

(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
2020 年 6 月 18 日 (18.06.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/119624 A1

(51) 国际专利分类号:
G06T 7/13 (2017.01)

南山区深圳大学城学苑大道 1068 号,
Guangdong 518055 (CN)。

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/123968

(22) 国际申请日: 2019 年 12 月 9 日 (09.12.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201811520198.0 2018 年 12 月 12 日 (12.12.2018) CN

(71) 申请人: 中国科学院深圳先进技术研究院 (SHENZHEN INSTITUTES OF
ADVANCED TECHNOLOGY CHINESE ACADEMY
OF SCIENCES) [CN/CN]; 中国广东省深圳市

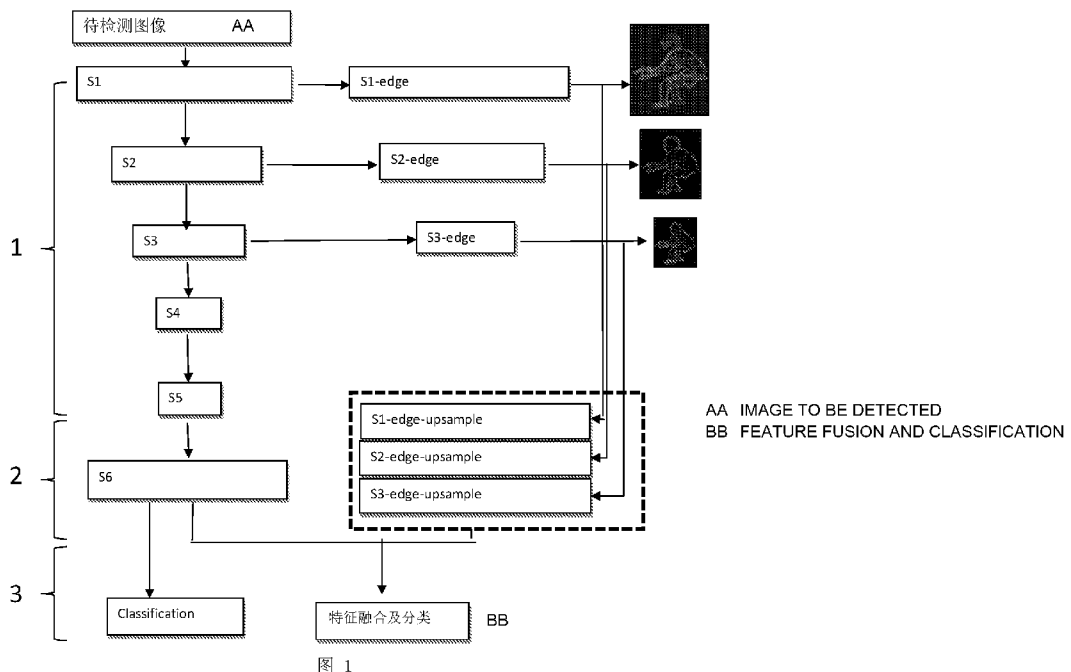
(72) 发明人: 王磊 (WANG, Lei); 中国广东省深圳市
南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong
518055 (CN)。徐成俊 (XU, Chengjun); 中国广
东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道
1068 号, Guangdong 518055 (CN)。程俊 (CHENG,
Jun); 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学
苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。

(74) 代理人: 北京市诚辉律师事务所 (BEIJING
CHENGHUI LAW FIRM); 中国北京市朝阳区朝阳
北路 99 号 2 号楼 905, Beijing 100123 (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,

(54) Title: CLASS-SENSITIVE EDGE DETECTION METHOD BASED ON DEEP LEARNING

(54) 发明名称: 一种基于深度学习的类别敏感型边缘检测方法



(57) Abstract: A class-sensitive edge detection method based on deep learning. A deep learning neural network model is used to obtain edge classification detection results of several class targets. A deep supervision method is used for model training. Labels for adaptive scale transformation are used during a training process. A loss function of a reset weight and a general cross-loss entropy function are used intersectingly. By employing the present method, specific target edges may be detected and the obtained edges may be classified at the same time. Compared to existing deep learning edge detection methods, the present invention not only improves the detection

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))。

accuracy, but also obtains more detailed image edges while requiring little subsequent reprocessing. In addition, functions have been expanded, which may provide better performance guarantee for other tasks which have edges as the basis, such as target segmentation and instance segmentation.

