

(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 2 月 14 日 (14.02.2019)



(10) 国际公布号
WO 2019/028592 A1

(51) 国际专利分类号:
G09B 5/02 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2017/096217

(22) 国际申请日: 2017 年 8 月 7 日 (07.08.2017)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(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]; 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。深圳市思毕酷科技有限公司 (SHENZHEN SIBIKU TECHNOLOGY CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙华区大浪街道华达路可乐园A栋, Guangdong 518000 (CN)。

(72) 发明人: 王书强 (WANG, Shuqiang); 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)。王永灿 (WANG,

Yongcan); 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)。杨岳 (YANG, Yue); 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)。申妍燕 (SHEN, Yanyan); 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)。胡明辉 (HU, Minghui); 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: 深圳市科进知识产权代理事务所 (普通合伙) (SHENZHEN KEJIN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE); 中国广东省深圳市南山区粤兴三道二号虚拟大学园产业化基地 A701室, Guangdong 518055 (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: TEACHING ASSISTANCE METHOD AND TEACHING ASSISTANCE SYSTEM USING SAID METHOD

(54) 发明名称: 一种教学辅助方法及采用该方法的教学辅助系统

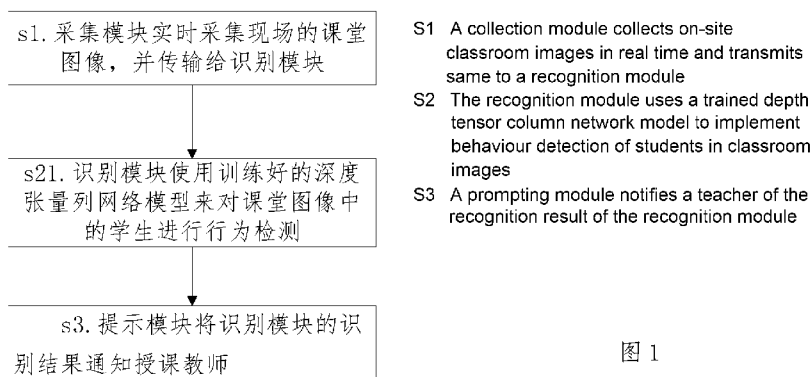


图 1

(57) Abstract: A teaching assistance method and a teaching assistance system using said method, the teaching assistance method comprising implementing behaviour detection of students in classroom images by means of using a trained depth tensor column network model, thus providing higher image recognition precision and reducing the hardware requirements for algorithms, and being able to be used on an embedded device, reducing the usage costs of the teaching assistance method; in addition, a teaching assistance system using said teaching assistance method has the same advantages.

(57) 摘要: 一种教学辅助方法及采用该方法的教学辅助系统, 其中教学辅助方法通过采用训练好的深度张量列网络模型来对课堂图像中的学生进行行为检测, 可以提供较高的图像识别精度和降低算法对硬件的要求, 且能够在嵌入式设备上使用, 降低了教学辅助方法的使用成本; 同时采用该教学辅助方法的教学辅助系统也具有同样的优点。

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))。

一种教学辅助方法及采用该方法的教学辅助系统

技术领域

本发明涉及教学辅助领域，尤其涉及一种教学辅助方法及采用该方法的教学辅助系统。

背景技术

在一般的教学活动中，由于上课的学生和授课老师的数量比例悬殊，授课老师在授课时没有太多的时间和精力通过观察每个学生的上课行为和表情来判断学生的学习状态。这就使得授课老师无法精确的了解每个学生的上课状态和对本次教授内容的被接受程度。很容易导致课堂上老师讲老师的，学生聊学生的，进而让整个教学活动被撕裂开来，也使得授课老师无法有的放矢的进行教学，严重的影响了教学质量和效率。所以，能够在学生上课时使用的教学辅助系统历来是教育界所关注的重点问题。设计教学辅助系统辅助授课教师顺利开展教学活动。目前的教学辅助系统研究强调功能性，主要从为学生提供自主的学习环境，为学生提供充分的学习资源，减轻教师的工作量几个方面展开的。运用不同技术手段，设计智能化辅助系统来提高教师的授课效果和学生的学习效率。

在现有技术中，公开号为 CN106097790A 的中国发明专利公开了一种教学辅助装置，通过图像识别技术识别教学活动中的图像，进而来判断学生上课是否做与上课无关的事情，并根据识别结果通知老师做相应处理。

由于该现有技术并未公开其图像识别模块识别图像的方法和过程，也没有公开其图像识别模块如何实现将现有图像与预存图像进行比对，并判断比对结果。技术人员根据该现有技术方案无法具体实现为教学过程进行辅助的技术效果。因此，现有的教学辅助方法存在不足。

发明内容

为了解决现有技术中存在的上述技术问题，本发明的目的在于提供一种具有较高的图像识别精度的教学辅助方法和采用该方法的教学辅助系统。

为了解决上述技术问题，本发明所采用的技术方案为：一种教学辅助方

法，包括以下顺序步骤：

s1. 采集模块实时采集现场的课堂图像，并传输给识别模块；

s2. 所述识别模块对所述课堂图像进行分析，并判断所述课堂图像中行为异常的学生；

s3. 提示模块将所述识别模块的识别结果通知授课教师；

所述步骤 s2 中包括以下步骤：

s21. 所述识别模块使用训练好的深度张量列网络模型来对所述课堂图像中的学生进行行为检测。

优选的，所述步骤 s2 还包括以下步骤：

s22. 所述识别模块使用训练好的深度张量列网络模型来对所述课堂图像中的学生进行表情识别。

优选的，所述步骤 s22 具体包括以下步骤：

s221. 通过人脸检测子单元从所述采集模块采集到的所述课堂图像中识别出各学生的人脸区域；

s222. 通过卷积神经网络分类器对检测到的所述人脸区域做表情识别。

优选的，步骤 s1 中包括以下步骤：

s11. 所述采集模块在教室前方的左、中、右区域分别安装图像采集装置；

s12. 所述图像采集模块以班级中所有学生上半身图像为采集目标。

优选的，还包括以下步骤：s4. 存储模块同步存档所述识别结果。

优选的，所述步骤 s4 中包括以下步骤：

s41. 将每个学生对应的所述识别结果按班级制定成学生电子档案；

s42. 根据所述学生电子档案绘出学生上课状态曲线，用以便于授课教师结合当时教授的内容以及考试成绩对学生进行有针对性的辅导。

优选的，步骤 s1 之前还包括以下步骤：

q1. 构建数据集；

q2. 训练所述深度张量列网络模型。

优选的，所述步骤 q1 包括以下步骤：

q11. 所述采集模块在教室长时间拍摄所述课堂图像并存储；

q12. 选取存在异常的学生图片进行标注。

优选的，所述步骤 q2 包括以下步骤：

q21. 通过神经网络模型的多层卷积层提取已标注的所述学生图片中的异常特征，所述异常特征与分解后的全连接层权重矩阵运算得到输出预测值；

q22. 所述输出预测值与所述学生图片中的异常行为学生真实标注值的误差构成的损失函数；

q23. 根据所述损失函数调整网络参数，得到训练好的深度张量列网络模型。

为了解决上述技术问题，本发明还提供一种教学辅助系统，设置有：采集模块、与所述采集模块连接的识别模块、与所述识别模块连接的提示模块；

所述采集模块，用于实时采集现场的课堂图像并传输给识别模块；

所述识别模块，用于对所述课堂图像进行分析，并判断所述课堂图像中行为异常的学生；所述识别模块包括：

行为检测单元，用于使用训练好的深度张量列网络模型来对所述课堂图像中的学生进行行为检测；

所述提示模块，用于将所述识别模块的识别结果通知授课教师。

优选的，还设置有：与所述识别模块连接的存储模块；所述存储模块，用于同步存档所述识别结果并进行编辑分析；

所述识别模块还包括：

表情识别单元，用于使用训练好的深度张量列网络模型来对所述课堂图像中的学生进行表情识别；

所述表情识别单元包括人脸检测子单元和卷积神经网络分类器。

与现有技术相比，本发明的教学辅助方法，通过采用训练好的深度张量列网络模型来对所述课堂图像中的学生进行行为检测可以提供较高的图像识别精度和降低算法对硬件的要求，且能够在嵌入式设备上使用，降低了教学辅助方法的使用成本。

