

文章编号: 1005-8451 (2019) 5-0001-06

基于卷积神经网络优化算法的列车智能测试系统技术研究

王超

(中国铁道科学研究院集团有限公司 通信信号研究所, 北京 100081)

摘要: 设计基于卷积神经网络优化算法的列车智能测试系统, 解决城市轨道交通领域列车系统测试自动化模拟问题。提出的列车智能测试系统, 采用卷积神经网络的结构模型和基于分层压缩的卷积神经网络算法, 详尽介绍构建分层压缩卷积神经网络的具体过程和卷积核优化结构设计。对站场测试用例的自动化模拟实验和测试数据分析的结果表明, 基于卷积神经网络优化算法的列车智能测试系统可以优化测试过程、降低人工错误操作、合理分配测试资源、提高测试质量, 加快整体系统测试进度的要求, 为城市轨道交通领域未来实现全面自动化测试提供技术保障。

关键词: 图像识别; 卷积神经网络; 智能测试

中图分类号: U231.7 : U284.91 : TP39 **文献标识码:** A

Train intelligent testing system based on convolution neural network optimization algorithm

WANG Chao

(Research Institute of Communication and Signal, China Academy of Railway Sciences Corporation Limited, Beijing 100081, China)

Abstract: An intelligent train testing system based on image recognition technology was designed to solve the problem of automatic simulation of train system test in urban rail transit. The intelligent train test system proposed in this paper adopted the structure model of convolution neural network and convolutional neural network algorithms based on hierarchical compression. The paper introduced in detail the concrete process of constructing layered compression convolution neural network and the optimal structure design of convolution core. Through the analysis of automated simulation experiment and test data of station and yard test cases, the results show that the train intelligent testing system based on convolution neural network optimization algorithm can optimize the test process, reduce manual error operation, rationally allocate test resources, improve test quality, speed up the overall system test schedule requirements. The system can also provide technical support for the implementation of comprehensive automated testing in the field of urban rail transit in the future.

Keywords: image recognition; convolutional neural network; intelligent testing

在城市轨道交通领域, 项目正式运营前需要对各子系统进行细致的系统级测试。传统的系统测试方法是, 测试人员根据需求编写的测试案例, 逐项逐条地根据测试步骤, 点击计算机中的应用程序界面, 进行操作。这其中存在大量的类似应用场景, 且往往需要重复一些繁琐的界面操作。这不仅耗费了测试人员大量的时间, 且存在人对场景界面的误操作情况。

收稿日期: 2018-08-09

基金项目: 中国铁道科学研究院集团有限公司通信信号研究所重点课题
(2018HT07)

作者简介: 王超, 工程师。

国内外的卷积神经网络算法研究已经取得了很重要的成果, 现阶段的应用领域主要集中在无人驾驶^[1]、自然语言处理^[2]和图像识别^[3]等, 且研究的改进方法主要包括: 图像特征融合技术^[4]、图像预处理技术^[5]、算法结构改进技术^[6]等。针对城市轨道交通领域系统测试的深度学习^[7]方面的技术研究非常少, 而且由于城市轨道交通系统测试有其自身的特殊性, 往往需要针对特定的测试场景进行算法的优化处理和卷积核优化技术方面的研究。

因此, 本文引入图像识别技术, 通过构建分层压缩卷积神经网络模型并采用了一种卷积核优化技

卷积已经可以满足要求。

在 Level1 层，分层压缩卷积神经网络算法会根据预设的判定规则把图形像素划分为 4 个区域：G1、G2、G3、G4。算法根据各自区域中轨道的形状和颜色显示情况找出对应的匹配图。Level1 层图像粒度划分示意图如图 3 所示。

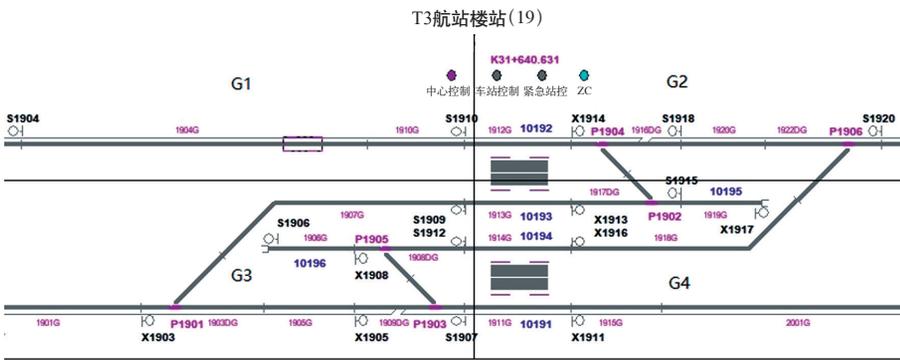


图3 Level 1层图像粒度划分示意图

2.1.2 多层卷积神经网络池化压缩技术

对于需要匹配的图形像素具有多重特征提取向量，不能由单一特征向量快速定位的图形像素，可在 Level1 层上继续划分到 Level2 层，通过增加卷积层数，可以降低匹配图形像素的特征提取维数，从而达到快速高效图形像素匹配的目的。例如，查找信号机 S1906 的状态显示、站台屏蔽门状态显示、扣车标记显示等，如图 4 所示。