(57) 摘要: 一种基于深度学习的类别敏感型边缘检测方法, 采用深度学习神经网络模型得到若干类别目标的边缘分类检测结果。使用深度监督方法进行模型训练, 在训练过程中使用自适应尺度变换的标签, 交叉使用重置权重的损失函数和一般的交叉损失熵函数。本方法能够对特定的目标边缘进行检测, 同时对得到的边缘进行分类, 相较于现有的深度学习边缘检测方法, 不仅提高了检测精度, 得到更加细化的图像边缘, 且几乎不需要后期再处理; 而且在功能上进行了扩展, 能够对以边缘为基础的其他任务, 如目标分割、实例分割等任务提供更高的性能保障。

一种基于深度学习的类别敏感型边缘检测方法

技术领域

本发明涉及图像处理领域，尤其涉及图像的边缘检测技术。

背景技术

边缘检测是图像处理领域中的基础问题，对边缘分割的研究一直是计算机视觉的基本任务，也是很多研究和应用的技术基础。例如医学图像的细胞分割，自动驾驶中道路分割等，都是边缘检测技术的具体应用。

传统的边缘检测算法有三种：**Sobel** 算子，**Laplacian** 算子，和 **Canny** 算子。这些方法有各自的适用情形，得到边缘图像的效率 and 鲁棒性都有局限。随着人工智能的快速发展，逐渐有技术提出采用深度学习的方式来得到图像边缘，如参考文献[1]、[2]，这些技术在效率和鲁棒性上虽然有较大提升，但得到的边缘相对于真实的边缘较粗，检测精度仍有待提高。而且这些边缘检测方法都只能得到二值边缘图像，不能对得到边缘进行分类，进一步得到边缘的语义信息。

参考文献：

[1] S. Xie and Z. Tu. Holistically-nested edge detection. In IJCV. Springer, 2017

[2] G. Bertasius, J. Shi, and L. Torresani. DeepEdge: A multiscale bifurcated deep network for top-down contour detection. In IEEE CVPR, pages 4380 – 4389, 2015

发明内容

针对上述现有技术的缺陷，本发明提供了一种检测精度高、能得到边缘的类别信息的边缘检测方法。

一种基于深度学习的类别敏感型边缘检测方法，采用深度学习神经网络模型得到若干类别目标的边缘分类检测结果。

进一步地，将待检测图像输入所述深度学习神经网络模型，所述深度学习神经网络模型为 **CNN** 卷积神经网络模型，其中包括特征提取步骤 1、上采样步骤 2，特征融合及分类步骤 3。

进一步地，所述特征提取步骤 1 包括 5 个阶段的特征提取，S1-S5，得到不同尺度的二值分类的边缘特征图。

进一步地，在训练所述 CNN 卷积神经网络模型时，采用一个自适应尺度变换的标签来监督训练。

进一步地，所述上采样步骤 2，是对所述特征提取步骤 1 提取的边缘特征进行上采样，上采样的图像尺寸与待检测图像大小一致；所述特征融合及分类步骤 3，是根据所述上采样步骤 2 的结果，进行特征融合，同时对边缘的类别进行分类。

进一步地，所述特征融合及分类的方式为：

$$E = \{ E_1, E_2, E_3 \},$$

$$F = \{ F_1, F_2, \dots, F_n \},$$

$$F_{new} = \{ F_1, E, F_2, E, \dots, F_n, E \},$$

其中 E 代表特征提取步骤 1 中通过监督学习得到的边缘特征图像集合， E_i 代表第 i 个阶段得到边缘特征的上采样特征， $i=1、2、3$ ， F 代表第 6 阶段 S6 得到的特征， F_n 表示 F 一共有 n 个通道， n 为要识别目标的类别数， F_{new} 是特征融合后得到的新特征，其中第 6 阶段的特征 S6 是对第 5 阶段特征 S5 的上采样。

进一步地，所述 CNN 卷积神经网络模型的损失函数使用方式为：在 S1-S5 阶段的二值图像的监督中使用重置权重的损失函数；在 S6 阶段的多类别边缘监督中使用一般的交叉损失函数；在最后特征融合及分类中使用的重置权重的损失函数。

