

# 基于人脸关键特征的眼镜增强匹配算法

宋根龙, 田 彤, 陈 轩, 李 毅\*

(温州大学 计算机与人工智能学院, 浙江 温州 325000)

**摘 要:**提出了一种基于人脸特征识别的增强现实的个性化眼镜匹配算法。针对人的脸部特征,采用了人脸识别技术,能够准确定位到摄像头下的人脸的形状特征。在获得人脸的特征点之后,根据人脸特征进行眼镜素材模型的位置增强绑定,并通过相应的图像处理模块,对已有的眼镜素材模型进行人脸特征点匹配的调整操作,根据检测到的人脸大小及位置进行调整,使得该算法能够应用于摄像设备下移动人脸的眼镜模型匹配的动态增强现实图像的呈现。实验结果表明,针对不同种类的眼镜,以及不同类型的人脸,该算法能够有效应用于动态人脸的个性化眼镜的匹配呈现,效果显示较好,部分眼镜匹配效果甚至与真实的眼镜效果无异,增强现实环境中更为直观。

**关键词:**增强现实;人脸识别;特征匹配;图像处理;眼镜匹配

中图分类号:TP391.41

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2022)04-0181-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2022.04.031

## Glasses Augmented Matching Algorithm Based on Key Features of Facial Detection

SONG Gen-long, TIAN Tong, CHEN Xuan, LI Yi\*

(School of Computer and Artificial Intelligence, Wenzhou University, Wenzhou 325000, China)

**Abstract:** A personalized glasses matching algorithm based on facial feature recognition and augmented reality is proposed. For human facial features, facial recognition technology is adopted, which can accurately locate the shape features of the face under the camera. After the feature points of the face, the position enhancement binding of the glasses material model is carried out according to the facial features, and the adjustment operation of the face feature point matching is performed on the existing glasses material model through the corresponding image processing module. According to the size and position of the detected face, the algorithm can be applied to the presentation of dynamic augmented reality images matched by the glasses model of the moving face under the camera equipment. The test results show that for different types of glasses and different types of faces, the proposed algorithm can be effectively applied to the matching presentation of personalized glasses with dynamic faces. The effect is better, and the matching effect of some glasses is even no match for the real glasses, more intuitive in the augmented reality environment.

**Key words:** augmented reality; face recognition; feature matching; image processing; glasses matching

## 0 引言

增强现实(augmented reality, AR)是一种通过运用虚拟信息补充现实世界的技术,而这些虚拟信息似乎能够与现实世界共存<sup>[1]</sup>。同时,作为数字化技术的拓展和延伸,增强现实技术利用数字摄像头在获取到真实世界的信息之后,通过计算机图形算法<sup>[2]</sup>,利用计算机生成的文本、图像、三维模型、音乐、视频等虚拟信息来模拟现实信息并将其运用于现实世界之中<sup>[3]</sup>,给人们一种仿佛置身于现实世界的真实体验。

时代的不断进步与发展,让增强现实技术有了更

加广阔的应用前景,其通过多媒体、实时跟踪和注册、场景融合等技术已经较为广泛地应用于教育教学<sup>[4-6]</sup>、游戏娱乐<sup>[7-8]</sup>、医疗医学<sup>[9-10]</sup>以及军事训练<sup>[11]</sup>等各个领域之中。教育教学领域,通过增强现实技术将数字环境和物理环境结合,把学生所学知识三维立体化,让学生对一些抽象概念有了不一样的感受,从而更加有助于加深学生们对于所学知识的理解,使得学生更加快乐、更加轻松地学习;游戏娱乐领域,增强现实技术将各种游戏因素结合起来,同时在游戏中将现实世界中的物体虚拟化,并创造出更多的虚拟物体,使

收稿日期:2021-04-28

修回日期:2021-08-30

基金项目:国家重点研发项目(G2018YFB1004904);温州市基础性软科学研究项目(R2020025)

作者简介:宋根龙(1997-),男,硕士研究生,研究方向为增强现实、图像处理;通讯作者:李 毅(1984-),男,博士,硕导,CCF会员(P9506M),研究方向为计算机视觉、虚拟现实。