进一步的，本发明还采用训练好的深度张量列网络模型来对所述课堂图像中的学生进行表情识别，使得教学辅助系统对学生上课时的异常行为识别精度更高。

采用该方法的教学辅助系统，也同样具有上述优点。

附图说明

- 图 1 为一种教学辅助方法的基本流程图；
图 2 为一种教学辅助方法的详细流程图；
图 3 为采用图 1 教学辅助方法的教学辅助系统架构示意图；
图 4 为图 3 教学辅助系统的完整架构示意图；
图 5 为全链接权值矩阵折叠和融合为三阶张量示意图；
图 6 为三阶张量进行张量列分解示意图；
图 7 为张量列分解示意图；
图 8 为矩阵的张量列分解示意图；
图 9 为采集模块布设方式示意图；
图 10 为行为检测所采用的深度张量列网络模型结构示意图；
图 11 为表情识别所采用的深度张量列网络模型结构采示意图。

具体实施方式

以下参考附图 1 至附图 11,对本发明的各实施例予以进一步地详尽阐述。

如附图 1 所示一种教学辅助方法,包括以下顺序步骤:

s1. 采集模块实时采集现场的课堂图像,并传输给识别模块。

s2. 所述识别模块对所述课堂图像进行分析,并判断所述课堂图像中行为异常的学生。

s3. 提示模块将所述识别模块的识别结果通知授课教师。

所述步骤 s2 中包括以下步骤:

s21. 所述识别模块使用训练好的深度张量列网络模型来对所述课堂图像中的学生进行行为检测。

具体的,步骤 s21 中采用的深度张量列网络模型通过对传统全连接层矩阵做张量列分解得来,极大压缩了全连接层矩阵张量的参数量,提高算法效率,降低了算法对硬件的要求,方便系统以嵌入式设备形式部署,使用更加方便简单且能够降低成本,利于本教学辅助系统的大规模推广。

如附图 2 所示,所述步骤 s2 还包括以下步骤:

s22. 所述识别模块使用训练好的深度张量列网络模型来对所述课堂图像中的学生进行表情识别。

步骤 s22 重设了图像识别这一核心算法,通过联合对学生图片进行行为

检测和表情识别，使深度张量列网络模型获得更好的识别精度和效率。在深度张量列网络模型降低了模型参数量，提升了系统的鲁棒性的基础上有效的提高了本教学辅助系统实时检测课堂上学生异常行为与表情的速度。

在本实施例中，所述步骤 s22 具体包括以下步骤：

s221. 通过人脸检测子单元从所述采集模块采集到的所述课堂图像中识别出各学生的人脸区域。

s222. 通过卷积神经网络分类器对检测到的所述人脸区域做表情识别。

在具体操作中，由于人脸表情特征相对较细，识别模块不方便直接提取表情特征，因此，本发明通过步骤 s221 和步骤 s222 来实现表情的识别。首先通过人脸检测子单元从图像采集模块采集到的课堂图片中检测出各学生人脸区域，再通过卷积神经网络分类器对检测到的各人脸区域图像块做表情识别。

如附图 9 所示，步骤 s1 中包括以下步骤：

s11. 所述采集模块在教室前方的左、中、右区域分别安装图像采集装置。

在其他实施例中，也可以采用在教室前方左、右两个区域或者多个区域安装图像采集装置，以防止单个方向拍摄容易有学生被遮挡。

同时，在优选的实施例中，正常授课状态下大部分学生基本不会出现困惑、发呆、厌烦等异常行为，故可以为每个图像采集装置设置拍摄的时间间隔，以降低图像的采样率，节省相应的处理和存储资源。

s12. 所述图像采集模块以班级中所有学生上半身图像为采集目标。

在具体实施时，学生在上课时的行为和表情特征基本用上半身图像就可以提取和进行识别，以上半身为目标可以有针对性的拍摄特征比较富集的图像区域。

在本实施例中，还包括以下步骤：s4. 存储模块同步存档所述识别结果。

在本实施例中，通过对识别结果进行同步存储，可以进一步从整体方向对识别结果进行分析利用。比如：根据识别结果分析和评估教学效果和分析学生的学习曲线，可以更有针对性地开展教学活动，让接下来的教学工作更能有的放矢，整体提高教学水平和质量。

优选的，所述步骤 s4 中包括以下步骤：

s41. 将每个学生对应的所述识别结果按班级制定成学生电子档案。

有助于对每个学生上课状态的检测识别结果进行统计分析，以及主动的对学生在校的听课状态进行跟踪，避免仅靠学生的成绩来判断学生听课状态这种被动的方式迟滞性的弊端。

s42. 根据所述学生电子档案绘出学生上课状态曲线，用以便于授课教师结合当时教授的内容以及考试成绩对学生进行有针对性的辅导。

同时，也可以将学生电子档案与教师的教学评估相结合，改进目前以学生考试成绩为课堂教学质量评估的主要参照过于片面的弊端。

在本实施例中，步骤 s1 之前还包括以下步骤：

q1. 构建数据集。

在具体实施中，可以分为为行为检测构建数据集和为表情识别构建数据集。

具体的，在为行为检测构建数据集时，构建一个合适的数据集是能否正确检测出异常行为学生的基础，直接关系到系统识别性能的高低。我们使用采集模块在多个教室长时间拍摄课堂上课情况，然后从中选取存在异常行为学生的图片进行标注，其中异常行为指一切表现为未认真听课的行为，如睡觉、说话、做小动作、发呆等。由于可能存在遮挡问题以及单视角的局限性，我们使用左、中、右三个视角的图像采集装置采集图片，分别标注。并对图片做简单处理，输入的固定尺寸以调整成适合模型，以方便在训练网络模型时使用。

在其他实施例中，也可以将专注、兴致盎然、思考等表情特征进行提取，并对深度张量列网络模型进行训练，使得认真听课的行为也可以通过该模型识别出来。

在为表情识别构建数据集时，由于此处我们做人脸表情识别分两步进行，首先做人脸检测，再做表情识别，我们需构建两个数据集，一个为课堂人脸检测数据集，另一个为课堂学生上课表情数据集。

人脸检测数据集

为能准确的从图像采集模块采集到的课堂图像中实时准确的检测出学生脸部，我们构建一个小型课堂人脸检测数据集。我们使用图像采集模块在多个教室长时间拍摄课堂上课情况采集到的课堂图像，对图片进行标注，给出图片中人脸位置，并对图片做简单处理，调整成适合模型输入的固定尺寸，

以方便在训练网络模型时使用。

学生上课表情数据集

为方便上课教师更加准确实时地了解课堂上每个学生的听课状态，满足学生上课表情识别需求，我们针对学生课堂听课这一场景，构建一学生上课表情数据集。从采集到的课堂图像中，截取出学生面部表情图片块，给出对应听课认真程度相关表情标签，如专注、兴致盎然、思考、困惑、发呆、厌烦等等。方便授课教师更加方便细致的掌握每位学生的听课状态和课程掌握情况与态度，做出实时的处理与调整。

q2. 训练所述深度张量列网络模型。

在具体实施中，行为检测和表情识别的训练可以分开进行。其区别仅在于采用不同的数据集进行训练。

具体的，基于”深度张量列网络”的课堂学生异常行为识别神经网络模型。首先通过多层卷积层自动学习提取课堂图片中学生的行为特征，在使用学习到的课堂行为特征信息经 TT 分解（张量列分解）后的全连接层对学生课堂行为进行识别，检测出有异常课堂行为的学生。