进一步地，得到的不同类别边缘采用不同颜色表示。

本发明的有益效果为：本发明能够对特定的目标边缘进行检测，同时对得到的边缘进行分类，相较于现有的深度学习边缘检测方法，不仅提高了检测精度，得到更加细化的图像边缘，且几乎不需要后期再处理；而且在功能上进行了扩展，能够对以边缘为基础的其他任务，如目标分割、实例分割等任务提供更高的性能保障。

附图说明

图 1 为本发明的算法框图。

图 2 为使用不同损失函数对比图。

具体实施方式

基于深度学习的类别敏感型边缘检测方法的算法框图如图 1 所示。首先将待检测图像输入 CNN 卷积神经网络模型，该模型包括特征提取步骤 1，上采样步

骤 2, 以及特征融合及分类步骤 3。特征提取步骤 1 中包括 5 个阶段, 即 S1 至 S5, 可以得到不同尺度的二值分类的边缘特征图, 即图 1 中的 S1-edge、S2-edge 等。其中 S1 到 S4 过程的尺寸每次缩小两倍, S4 尺寸和 S5 尺寸一样大。

上采样步骤 2 中包括 S6 阶段, 以及得到 S1-edge-upsample, S2-edge-upsample, S3-edge-upsample。其中, S6 是对 S5 特征的上采样, 上采样的大小与待检测图像一致。S1-edge-upsample, S2-edge-upsample, S3-edge-upsample 分别是对 S1-edge, S2-edge, S3-edge 的上采样, 大小也与待检测图像一致。

特征融合及分类步骤 3, 是把所有上采样得到的特征进行一个融合, 并得到最后的多类别目标边缘检测结果。特征融合及分类的方式如下:

$$E = \{ E_1, E_2, E_3 \}$$

$$F = \{ F_1, F_2, \dots, F_n \}$$

$$F_{new} = \{ F_1, E, F_2, E, \dots, F_n, E \}$$

其中 E 代表中间阶段监督学习得的边缘特征图像集合, E_i 代表第 i 个阶段得到的边缘特征的上采样, $i=1, 2, 3$ 。其中 F 是第 6 阶段得到的特征, F_n 表示 F 一共有 n 个通道, n 是想要识别目标的类别数。 F_{new} 是特征融合后得到的新特征。最后用融合得到新特征 F_{new} 进行最后的边缘多类别分类。

为了更好的得到边缘像素点多分类的效果, 对 CNN 卷积神经网络采用监督学习的方式。在 S1-S5 过程进行多尺度的二值边缘图像的监督训练, 即仅进行边缘的二分类; 在 S6 时再进行边缘像素的多分类, S6 阶段输出的 classification, 其用于模型初步的监督学习, 其输出的通道数量与要检测的类别数量一致。在监督学习过程中, 由于特征提取时, 每个阶段得到的特征尺度不一样, 如图 1 中的 S1-edge, S2-edge, S3-edge, 而训练数据的标签只提供了一个, 因此提出了一种自适应尺度变换的标签用来进行中间过程的监督训练。进行阶段监督训练的时候, 会根据当前的特征图的大小, 标签自适应调整为相应阶段特征图的尺寸大小, 然后再进行损失函数计算。

对于深度学习中的损失函数, 在已有的使用深度学习方法来边缘检测的算法中, 都只使用了重置权重的损失函数, 该损失函数会使预测得到的边缘比较粗, 需要进行后期的细化操作。在本发明中, 我们交叉使用重置权重的损失函数和一般的交叉损失熵函数作为整个神经网络的损失函数, 具体为: 在 S1-S5 阶段的

二值图像的监督中使用的是重置权重的损失函数；在 S6 阶段的 Classification 多类别边缘监督使用的是一般的交叉损失函数；最后特征融合及分类中使用的重置权重的损失函数。经过多次实验，结果表明交叉使用重置权重的损失函数和一般的交叉损失熵函数，既能够提升检测精度又能细化边缘。