玩家既可以体验真实般的仿真游戏,又可以体验现实中不可能存在的虚拟类游戏,给玩家们带来了更加新颖奇特的游戏体验;医疗医学领域,增强现实以其较好的虚实结合技术、实时交互能力等特点结合三维可视化、3D 打印等技术为医学的发展做出了一定的贡献,成为了医疗医学领域的新兴技术;军事训练领域,增强现实技术广泛应用于军事仿真训练领域,通过将现实世界物体的基本特征虚拟化,然后根据地理数据叠加到真实环境当中,进而构造出了一种模拟军事训练的超越真实的虚实结合环境。

在运用增强现实技术的过程中,首先要做的工作就是调用摄像头,进行图像信息的采集,也就是将现实世界中存在的真实场景在摄像机的平面上呈现出来,这个过程用到相机的几何成像模型以及基于视觉的三维注册技术<sup>[12]</sup>。而人脸识别技术则是利用计算机设备对包含人脸的图像信息进行人脸特征点识别的技术。当前,在诸多增强现实技术的应用领域当中,存在着不少以用户面部为主要增强对象的应用,即通过人脸识别技术的使用,在人的面部呈现出虚实结合的场景现象,即增强现实技术的效果呈现,例如可移动化的虚拟化妆销售平台、人脸修图、人脸卡通化等<sup>[13]</sup>,都很

好地结合了人脸识别和增强现实技术,推动了这类技术的进一步发展。

时代的发展,竞争力的不断增加,以及时尚在普通民众之中的不断深入,无论是近视眼镜还是太阳眼镜等的需求都在不断加大,导致当前眼镜的种类越来越多,而通过在眼镜店试戴不同款的眼镜来选择适合自己的眼镜的一款可能略显不便,因此针对这一问题,基于特征点提取和匹配的增强现实技术,提出了一种增强现实的个性化眼镜选配算法。通过对现实世界中真实的眼镜进行模拟仿真之后,利用人脸识别技术对摄像机采集到的人脸信息进行特征点提取,并根据人脸特征点的分布,将虚拟化的眼镜模型在人脸的特定位置显示出来,产生融合效果,人们可以很方便地观察到自己戴上不同款眼镜的效果如何,从而可以决断出哪一款眼镜最适合自己的。

## 1 眼镜选配算法

### 1.1 算法流程

设计的算法流程主要包括采集图像信息、人脸检测及定位、图像特征点提取、特征点匹配、PIL 图像处理、眼镜选配增强现实的实现,如图 1 所示。

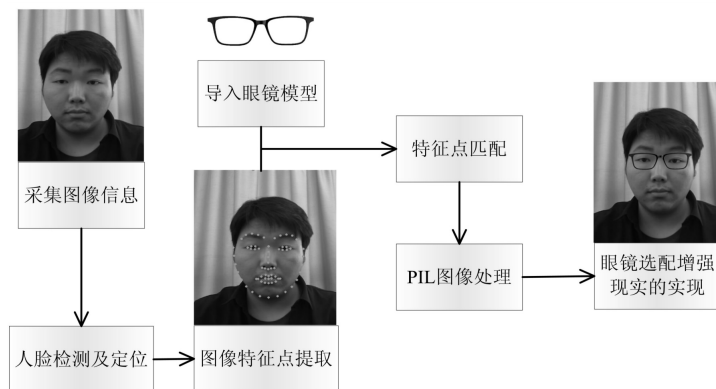


图 1 算法流程

具体流程:

首先,调用摄像头用以采集数字图像信息,然后通过使用 ERT(ensemble of regression trees)级联回归,即基于梯度提高学习的回归树方法<sup>[14]</sup>对采集到的图像信息进行人脸检测,确定图像中的人脸信息,以及图像中人脸的位置信息;同时,对人脸进行特征点的检测;然后对特征点检测之后的人脸图像进行特征点提取,将图像中人脸的特征点呈现出来。

其次,根据确定好的特征点在人脸中的位置信息,选取适合的眼镜素材模型进行特征点位置的匹配。此处的眼镜素材模型,可以由 Photoshop 处理生成得到的 PNG 格式的图像。