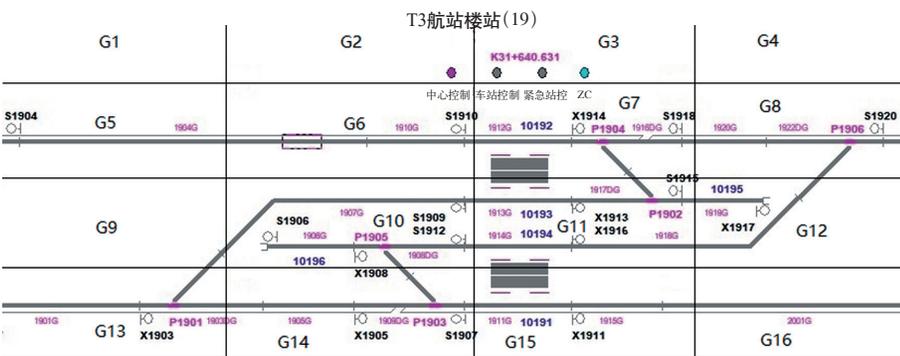


图4 Level 2层图像粒度划分示意图

可以看到，对于 G1、G2、G4、G9 这 4 个区间所包含的图形像素点大部分是空白区域，对于限定测试场景的图形匹配是无效区域，所以在此基础上对无效区域进行图形像素的池化压缩处理，以提高分层卷积神经网络算法的匹配速度。

设搜索区间子图像像素矩阵为 $M_k(n, n)$ ，卷积核的

图形像素矩阵为 $G_k(m, m)$ ，本文提出差异比较公式并进行归一化处理：

$$F_k^s(i, j) = \frac{\sum_i \sum_l \sum_1^0 M(n, n) \cdot G(m, m) \cdot S_1^p}{\left(\sqrt{\sum_i \sum_l \sum_1^0 M(n, n)^2} \right) \cdot \left(\sqrt{\sum_i \sum_l \sum_1^0 G(m, m)^2 \cdot (S_1^p)^2} \right)}$$

k 为分层阈值， h_j 为第 j 分区的匹配搜索路径， $1 \leq i \leq k, 1 \leq j \leq i, 0$ 为卷积核数量， $1 \leq p \leq 0$ ， s_1^p 为加权系数。

对于不满足差异比较条件 $F_k^s(i, j)$ 的图形像素区域，不进行卷积操作，这节省了时间上的计算效率。而对于满足差异条件的神经网络卷积，根据本系统图像数据特征规律，采用一种线性修正函数，此函数的输出以零为中心，在卷积神经网络的逐层处理中，不会导致梯度下降时的晃动；而且对于数据偏大或偏小的情况下也不会产生数据的丢失，修正函数如下：

$$\phi(x) = \begin{cases} ax & \text{for } x < 0 \\ x & \text{for } x \geq 0 \end{cases}$$

2.2 连续场景测试图像匹配

2.2.1 连续场景模式

由于系统测试场景的特殊性，不仅是完成单幅图形像素的静态匹配，它往往是一段时间内连续特定场景的动态匹配。还是以重庆 10 号线 T3 航站楼测试场景为例，排列从信号机 X1903 到 S1915 的列车进站进路，并要求列车进站完成对标操作，并开启相应侧车门。

此测试从图像匹配的逻辑层分析主要包含两种场景：(1) 完成从始端信号机到终端信号机的进路排列图形像素匹配；(2) 完成列车对标停车的图形像素匹配。

这两种测试场景是无缝连接完成的，且匹配的图形像素是动态改变的。具体如图 5 和图 6 所示。

2.2.2 图像匹配邻接矩阵存储结构

针对连续场景的图形像素动态匹配情况，本文提出一种邻接矩阵的数据结构便于对连续测试场景的动态图像链接顺序进行存储，进而达到准确定位

图9中，选取卷积层1的卷积核大小为 3×3 ，卷积层1的中心映射到输入层为 5×5 ；卷积核大小为 3×3 的卷积层2的中心映射到卷积层1为 3×3 。由卷积层的映射性可知，此时的卷积层2相当于作用于 5×5 的输入层上。所以对于一个 5×5 的卷积核，相当于采用2个 3×3 的卷积核进行拼接，但是对于一个 5×5 的卷积核的空间复杂度为 $25 S$ (S 为常数单位)，2个 3×3 的卷积核的空间复杂度为 $18 S$ 。