本发明采用两个数据集进行训练和测试。一个是 SBD (Semantic Boundary Dataset) 数据集，SBD 数据集包含 11355 张图片，其中 8498 张用来训练，2857 张用来验证。第二个是 Cityscapes 数据集，它包含了 5000 张图片，其中 2975 张用来训练，500 张用来验证，1525 张用来测试。

其中输入的图像尺寸为 400x400，使用的评价指标是 F-measure，其计算方式如下：

$$F - measure = \frac{2 * Precision * Recall}{Precision + Recall},$$

其中 Precision = $\frac{TP}{TP+FP}$, Recall = $\frac{TP}{TP+FN}$, TP, FP, FN 的含义见下表：

		真实类别	
		0	1
预测类别	0(Negative)	TN(True Negative)	FN(False Negative)
	1(Positive)	FP(False Positive)	TP(True Positive)

在 SBD 数据集上 20 类的验证指标如下：

检测类别	F-measure	检测类别	F-measure	检测类别	F-measure
Aero plane	75.22	Cat	74.41	Person	73.86
Bicycle	64.28	Chair	52.30	Potted Plant	46.65
Bird	76.48	Cow	67.99	Sheep	74.34
Boat	54.88	Dining table	42.41	Sofa	46.67
Bottle	63.05	Dog	71.91	Train	69.19
Bus	76.23	Horse	74.94	TV/Monitor	59.32
Car	71.16	Motor Bike	66.21	均值	65.07

本发明的效果如图 2 所示，其中 (a)、(d) 为原始图片，(b)、(e)

为只使用重置权重的损失函数得到的检测结果，(c)、(f)为使用本发明方法得到的测试结果。图 2(c)中采用不同颜色标识出不同的类别区域，其中椅子和沙发分别用红色框与绿色框表示，即图 2(c)中的深色框、浅色框。

所述领域的普通技术人员应当理解，以上所述仅为本发明的具体实施例而已，并不用于限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内，所做的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

1、一种基于深度学习的类别敏感型边缘检测方法，其特征在于，采用深度学习神经网络模型得到若干类别目标的边缘分类检测结果。

2、如权利要求 1 所述的基于深度学习的类别敏感型边缘检测方法，其特征在于，将待检测图像输入所述深度学习神经网络模型，所述深度学习神经网络模型为 CNN 卷积神经网络模型，其中包括特征提取步骤（1）、上采样步骤（2），特征融合及分类步骤（3）。

3、如权利要求 2 所述的基于深度学习的类别敏感型边缘检测方法，其特征在于，所述特征提取步骤（1）包括 5 个阶段的特征提取（S1-S5），得到不同尺度的二值分类的边缘特征图。

4、如权利要求 2 或 3 所述的基于深度学习的类别敏感型边缘检测方法，其特征在于，在训练所述 CNN 卷积神经网络模型时，采用一个自适应尺度变换的标签来监督训练。

5、如权利要求 2 所述的基于深度学习的类别敏感型边缘检测方法，其特征在于，所述上采样步骤（2），是对所述特征提取步骤（1）提取的边缘特征进行上采样，上采样的图像尺寸与待检测图像大小一致；所述特征融合及分类步骤（3），是根据所述上采样步骤（2）的结果，进行特征融合，同时对边缘的类别进行分类。

6、如权利要求 5 所述的基于深度学习的类别敏感型边缘检测方法，其特征在于，所述特征融合及分类的方式为：

$$E = \{ E_1, E_2, E_3 \},$$

$$F = \{ F_1, F_2, \dots, F_n \},$$

$$F_{new} = \{ F_1, E, F_2, E, \dots, F_n, E \},$$

其中 E 代表特征提取步骤（1）中通过监督学习得到的边缘特征图像集合， E_i 代表第 i 个阶段得到边缘特征的上采样特征， $i=1、2、3$ ，F 代表第 6 阶段（S6）得到的特征， F_n 表示 F 一共有 n 个通道，n 为要识别目标的类别数， F_{new} 是特征

融合后得到的新特征，其中第 6 阶段的特征（S6）是对第 5 阶段特征（S5）的上采样。

7、如权利要求 6 所述的基于深度学习的类别敏感型边缘检测方法，其特征在于，所述 CNN 卷积神经网络模型的损失函数的使用方式为：在特征提取步骤（1）的二值图像的监督学习中使用重置权重的损失函数；在第 6 阶段（S6）的多类别边缘监督学习中使用一般的交叉损失函数；在特征融合及分类步骤（3）中使用重置权重的损失函数。