如附图 7 所示，张量列分解 (tensor train decomposition, TT-decomposition) 是一种张量分解模型，将张量的每一个元素都用若干个矩阵的乘积表示。假设存在 d 阶张量 $\mathcal{A} \in \mathbb{R}^{I_1 \times I_2 \times \dots \times I_d}$ (I_k 表示第 k 阶的维数)，张量 $\mathcal{A}$ 的张量列分解为：

$$\mathcal{A}(i_1, i_2, \dots, i_d) = \mathcal{G}_1(i_1) \mathcal{G}_2(i_2) \dots \mathcal{G}_d(i_d)$$

其中 $\mathcal{G}_k(i_k)$ 是张量 $\mathcal{A}$ 第 k 阶级对应的核矩阵，规模为 $r_{k-1} \times r_k$ ， $k=1, 2, \dots, d$ ， $r_0=r_d=1$ ； $(r_0, r_1, \dots, r_d)$ 是 d 阶张量 $\mathcal{A}$ 进行张量列时对应的 TT-rank，实际上 $\mathcal{G}_k$ 是规模为 $r_{k-1} \times r_k$ 三阶张量，所以 $\mathcal{G}_k$ 又叫核张量。

$$\mathcal{A} = \mathcal{G}_1 \mathcal{G}_2 \dots \mathcal{G}_d$$

如附图 8 所示，矩阵的张量列分解，假设矩阵 $A \in \mathbb{R}^{M \times N}$ ，选择重构方案，如重构方案： $M = \sum_{k=1}^d m_k$ ， $N = \sum_{k=1}^d n_k$ ，选定重构方案后，矩阵的张量列分解首先将矩阵映射到 d 阶张量 $\mathcal{A} \in \mathbb{R}^{(m_1 n_1) \times (m_2 n_2) \times \dots \times (m_d n_d)}$ ，再对张量 $\mathcal{A}$ 进行张量列分解，即 $A \in \mathbb{R}^{M \times N} \rightarrow \mathcal{A} \in \mathbb{R}^{(m_1 n_1) \times (m_2 n_2) \times \dots \times (m_d n_d)} \rightarrow \mathcal{A} = \mathcal{G}_1 \mathcal{G}_2 \dots \mathcal{G}_d$ 。

如附图 2 所示，所述步骤 q1 包括以下步骤：

q11. 所述采集模块在教室长时间拍摄所述课堂图像并存储。

q12. 选取存在异常的学生图片进行标注。

由于含有异常行为图像数据可能相对较少，为避免模型过拟合，并增强模型对光照变化等因素的抗干扰能力，我们对采集标注的课堂学生异常行为图片数据做数据增强。分别对图片进行改变对比度、RGB 通道强度、加噪声等处理，增加图片数据样本量和种类。

在本实施例中，所述步骤 q2 包括以下步骤：

q21. 通过神经网络模型的多层卷积层提取已标注的所述学生图片中的异常特征，异常特征与分解后的全连接层权重矩阵运算得到输出预测值。

如附图 10 所示的深度张量列网络的模型结构(此处仅以 3 层卷积为例说明)；构建该深度张量列网络模型的步骤为：

1. 初始化网络模型参数。
2. 将构建的课堂学生异常行为数据集中的图片输入到该模型进行训练。
3. 图片经过不断卷积池化，在最后一层卷积层输出 $S \times S \times m$ 的张量 A，即把原图片划分出了一个 $S \times S$ 的网格，每个网格单元对应着原课堂图片的一部分，每个网格中的图片特征对应着该张量中的一个 m 维向量。
4. 经过改进后的全链接，输出一个 $S \times S \times (5a)$ 的张量，即每个网格单元对应的 a 个异常行为学生检测边界框坐标 (x, y, w, h) 与识别框中检测为异常行为学生的置信度。其中 x 和 y 为异常行为学生识别框中心点坐标， w 和 h 分别为异常行为学生识别框的宽和高，并将坐标进行归一化，使其介于 0 到 1 之间。

其中改进后的全连接为对传统全连接层矩阵做张量列 (TT) 分解，从而极大压缩全连接层参数量，提高算法效率，降低对硬件的要求，使得能在嵌入式设备上使用。为本教学辅助系统提高了实时检测课堂异常行为学生的速度，并方便系统以嵌入式设备形式部署，更加方便简单且能够降低成本，利于本课堂异常行为学生识别教学辅助系统的大规模推广。

张量列分解 (TT 分解) 是一种张量分解模型，将张量的每一个元素都用若干个矩阵的乘积表示。矩阵的张量列分解需先选择重构方案，首先将矩阵映射到 d 阶张量，再对张量进行张量列分解。此处即是对全连接层权重矩阵做张量列分解，以下为对该过程的详细解释 (为了方便说明，我们代入一些参数举例，但具体实现不局限于具体参数)

在本实施例中，全连接层权重矩阵张量列分解步骤为：

1. 如附图 5 所示，将全连接权值矩阵的行和列均折叠为 d 个虚拟的维度；此处假设网络模型中 $S=4$, $m=50$, $n=49$, 即图像采集模块采集到的课堂图像经逐层卷积池化后提取到 $4 \times 4 \times 50 = 800$ 个特征，下一隐层有 $4 \times 4 \times 49 = 784$ 个隐节点，则该全连接层权重参数为 800×784 的矩阵。为方便表示，取 $d=3$, 将全连接权值矩阵的行和列均折叠为 3 个虚拟的维度，如附图所示。

2. 如附图 5 所示，将行列对应的虚拟的维度进行融合，即将全连接权值矩阵重塑为 d 阶张量；按上述实例方法则原 800×784 的权重矩阵被重塑为了 $700 \times 32 \times 28$ 的 3 阶张量。

3. 如附图 6 所示，定义所述 d 阶张量的张量列秩 r ，其中 r_k 表示原始张量除去前 $(k-1)$ 阶效应后沿张量第 k 阶展开的矩阵的秩，其中 $r_0=r_d=1$ 是约束条件；本文定义的张量列秩为 3。

4. 将所述 d 阶张量进行张量列分解得到全连接层权值矩阵的张量列分解表示，即 $\mathcal{A} = \mathcal{G}_1 \mathcal{G}_2 \mathcal{L} \mathcal{G}_d$ ，其中 $\mathcal{G}_k$ 是规模为 $r_{k-1} \times I_k \times r_k$ 三阶张量， I_k 表示高阶张量第 k 阶的维数。在本实例中，即原 $700 \times 32 \times 28$ 的 3 阶张量被分解为了 $1 \times 700 \times 3$ 、 $3 \times 32 \times 3$ 、 $3 \times 28 \times 1$ 的 3 个核张量。全连接层权重由原来的 627200 个参数下降到了 2472 个参数。

为比较直观的表达 TT 分解（张量列分解）对全连接层权重参数数量的压缩效果，现将几种重塑方案下张量列分解前后参数规模计算如下表。由表中计算结果可看出，全连接层权重参数经张量列分解后参数量下降了成百上千倍，能提高算法效率，降低对硬件的要求，方便本教学辅助系统在嵌入式设备上的实现，提高检测课堂上学生异常行为的实时性。

全连接 矩阵规 模	重塑方案		高阶张量	张量列分解后的规模
	行	列		
800×784	25×32	28×28	700×896	$1 \times 700 \times 3 + 3 \times 869 \times 3 = 4788$