然后,利用 PIL 图像处理模块,根据人脸的大小、位置进行眼镜匹配的调整,包括眼睛模型的大小以及

位置等,从而达到最佳的效果。

最后,通过终端摄像头,在采集到的图像信息之上,即可得到增强现实的眼镜选配的实现效果。

### 1.2 特征提取及位置匹配

#### 1.2.1 人脸特征点标定

人脸识别技术是一种通过识别人的面部特征来确认人脸信息的技术,其可以通过多种方式来实现。该文采用的是利用 dlib 库来实现人脸识别的效果。之所以选用 dlib 库来实现,是因为 dlib 库是一个第三方的库,能够很好地实现人脸的检测和识别,其算法根据人脸特征点提取对应的 HOG 特征<sup>[15]</sup>,结合级联分类器,可以快速并且精确地进行图像信息中人脸信息的标记,其中包括一些半侧脸,甚至是一些模糊的脸型,都能够很好地满足需求。

人脸特征点的提取是人脸识别技术之中的关键部分。而通过 `dlib` 库实现人脸特征点的提取的过程为:首先,通过级联分类器(见公式 1)进行人脸检测并获取目标人脸图像。

$$f^N = \sum_{i=1}^N C^i(x) \quad (1)$$

其中,  $C^i$  表示第  $i$  个分类器,  $x$  表示特征向量,  $f$  表示分类得分,每个  $C^i$  会根据分类方法对  $x$  输出一个分类结果,进而判断检测到的是不是人脸图像信息。

然后,通过 `dlib` 库提供的分类器文件,运用 `landmark` 人脸特征点提取技术对已经检测到的图像中的人脸信息区域进行特征点的提取操作,可以提取到人脸的 68 个特征点的位置信息,如图 2 和图 3 所示(左为原图,右为特征点提取图)。

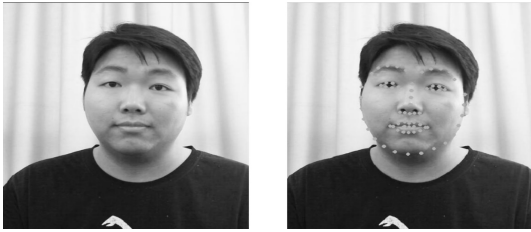


图2 正面特征点提取图



图3 偏移一定角度的特征点提取图

接着,对完成了特征点提取操作的人脸图像信息进行对齐处理,使得人脸图像变化成特征点呈现形式的图像,并且将其对齐到基准人脸图像上。

最后,将特征点呈现形式的人脸图像信息放入到通过深度学习残差神经网络训练好的人脸数据集中进行遍历对比,从而完成人脸识别<sup>[16]</sup>以及人脸特征点的标定。

#### 1.2.2 增强现实模型位置匹配

完成上述人脸特征点的标定之后,再通过相似变换公式(见公式 2 和公式 3)对每两个特征点进行计算,得到它们之间的相似变换矩阵。

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s \cos \theta & -s \sin \theta & t_x \\ s \sin \theta & -s \cos \theta & t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$x' = H_s x = \begin{pmatrix} sR & t \\ 0 & 1 \end{pmatrix} x \quad (3)$$

其中,  $R$  是旋转矩阵,  $t$  是平移矢量,  $s$  是缩放尺度。再由此计算结果得出目标人脸图像信息的区域 `rect` 坐标

以及与所要对齐到基准人脸图像之间的缩放系数等重要基础数据信息,然后再使用图像处理技术进行人脸特征点匹配个性化眼镜的操作。

图像处理<sup>[17-18]</sup>就是计算机等电子设备采用一定的算法,对给定的图像进行加工处理,以达到所需要效果的技术。该文采用的是 Python 中的 PIL(`python image library`)图像处理模块对人脸识别之后的人脸特征点匹配眼镜素材模型的效果进行实现。PIL 是计算机程序设计语言 Python 的图像处理标准库<sup>[19]</sup>,具有很好的图像处理能力。同时,PIL 图像处理模块支持图像的存储、显示和处理操作,并且能够处理的图片格式非常齐全,可以完成对图像的缩放、裁剪、叠加以及向图像中添加线条、图像和文字等操作<sup>[20]</sup>。这里通过调用 PIL 图像处理中的 `Image` 模块来进行一些具体的图像处理操作。`Image` 模块是 PIL 中的核心模块,或者说核心类,PIL 中对图像进行基础操作的功能基本都包含于此模块内。根据 `Image` 模块,载入之前通过调用摄像头采集并进行人脸识别之后的人脸图像数据,同时载入眼镜素材模型,并根据人脸识别过程中得到的区域 `rect` 坐标,确定匹配眼镜素材模型的特征点坐标,通过公式 4 计算匹配眼镜素材模型的特征点距离。