8、如权利要求 1-7 任一项所述的基于深度学习的类别敏感型边缘检测方法，其特征在于，得到的不同类别边缘采用不同颜色表示。

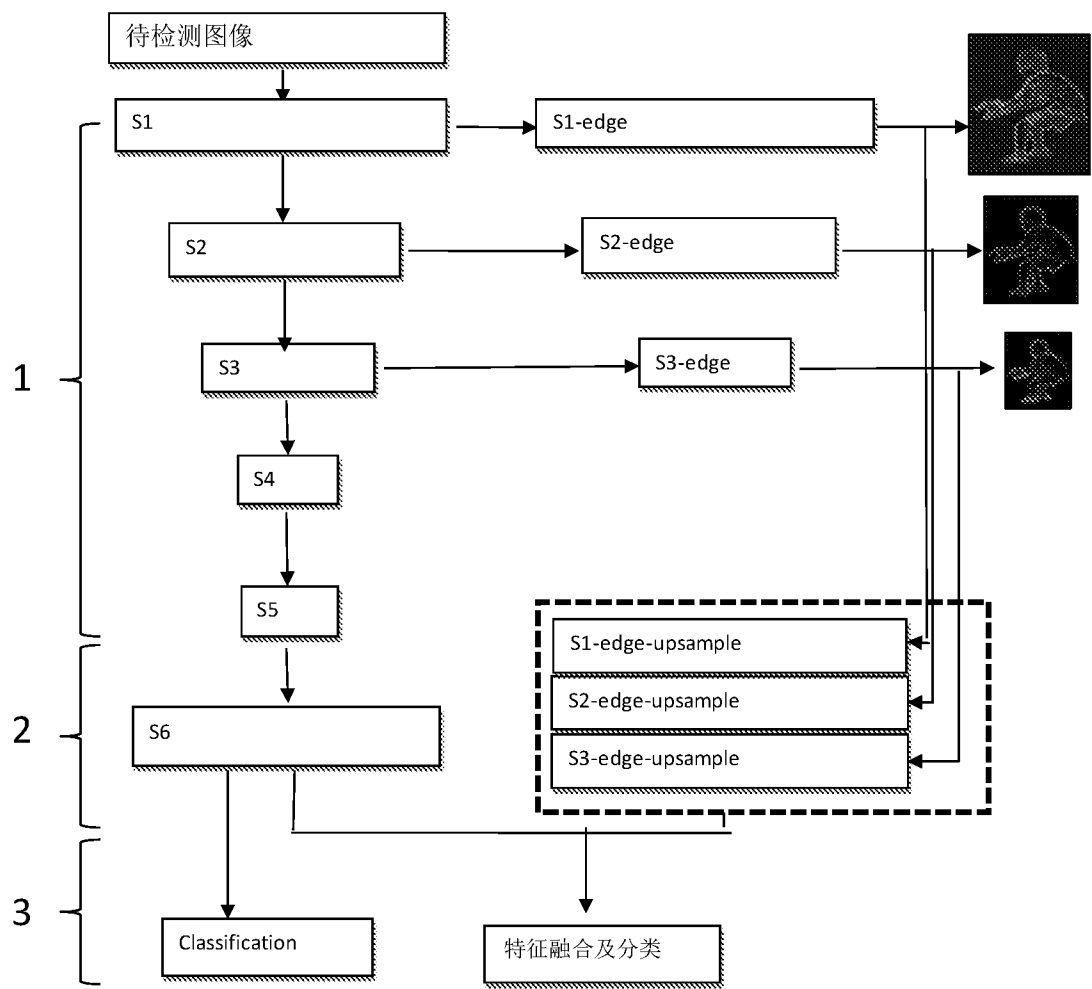


图 1

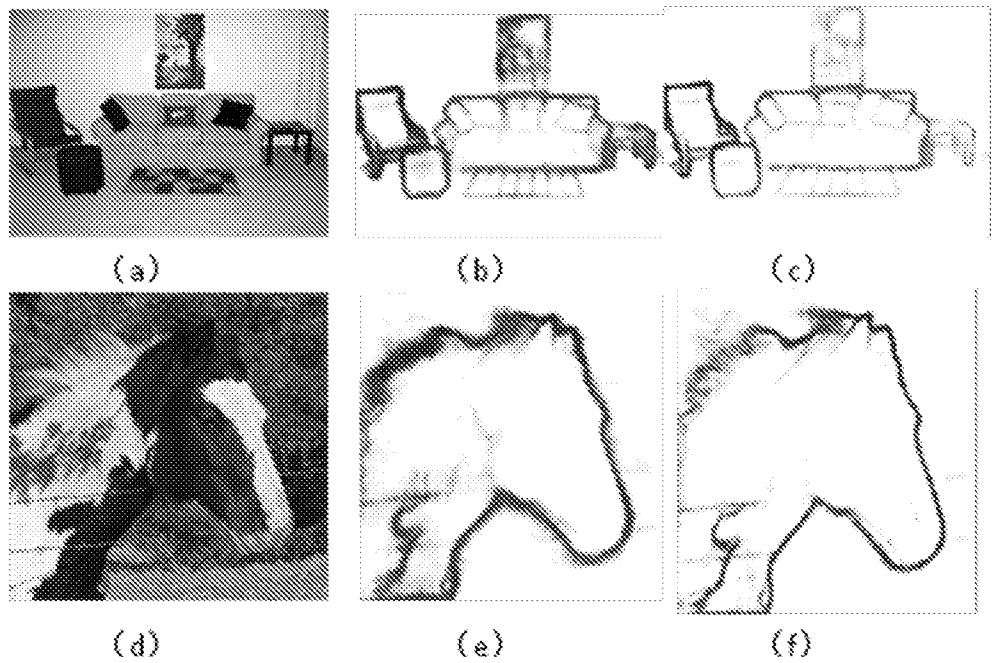


图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/123968

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T 7/13(2017.01)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)

G06T

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, GOOGLE: 边缘, 神经网络, 类别, 分类, 检测, 识别, 通道, edge, neural network, category, class+, detect+, channel

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 109741351 A (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 10 May 2019 (2019-05-10) claims 1-8	1-8
X	YU, Zhiding et al. "CASENet: Deep Category-Aware Semantic Edge Detection" <i>2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)</i> , 31 December 2017 (2017-12-31), page 5864, the abstract, and pages 5966-5968	1-8
A	CN 108710919 A (SOUTHEAST UNIVERSITY) 26 October 2018 (2018-10-26) entire document	1-8
A	WO 2018023734 A1 (SHENZHEN UNIVERSITY) 08 February 2018 (2018-02-08) entire document	1-8

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

03 March 2020

Date of mailing of the international search report

13 March 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088

China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/123968

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	109741351	A	10 May 2019	None			