=627200	25*8*4	28*4*7	$700 \times 32 \times 28$	$1*700*3+3*32*3+3*28*1=2472$
	5*5*8*4	4*7*4*7	$20 \times 35 \times 32 \times 28$	$1*20*3+3*35*3+3*32*3+3*28*1=747$
	5*5*4*2*2	2*2*7*2*2*7	$10 \times 10 \times 28 \times 4 \times 4 \times 14$	$1*10*3+3*10*3+3*28*3+3*4*3+3*4*3+3*14*1=484$

q22. 输出预测值与所述学生图片中的异常行为学生真实标注值的误差构成的损失函数；

q23. 根据损失函数调整网络参数，得到训练好的深度张量列网络模型。

5. 运用反向传播算法，根据输出的预测值与原图中的异常行为学生真实标注值间误差构成的损失函数 L （此处损失函数采用平方和误差损失函数，在下文中具体介绍），调整网络参数，至指定精度。然后保存网络参数。

损失函数使用平方和误差损失函数其中包括 3 部分，坐标预测函数，包含异常行为学生的识别框的置信度预测函数和不包含异常行为学生的识别框的置信度预测函数。

$$L = l_{\text{coord}} \sum_{i=0}^{S^2} \sum_{j=0}^B G_{ij}^{obj} [(x_i - \hat{x}_i)^2 + (y_i - \hat{y}_i)^2] + l_{\text{coord}} \sum_{i=0}^{S^2} \sum_{j=0}^B G_{ij}^{obj} [(\sqrt{w_i} - \sqrt{\hat{w}_i})^2 + (\sqrt{h_i} - \sqrt{\hat{h}_i})^2] \\ + \sum_{i=0}^{S^2} \sum_{j=0}^B G_{ij}^{obj} (C_i - \hat{C}_i)^2 + l_{\text{noobj}} \sum_{i=0}^{S^2} \sum_{j=0}^B G_{ij}^{noobj} (C_i - \hat{C}_i)^2$$

其中， x, y 是异常行为学生识别框的中心位置坐标， w, h 是异常行为学生识别框的宽和高， G_{ij}^{obj} 为判断第 i 个网格中的第 j 个识别框是否负责检测， G_{ij}^{obj} 为判断是否有异常行为学生中心落入在网格 i 中， l_{coord} 为坐标预测权重， l_{noobj} 为不包含异常行为学生的识别框的置信度权重。

在优选的实施例 1 中，如附图 10、附图 11 所示，为表情识别训练时深度张量列网络模型时，首先训练人脸检测网络模型，人脸检测与行为检测子模块的课堂异常行为检测模型类似，将其中课堂异常行为数据集换成人脸检测数据集，使用人脸检测数据集中的图片输入模型训练，重复上述行为检测子模块中 1-5 的训练过程即可，使得模型能自动学习人脸特征，从课堂图像中自动检测出学生脸部位置。

其次训练课堂人脸面部表情识别时采用的卷积神经网络（CNN）分类器。

将前述构建的学生上课表情数据集中带表情标签的学生脸部图片块输入表情识别分类器，对表情识别网络模型进行训练。表情识别网络模型如附图 11。

1. 初始化表情识别网络模型参数。

2. 将构建的学生上课表情数据集中带表情标签的学生脸部图片块输入到该模型进行训练。

3. 学生脸部图片块经过不断卷积池化，提取面部表情特征。

4. 经过改进后的全链接，输出预测的学生脸部图片块表情标签。此处也对全连接层权重矩阵做 TT 分解。具体过程在行为检测子模块中（4）中有详细介绍，此处不再赘述。

5. 运用反向传播算法，根据输出的预测值与真实标注表情标签间误差构成的损失函数 L，调整网络参数，至指定精度，然后保存网络参数。

在其他实施例中，还为检索模型学习的准确性，还包括模型测试的步骤。

在为行为检测进行测试时，将上述训练好的网络模型参数导入识别模块中行为检测子模块的深度张量列网络，输入由图像采集模块实时采集的课堂图片，实时检测图片中是否有异常行为学生，如果有则标出并将识别结果由提示模块通知授课教师，并由存储模块存档，以便后续对数据做进一步分析挖掘。是否为异常行为根据网络模型给出的异常行为概率是否大于给定的概率阈值确定，默认概率阈值通过多次测试给出一个合理的符合大众的能较好平衡灵敏度与准确度的值，老师后续可根据个人情况做适当调整，以使得本教学辅助系统更为人性化。测试期间可根据存在的问题，在细节上做适当调整，以便使系统达到最佳状态，然后投入实际使用。

在为表情识别进行测试时，将上述训练好的网络模型参数导入识别模块中表情识别子模块，输入由图像采集模块实时采集的课堂图片，首先由人脸检测网络模型检测出图片中的所有人脸位置，再将检测到的人脸图片块简单处理后，调整成固定大小输入表情识别网络模型识别学生上课表情。使得模型自动检测人脸并识别其表情特征，以便模型能投入实际使用，实时检测分析课堂上学生的表情信息，结合行为检测模块结果，方便上课教师更加准确实时地了解课堂上每个学生的上课状态，让授课教师更能有的放矢，提高教学质量和效率。

为了解决上述技术问题，本发明还提供一种教学辅助系统，设置有：采

集模块、与所述采集模块连接的识别模块、与所述识别模块连接的提示模块。

所述采集模块，用于实时采集现场的课堂图像并传输给识别模块。

采集模块，如附图9所示，图像采集模块采集目标为班级所有学生上半身图片。采集方式是通过在教室前方墙壁的左、中、右顶端分别安装图像采集装置，调整好拍摄角度，以防止遮挡并综合多个视角，设置图像采集装置每次拍摄的时间间隔，把采集到的图片处理成识别模块所需大小后传输到识别模块，为进行课堂行为识别提供数据；

识别模块，用于对所述课堂图像进行分析，并判断所述课堂图像中行为异常的学生；其具体包括以下单元：

行为检测单元，用于使用训练好的深度张量列网络模型来对所述课堂图像中的学生进行行为检测。

具体的，识别模块的目的是识别图像采集模块中上课学生的具体课堂行为与表情来判断学生是否在认真听课，了解学生对授课内容的接受程度。行为检测方法是先采集课堂中上课学生图片数据，对图片做人工标注，标出其中异常学生，即未认真听课学生，具体包括睡觉、说话、做小动作、发呆等。再使用构建的课堂行为图片数据集训练深度张量列网络模型，使得识别模块能自动学习图片特征，检测出图片中的学生异常行为。最后将训练好的模型投入实际使用，实时获取图像采集模块中传输来的3张图像（本专利以三幅图像为例进行说明，硬件设备许可的条件下，可以实时采集多幅图像），分别检测图片中的学生异常行为，并根据给定的概率阈值框出行为异常学生。

所述提示模块，用于将所述识别模块的识别结果通知授课教师。

提示模块，提示模块实时的将识别结果综合以某种方式通知授课教师，若3个角度的图像都无异常则不通知，教师可通过调节概率阈值以调节识别灵敏度。教师在接收到提示后可以实时了解课堂学生的听课状态和对其所教授的内容的接受程度，可以以此为基础对其中接受程度不是很好的同学重点提问或采取相应的对策。

优选的，还设置有：与所述识别模块连接的存储模块；所述存储模块，用于同步存档所述识别结果并进行编辑分类。

存储模块，存储模块是将该系统的所有识别的最终结果以班级为目，学生为类，以学生个人档案的形式进行存储，学校可以充分利用这些电子档案，

从中挖掘出有用信息，一方面可以根据学生整体接受情况来分析和评估教学中的不足，另一方面可以分析学生的学习曲线，找到学生成绩不好的真正原因，可以有针对性地进行查缺补漏。