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (4)$$

其中,  $(x_1, y_1)$ 、 $(x_2, y_2)$  为两个特征点的坐标,  $d$  为两个特征点之间的距离。再根据公式 5 计算眼镜素材模型匹配特征点距离的适合尺寸。

$$\text{size} = d / (\text{width} \times \text{height}) \quad (5)$$

其中, `size` 为通过计算之后的眼镜素材模型的匹配大小, `width` 和 `height` 为眼镜素材模型的原始尺寸。然后通过 `resize` 方法,将眼镜素材模型根据计算出的适合尺寸的结果进行重新调整操作,以达到与特征点匹配的最佳效果。最后利用 `paste` 方法对眼镜素材模型与特征点进行匹配,并根据效果进行调整,使之呈现增强现实的个性化眼镜的选配实现。

## 2 实验结果与分析

为了测试算法的普适性和有效性,采用了不同的人脸图像数据在此算法中进行处理,得到了增强现实的个性化眼镜选配的实验效果。若无特别指出,涉及算法的实验平台如下:

软件平台: Windows 10, 64 位操作系统, PyCharm, Python+Opencv;

硬件平台: Intel(R) Core(TM) i5-6200U CPU @ 2.30 GHz, 8G 内存。

在个性化眼镜选配的实现过程中,利用人脸识别技术,对调用摄像头采集到的图像信息进行人脸信息的识别,并进行人脸特征点的提取操作,通过特征点的



匹配,结合眼镜素材模型,生成了具有增强现实效果的实验结果。增强现实的个性化眼镜选配的实验结果与分析如图 4 所示。

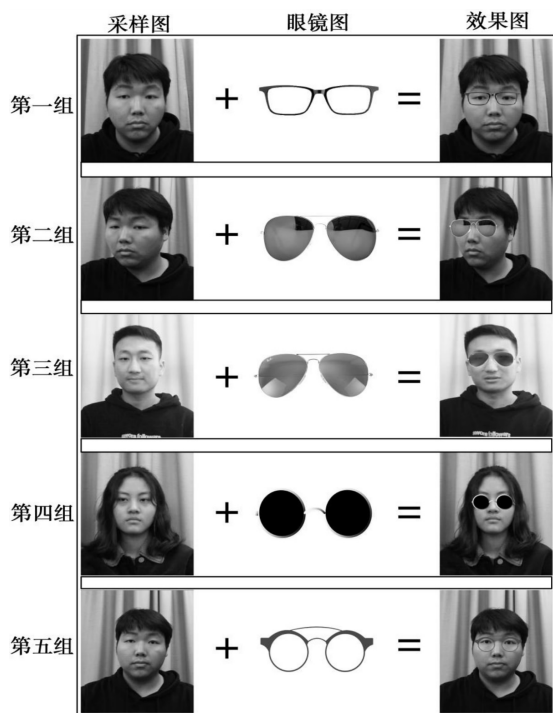


图 4 实验结果图

由图 4 中的五组实验结果以及图 5 呈现的原图与效果图的直方图对比可以看出,无论是在简单背景,还是在复杂背景下,该算法对于不同种类的眼镜以及不