CN	108710919	A	26 October 2018	None			
WO	2018023734	A1	08 February 2018	CN	106462771	A	22 February 2017

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/123968

A. 主题的分类

G06T 7/13 (2017.01) 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)

G06T

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, EPDOC, GOOGLE: 边缘, 神经网络, 类别, 分类, 检测, 识别, 通道, edge, neural network, category, class+, detect+, channel

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 109741351 A (中国科学院深圳先进技术研究院) 2019年 5月 10日 (2019 - 05 - 10) 权利要求1-8	1-8
X	YU Zhiding et al. "CASENet: Deep Category-Aware Semantic Edge Detection" 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2017年 12月 31日 (2017 - 12 - 31), 5864页摘要, 5966-5968页	1-8
A	CN 108710919 A (东南大学) 2018年 10月 26日 (2018 - 10 - 26) 全文	1-8
A	WO 2018023734 A1 (SHENZHEN UNIVERSITY) 2018年 2月 8日 (2018 - 02 - 08) 全文	1-8

☐ 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

2020年 3月 3日

国际检索报告邮寄日期

2020年 3月 13日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(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

胡丽丽

电话号码 86-(10)-53961386

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/123968

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	109741351	A	2019年 5月 10日	无	
CN	108710919	A	2018年 10月 26日	无	
WO	2018023734	A1	2018年 2月 8日	CN 106462771 A	2017年 2月 22日