 02 - 15), ISSN: 1674-0246, 第14-18、22-25、28-50、61页</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 106991417 A (华南理工大学) 2017年 7月 28日 (2017 - 07 - 28) 权利要求1-9</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 101561710 A (重庆大学) 2009年 10月 21日 (2009 - 10 - 21) 全文</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103677274 A (广东威创视讯科技股份有限公司) 2014年 3月 26日 (2014 - 03 - 26) 全文</td> <td>1-9</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	X	黄进钰. "基于线性分类器的视觉投影交互系统" 中国优秀硕士学位论文全文数据库 信息科技辑, 第2期, 2017年 2月 15日 (2017 - 02 - 15), ISSN: 1674-0246, 第14-18、22-25、28-50、61页	1-9	PX	CN 106991417 A (华南理工大学) 2017年 7月 28日 (2017 - 07 - 28) 权利要求1-9	1-9	A	CN 101561710 A (重庆大学) 2009年 10月 21日 (2009 - 10 - 21) 全文	1-9	A	CN 103677274 A (广东威创视讯科技股份有限公司) 2014年 3月 26日 (2014 - 03 - 26) 全文	1-9
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求															
X	黄进钰. "基于线性分类器的视觉投影交互系统" 中国优秀硕士学位论文全文数据库 信息科技辑, 第2期, 2017年 2月 15日 (2017 - 02 - 15), ISSN: 1674-0246, 第14-18、22-25、28-50、61页	1-9															
PX	CN 106991417 A (华南理工大学) 2017年 7月 28日 (2017 - 07 - 28) 权利要求1-9	1-9															
A	CN 101561710 A (重庆大学) 2009年 10月 21日 (2009 - 10 - 21) 全文	1-9															
A	CN 103677274 A (广东威创视讯科技股份有限公司) 2014年 3月 26日 (2014 - 03 - 26) 全文	1-9															
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																	
* 引用文件的具体类型: "A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 "E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 "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) "O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 "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 "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 "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 "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 "&" 同族专利的文件																	
国际检索实际完成的日期 2018年 2月 2日		国际检索报告邮寄日期 2018年 2月 26日															
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10) 62019451		受权官员 马晓宇 电话号码 (86-10) 010-53961352															

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/113361

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	106991417	A	2017年 7月 28日	无	
CN	101561710	A	2009年 10月 21日	无	
CN	103677274	A	2014年 3月 26日	无	