同类型的人脸,都能很好地呈现增强现实的个性化眼镜选配的实验效果,甚至可以模拟真实眼镜的佩戴效果。

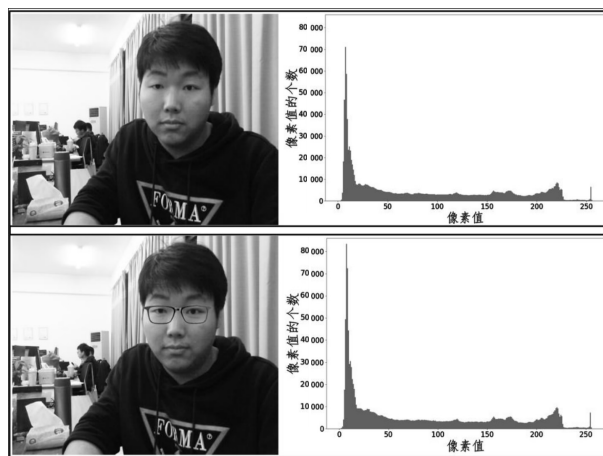


图 5 直方图对比图

根据测算出的该算法的平均帧率值在 25 ~ 29 帧/每秒,可以得出此算法满足实时性匹配的要求。同时,经过实验计算,可以得出此算法对于人脸的检测准确率约为 76%,在 GPU 和 CPU 上的耗时较短,约为 1 ~ 2 万毫秒,如表 1 和图 6 所示,对于不同人脸以及人脸的不同角度,均能较好地实现人脸识别效果。基于此,该算法能够较好地实现增强现实的个性化眼镜的实时选配需求,较好地结合了增强现实和人脸识别技术,呈现出较好的实验结果。

表 1 算法性能

人脸检测算法	准确率/%	GPU 耗时/ms	CPU 耗时/ms
dlib	76	16 232	21 254

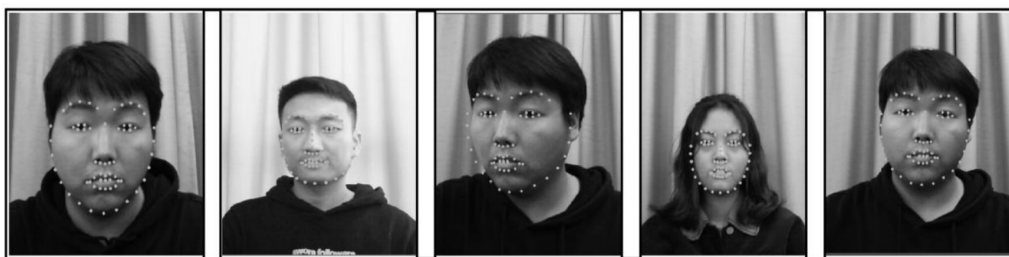


图 6 人脸特征点对比图

### 3 结束语

通过以上算法描述和结果展示,提出的增强现实的个性化眼镜选配算法,利用人脸识别技术提取人脸特征点,通过 PIL 图像处理模块对人脸特征点与眼镜素材模型进行匹配,使得算法能够呈现出增强现实的个性化眼镜的选配效果。实验结果表明,该算法广泛适用于不同类型眼镜与不同脸型的匹配,同时对于实时移动的人脸图像信息,都能产生较好的增强现实效果。然而由于此算法中应用到的眼镜素材模型均为无

两侧镜架的眼镜素材模型,故对于有两侧镜架的眼镜素材模型,不能很好地呈现出人脸佩戴眼镜的效果,同时,人脸的角度偏差,会造成眼镜素材模型不能很好地匹配到人脸的最佳位置。因此,在之后的研究过程中,将深入探究三维眼镜素材模型的匹配,根据人脸角度的变换,结合人脸识别算法,使之产生更加真实的效果,实现增强现实的三维立体化眼镜的匹配。