所述识别模块还包括：

表情识别单元，用于使用训练好的深度张量列网络模型来对所述课堂图像中的学生进行表情识别。

所述表情识别单元包括人脸检测子单元和卷积神经网络分类器。

表情识别子模块方法与行为检测类似，不同之处在于标注异常表情进行算法训练。本专利中以两子模块以相同算法模型分开并行识别方式进行描述，但也可以通过改变损失函数，通过多任务损失函数将两项任务融合到同一模型中识别，此处不做具体阐述，但亦在本专利保护范围之内。

本发明所要求保护的方案很好的解决了通过对课堂图像进行分析处理以辅助老师进行教学活动的技术问题，避免了现有的教学设备过于依赖外部的图像识别装置导致硬件要求高且识别不准确的缺陷，提升了老师教学工作的效率。

上述内容，仅为本发明的较佳实施例，并非用于限制本发明的实施方案，本领域普通技术人员根据本发明的主要构思和精神，可以十分方便地进行相应的变通或修改，故本发明的保护范围应以权利要求书所要求的保护范围为准。

权 利 要 求

1、一种教学辅助方法，包括以下顺序步骤：

s1. 采集模块实时采集现场的课堂图像，并传输给识别模块；

s2. 所述识别模块对所述课堂图像进行分析，并判断所述课堂图像中行为异常的学生；

s3. 提示模块将所述识别模块的识别结果通知授课教师；

其特征在于，所述步骤 s2 中包括以下步骤：

s21. 所述识别模块使用训练好的深度张量列网络模型来对所述课堂图像中的学生进行行为检测。

2、如权利要求 1 所述的一种教学辅助方法，其特征在于，所述步骤 s2 还包括以下步骤：

s22. 所述识别模块使用训练好的深度张量列网络模型来对所述课堂图像中的学生进行表情识别。

3、如权利要求 2 所述的一种教学辅助方法，其特征在于，所述步骤 s22 具体包括以下步骤：

s221. 通过人脸检测子单元从所述采集模块采集到的所述课堂图像中识别出各学生的人脸区域；

s222. 通过卷积神经网络分类器对检测到的所述人脸区域做表情识别。

4、如权利要求 1 所述的一种教学辅助方法，其特征在于，步骤 s1 中包括以下步骤：

s11. 所述采集模块在教室前方的左、中、右区域分别安装图像采集装置；

s12. 所述图像采集模块以班级中所有学生上半身图像为采集目标。

5、如权利要求 1 所述的一种教学辅助方法，其特征在于，还包括以下步骤：
s4. 存储模块同步存档所述识别结果。

6、如权利要求 5 所述的一种教学辅助方法，其特征在于，所述步骤 s4 中包括以下步骤：

s41. 将每个学生对应的所述识别结果按班级制定成学生电子档案；

s42. 根据所述学生电子档案绘出学生上课状态曲线，用以便于授课教师结合当时教授的内容以及考试成绩对学生进行有针对性的辅导。

7、如权利要求 1 所述的一种教学辅助方法，其特征在于，步骤 s1 之前

还包括以下步骤：

q1. 构建数据集；

q2. 训练所述深度张量列网络模型。

8、如权利要求 7 所述的一种教学辅助方法，其特征在于，所述步骤 q1 包括以下步骤：

q11. 所述采集模块在教室长时间拍摄所述课堂图像并存储；

q12. 选取存在异常的学生图片进行标注。

9、如权利要求 8 所述的一种教学辅助方法，其特征在于，所述步骤 q2 包括以下步骤：

q21. 通过神经网络模型的多层卷积层提取已标注的所述学生图片中的异常特征，所述异常特征与分解后的全连接层权重矩阵运算得到输出预测值；

q22. 所述输出预测值与所述学生图片中的异常行为学生真实标注值的误差构成的损失函数；

q23. 根据所述损失函数调整网络参数，得到训练好的深度张量列网络模型。

10、一种教学辅助系统，其特征在于，设置有：采集模块、与所述采集模块连接的识别模块、与所述识别模块连接的提示模块；

所述采集模块，用于实时采集现场的课堂图像并传输给识别模块；

所述识别模块，用于对所述课堂图像进行分析，并判断所述课堂图像中行为异常的学生；所述识别模块包括：

行为检测单元，用于使用训练好的深度张量列网络模型来对所述课堂图像中的学生进行行为检测；