#### 参考文献:

- [1] GANGURDE M. Augmented reality[M]//Emerging trends

- in technology. [s. l.]:[s. n.], 2011.
- [2] 李鹏飞. 增强现实技术下的学具设计与实现[D]. 重庆:西南大学, 2016.
- [3] LV Zhihan, LLORET J, SONG Houbing. Internet of things and augmented reality in the age of 5G[J]. Computer Communications, 2020, 164:158–161.
- [4] LI Yi. Research on the application of augmented reality technology in education and teaching[C]//Proceedings of 2018 3rd international conference on future computer supported education (FCSE 2018). Information Engineering Research Institute(USA), Singapore Management and Sports Science Institute(Singapore):智能信息技术应用学会, 2018:6.
- [5] LIONO R A, AMANDA N, PRATIWI A, et al. A systematic literature review: learning with visual by the help of augmented reality helps students learn better[J]. Procedia Computer Science, 2021, 179:144–152.
- [6] 纪显俐, 丁宇龙, 杨双华. 智能沙盘地理教学演示系统[J]. 系统仿真学报, 2019, 31(12):2816–2828.
- [7] 王 益. 移动端多人互动增强现实游戏核心技术研究[D]. 武汉:武汉大学, 2018.
- [8] 王宇希, 张凤军, 刘 越. 增强现实技术研究现状及发展趋势[J]. 科技导报, 2018, 36(10):75–83.
- [9] 潘 雯, 宫 建. 3D可视化、3D打印、虚拟现实、增强现实在医学中作用的研究进展[J]. 实用医学杂志, 2017, 33(17):2969–2971.
- [10] 陈哲炜, 郭芳芳. 虚拟现实和增强现实在颌面外科中应用的研究进展[J]. 东南大学学报:医学版, 2019, 38(6):1077–1081.
- [11] 张一凡, 缪远东, 陈畅宇, 等. 户外增强现实军事仿真系统[J]. 光学技术, 2019, 45(5):622–628.
- [12] 侯守明, 韩 吉, 张煜东, 等. 基于视觉的增强现实三维注册技术综述[J]. 系统仿真学报, 2019, 31(11):2206–2215.
- [13] 谭暑秋. 面部动态增强现实的特征点检测方法研究[D]. 成都:电子科技大学, 2018.
- [14] KAZEMI V, SULLIVAN J. One millisecond face alignment with an ensemble of regression trees[C]//2014 IEEE conference on computer vision and pattern recognition (CVPR). Columbus, OH, USA:IEEE, 2014:1867–1874.
- [15] 吕红娟, 石跃祥, 成 洁. 基于YOLO与改进的DLIB多角度遮挡人脸判别方法[J]. 计算技术与自动化, 2018, 37(4):83–89.
- [16] 刘兆丰. Dlib 在人脸识别技术中的运用[J]. 电子制作, 2020(21):39–41.
- [17] LV Zhihan, LLORET J, SONG Houbing. Real-time image processing for augmented reality on mobile devices[J]. Journal of Real-Time Image Processing, 2021, 18(2):245–248.
- [18] 康 牧. 图像处理中几个关键算法的研究[D]. 西安:西安电子科技大学, 2009.
- [19] 杨琰皓. Python 使用 PIL 库识别条码及其可译码度的研究[J]. 中国自动识别技术, 2019(1):68–71.
- [20] 吴经志. Python 语言程序设计教学改革与探索[J]. 电脑知识与技术, 2019, 15(29):94–95.
- +++++
- (上接第 180 页)
- Journal of Applied Sciences Engineering & Technology, 2012, 4(9):1215–1224.
- [9] BING L I, DE X U, LANG C. Moment invariants for color constant image description[J]. Chinese Journal of Electronics, 2010(2):283–287.
- [10] 赵 爽, 马志庆, 赵文华, 等. 基于病理图像颜色和纹理特征对乳腺良恶性肿瘤的鉴别诊断[J]. 实用医药杂志, 2019, 36(5):406–409.
- [11] 汤仁民, 李国芳, 王代强. 基于小波的图像基本处理技术研究[J]. 微型机与应用, 2015, 34(2):44–46.
- [12] HARALICK R M, SHANMUGAM K, DINSTEN I. Textural features for image classification[J]. Studies in Media and Communication, 1973, SMC-3(6):610–621.
- [13] 崔红霞, 黄科涵. 基于混合纹理的计算机自动分类方法[J]. 计算机技术与发展, 2018, 28(2):158–162.
- [14] 李晓峰, 沈 毅. 基于支持向量机的超声乳腺肿瘤图像计算机辅助诊断系统[J]. 光电子·激光, 2008, 19(1):115–119.
- [15] 黄 炜, 黄志华. 一种基于遗传算法和 SVM 的特征选择[J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(6):21–24.
- [16] 邬任重. 基于多阶段多特征深度融合的乳腺癌图像识别模型研究[D]. 上海:华东交通大学, 2020.
- [17] PJS A, CP B, FS C, et al. Multiple instance learning for histopathological breast cancer image classification[J]. Expert Systems with Applications, 2019, 117:103–111.
- [18] HOU Y. Breast cancer pathological image classification based on deep learning[J]. Journal of X-Ray Science and Technology, 2020, 28(7):1–12.