所述提示模块，用于将所述识别模块的识别结果通知授课教师。

11、如权利要求 10 所述的一种教学辅助系统，其特征在于，还设置有：与所述识别模块连接的存储模块；所述存储模块，用于同步存档所述识别结果并进行编辑分析；

所述识别模块还包括：

表情识别单元，用于使用训练好的深度张量列网络模型来对所述课堂图像中的学生进行表情识别；

所述表情识别单元包括人脸检测子单元和卷积神经网络分类器。

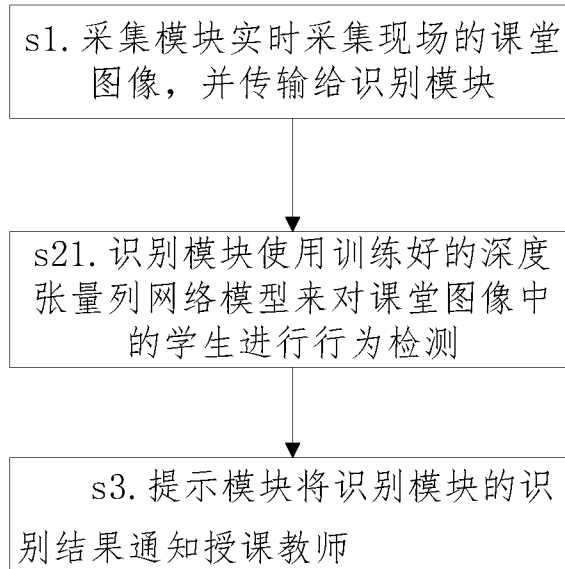


图 1

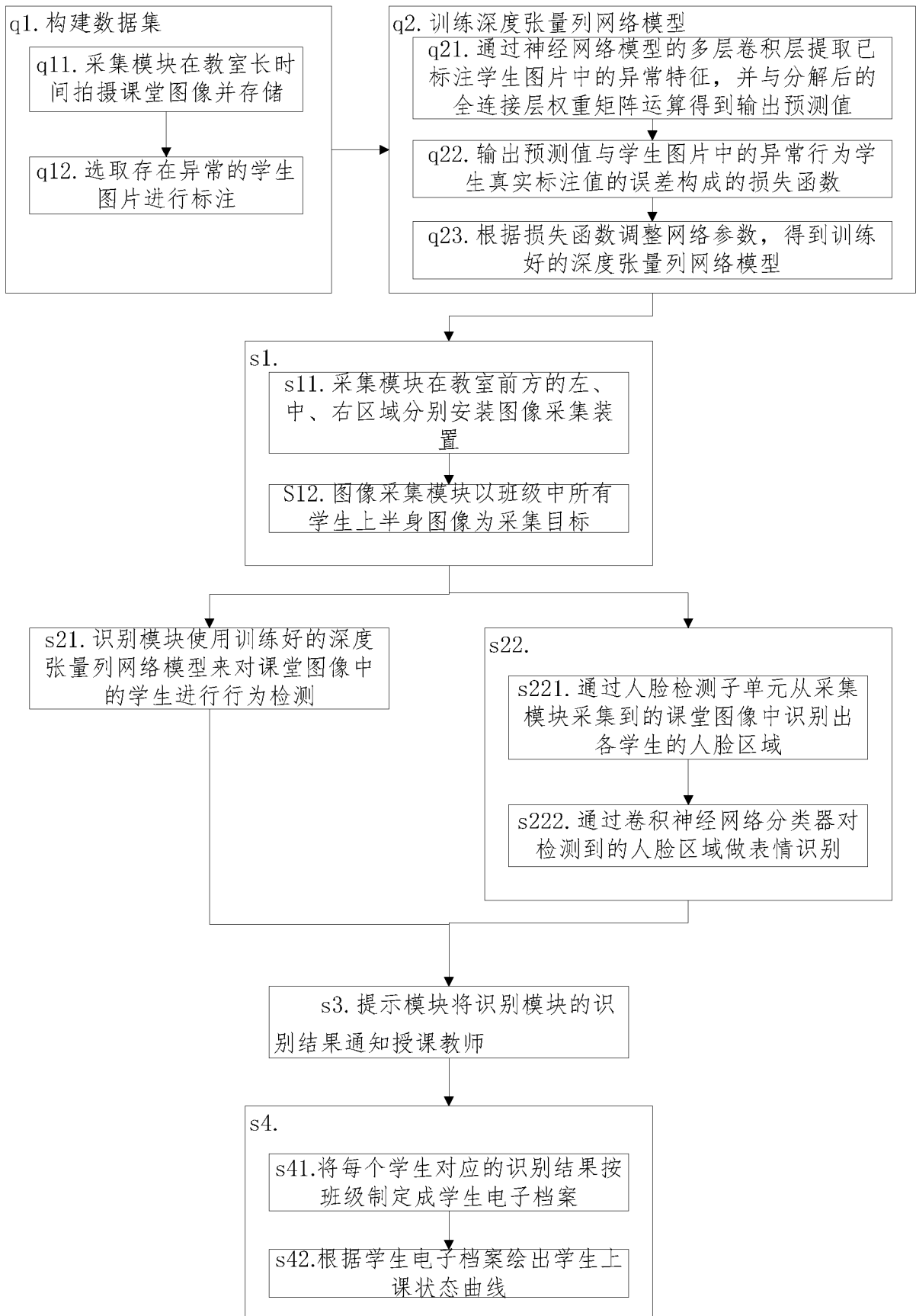


图 2

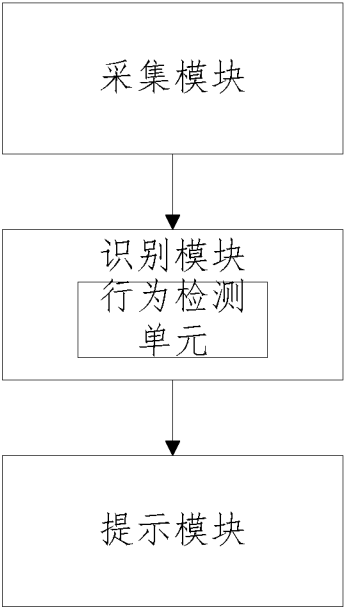


图 3

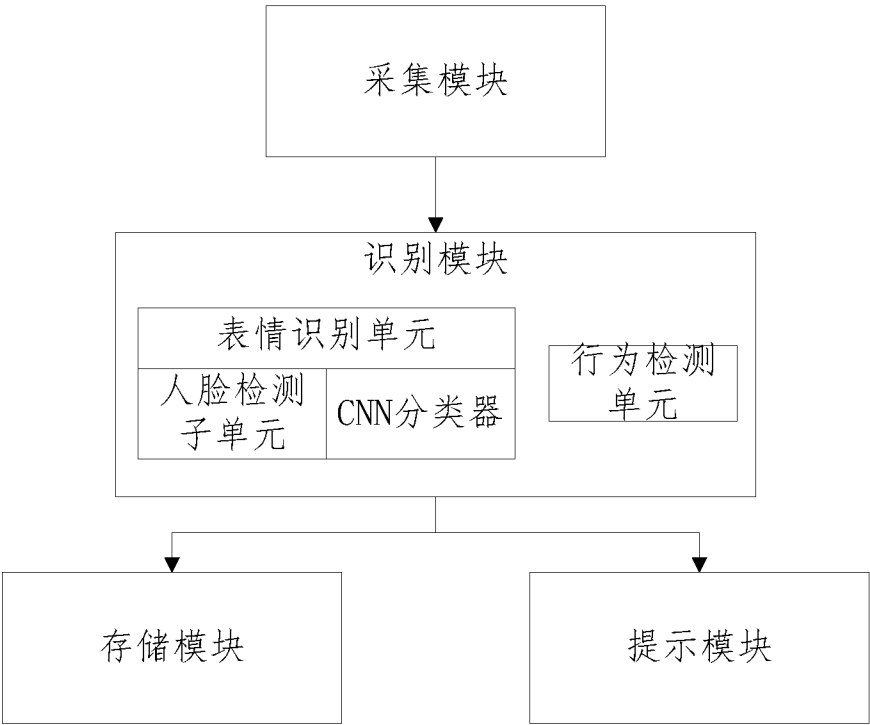


图 4

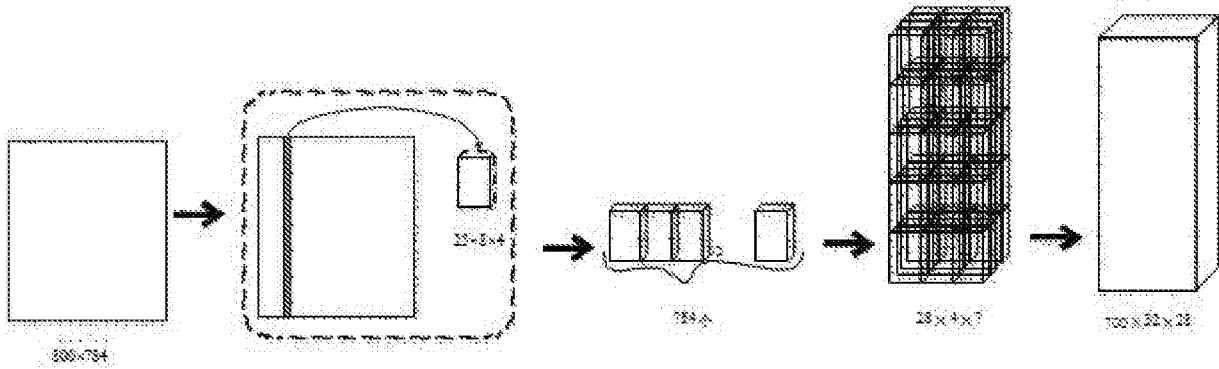


图 5

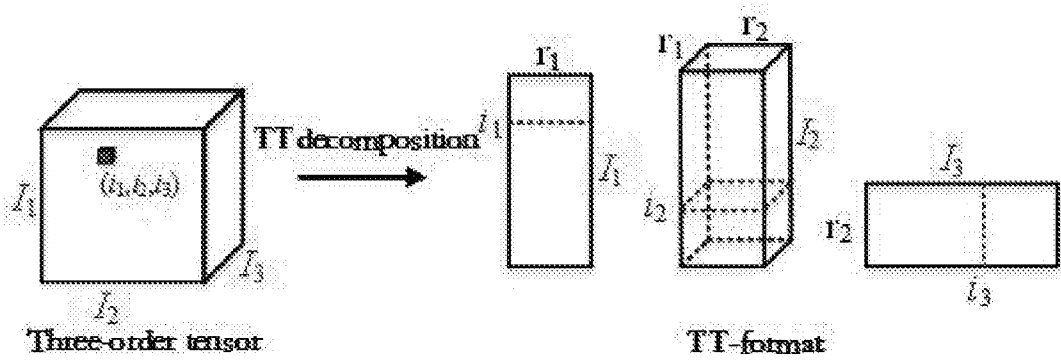


图 6

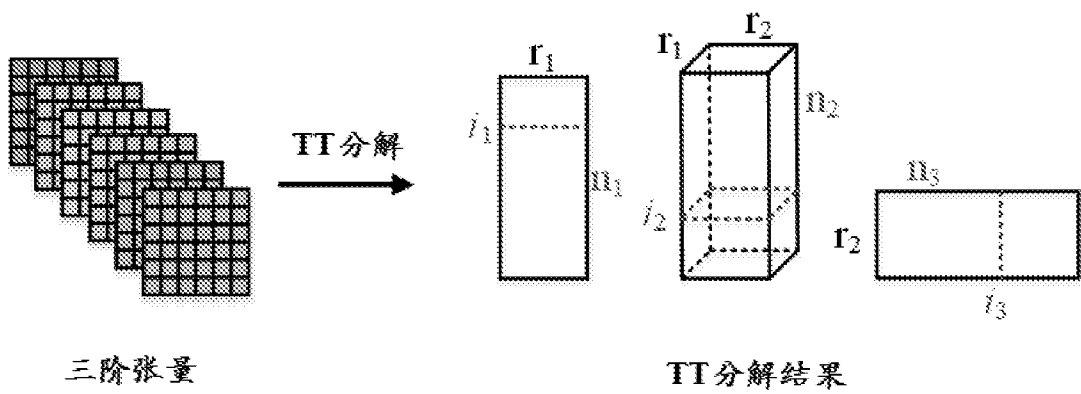


图 7

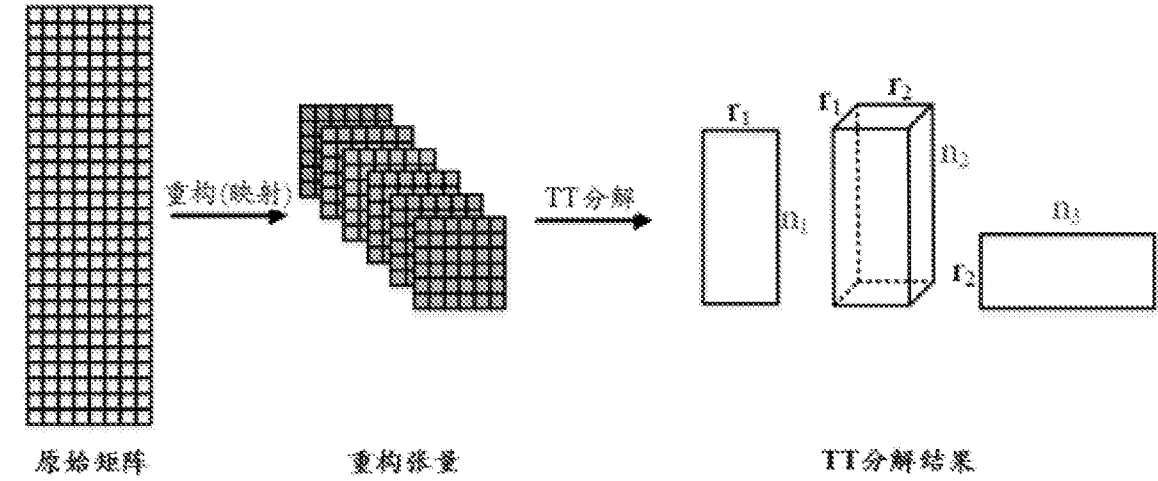


图 8

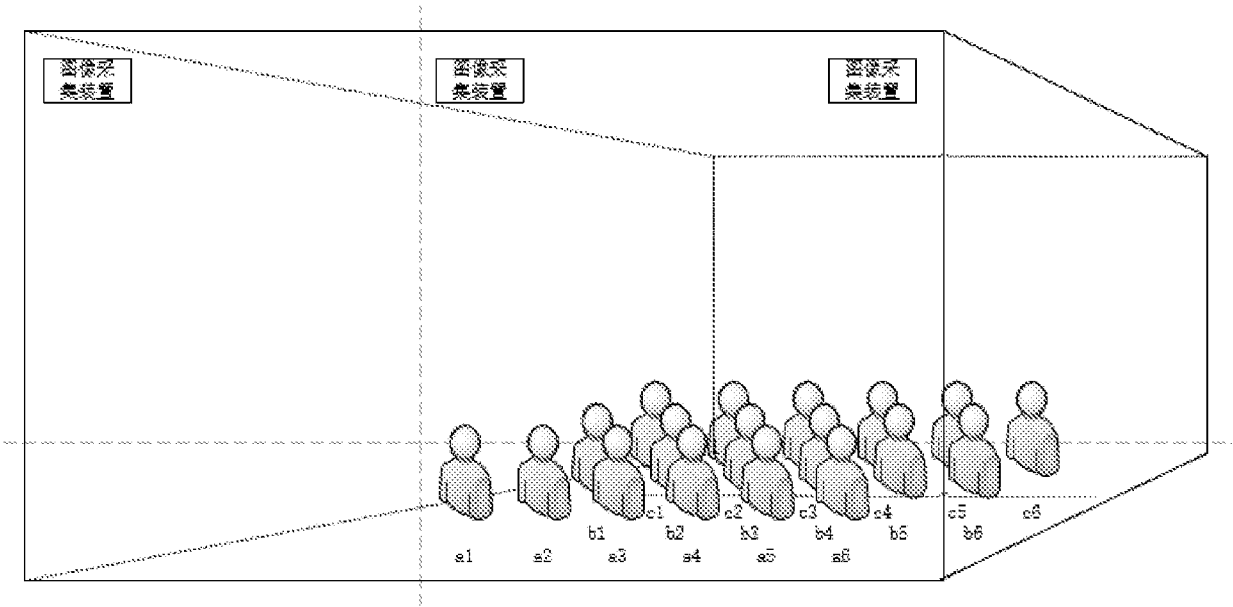


图 9

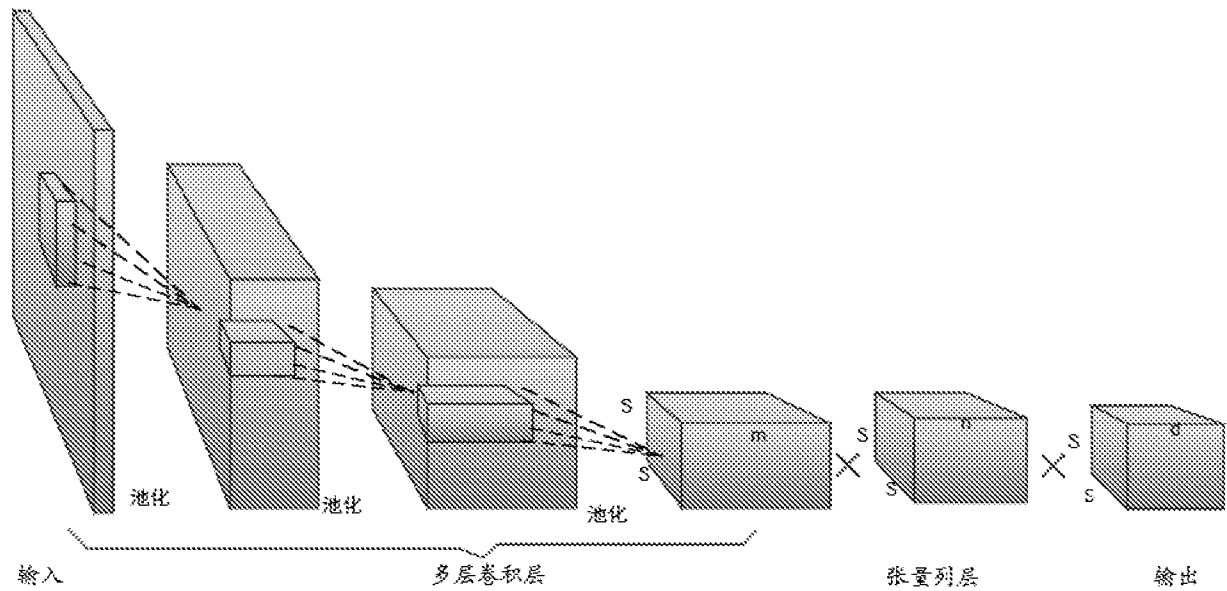


图 10

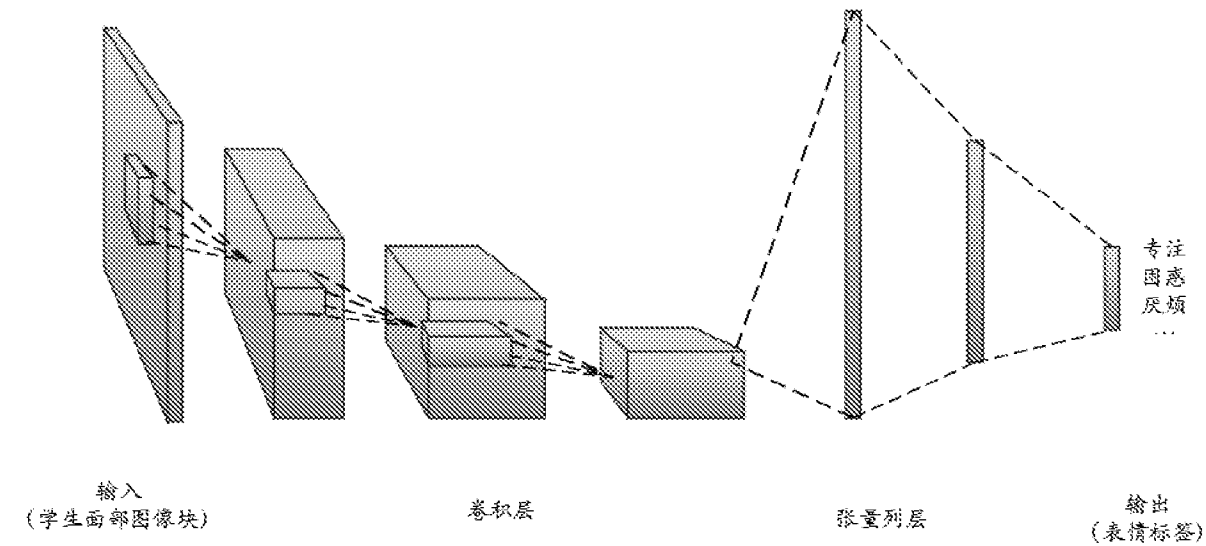


图 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/096217

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G09B 5/02 (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)

G09B 5/-; G06K 9/-

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, CNKI, WPI, EPODOC: 教学, 辅助, 采集, 图像, 识别, 行为, 异常, 深度, 张量列, 网络模型, 表情, 人脸, 存储, 档案, 曲线, 标注, 卷积, 损失, teach, assistant, collect, image, identify, action, behavior, abnormality, deep, tensor w train, network w model, expression, face, storage, record, curve, label, convolution, loss.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 106097790 A (WANG, Cuili), 09 November 2016 (09.11.2016), description, paragraphs 13-18, and figures 1-3	1-11
Y	CN 106778745 A (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY), 31 May 2017 (31.05.2017), description, paragraphs 59-204, and figures 1-7	1-11
A	CN 106778539 A (LUDONG UNIVERSITY), 31 May 2017 (31.05.2017), entire document	1-11
A	CN 102945624 A (NANJING UNIVERSITY OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS), 27 February 2013 (27.02.2013), entire document	1-11
A	CN 103559812 A (DALIAN ESTAR INFO-TECH CO., LTD.), 05 February 2014 (05.02.2014), entire document	1-11
A	US 2015044657 A1 (XEROX CORPORATION), 12 February 2015 (12.02.2015), entire document	1-11

☐ 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 21 March 2018	Date of mailing of the international search report 08 May 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 LI, Ningxin Telephone No. 86-(10)-53962543

International application No.
PCT/CN2017/096217

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (January 2015)

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/096217

A. 主题的分类 G09B 5/02 (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) G09B 5/-; G06K 9/- 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, CNKI, WPI, EPODOC: 教学, 辅助, 采集, 图像, 识别, 行为, 异常, 深度, 张量列, 网络模型, 表情, 人脸, 存储, 档案, 曲线, 标注, 卷积, 损失, teach, assistant, collect, image, identify, action, behavior, abnormality, deep, tensor w train, network w model, expression, face, storage, record, curve, label, convolution, loss.																							
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>Y</td> <td>CN 106097790 A (王翠丽) 2016年 11月 9日 (2016 - 11 - 09) 说明书第13-18段以及附图1-3</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 106778745 A (深圳先进技术研究院) 2017年 5月 31日 (2017 - 05 - 31) 说明书第59-204段以及附图1-7</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 106778539 A (鲁东大学) 2017年 5月 31日 (2017 - 05 - 31) 全文</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102945624 A (南京航空航天大学) 2013年 2月 27日 (2013 - 02 - 27) 全文</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103559812 A (大连东方之星信息技术有限公司) 2014年 2月 5日 (2014 - 02 - 05) 全文</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2015044657 A1 (XEROX CORPORATION) 2015年 2月 12日 (2015 - 02 - 12) 全文</td> <td>1-11</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	Y	CN 106097790 A (王翠丽) 2016年 11月 9日 (2016 - 11 - 09) 说明书第13-18段以及附图1-3	1-11	Y	CN 106778745 A (深圳先进技术研究院) 2017年 5月 31日 (2017 - 05 - 31) 说明书第59-204段以及附图1-7	1-11	A	CN 106778539 A (鲁东大学) 2017年 5月 31日 (2017 - 05 - 31) 全文	1-11	A	CN 102945624 A (南京航空航天大学) 2013年 2月 27日 (2013 - 02 - 27) 全文	1-11	A	CN 103559812 A (大连东方之星信息技术有限公司) 2014年 2月 5日 (2014 - 02 - 05) 全文	1-11	A	US 2015044657 A1 (XEROX CORPORATION) 2015年 2月 12日 (2015 - 02 - 12) 全文	1-11
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
Y	CN 106097790 A (王翠丽) 2016年 11月 9日 (2016 - 11 - 09) 说明书第13-18段以及附图1-3	1-11																					
Y	CN 106778745 A (深圳先进技术研究院) 2017年 5月 31日 (2017 - 05 - 31) 说明书第59-204段以及附图1-7	1-11																					
A	CN 106778539 A (鲁东大学) 2017年 5月 31日 (2017 - 05 - 31) 全文	1-11																					
A	CN 102945624 A (南京航空航天大学) 2013年 2月 27日 (2013 - 02 - 27) 全文	1-11																					
A	CN 103559812 A (大连东方之星信息技术有限公司) 2014年 2月 5日 (2014 - 02 - 05) 全文	1-11																					
A	US 2015044657 A1 (XEROX CORPORATION) 2015年 2月 12日 (2015 - 02 - 12) 全文	1-11																					
☐ 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 3月 21日		国际检索报告邮寄日期 2018年 5月 8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 李宁馨 电话号码 86-(10)-53962543																					

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/096217

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	106097790	A	2016年 11月 9日	无	
CN	106778745	A	2017年 5月 31日	无	
CN	106778539	A	2017年 5月 31日	无	
CN	102945624	A	2013年 2月 27日	无	
CN	103559812	A	2014年 2月 5日	CN 103559812	B 2016年 1月 20日
US	2015044657	A1	2015年 2月 12日	US 9666088	B2 2017年 5月 30日