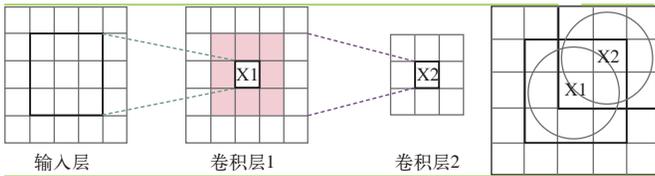


图9 卷积核映射示意图

图10是卷积核拼接的示意图。

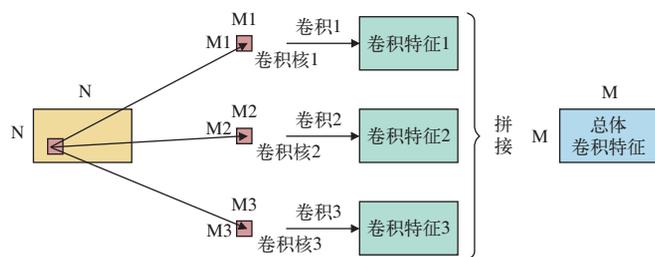


图10 卷积核拼接示意图

3.2 卷积核滑动窗口技术

通过对城市轨道交通各个测试子系统的场景分析发现，需要匹配的图形像素具有共同的相似点，以重庆10号线T3航站楼ATS终端界面为例，核心的测试场景是围绕列车在轨道运行界面的图形匹配。这些图形像素的特点是在相对视野宽阔的布局中具有较少的像素差异分布，所以在卷积核拼接的基础上，本文提出一种滑动窗口技术，可以在卷积核尺寸不变的情况下，扩大图形匹配搜索范围，加快图形匹配搜索效率。选取 6×6 的输入图像矩阵，如图11和图12所示。

对于图11是无滑动窗口的卷积核位移顺序： $R1 \rightarrow R2 \rightarrow R3 \rightarrow R4$ ；图12是滑动窗口长度为3的卷积核位移顺序： $R1 \rightarrow R2 \rightarrow R3 \rightarrow R4$ 。虽然卷积核都是移动了4个 3×3 的矩形区间，但有滑动窗口的卷积核已经完成了一个 6×6 的卷积过程。所以在不增加输入参数且计算量相同的情况下，滑动窗口

的卷积核具有更大的匹配视野。

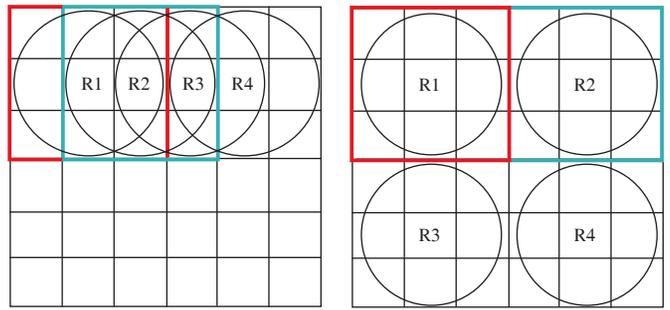


图11 无滑动窗口的卷积核位移 图12 有滑动窗口的卷积核位移

4 列车智能测试系统

列车智能测试系统结构如图13所示。

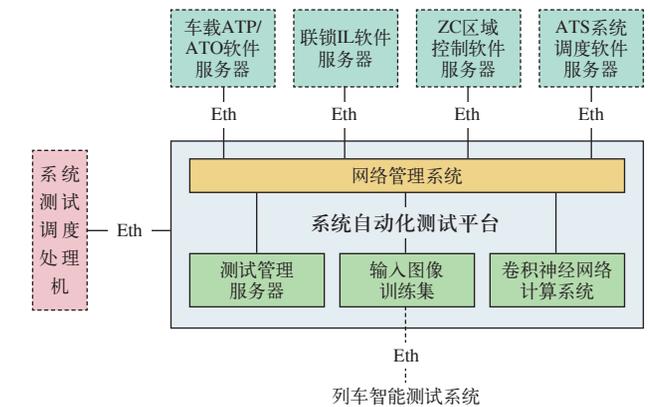


图13 列车智能测试系统结构图

列车智能测试系统基于开源卷积神经网络框架Keras^[9]，它提供了完整的工具包，包括卷积神经网络学习库和常用的API函数，支持Python接口，允许用户对数据和函数进行拓展，且具有优良的模块性和可扩展性，满足本系统的测试开发工作需要。

列车智能测试系统通过采集输入图像数据，对图像数据进行训练，并保存相应的训练模型，通过卷积神经网络计算系统的分析处理，调用预先编写的软件脚本自动执行后续的图形界面的操作命令。

列车智能测试系统解决了实际系统测试过程中测试人员存在大量重复性劳动的问题，提高了测试人员的执行效率，可以高效快速的定位系统的缺陷。

5 结束语

随着人工智能领域的快速发展，图像识别技术作为其中的重要领域，已经深入到人们生活的各行各

(下转 P10)

- [2] 李金达. 虚拟仿真技术在企业培训中的应用[J]. 黑龙江科技信息, 2011 (31): 91.
- [3] 相茂英, 马纯永, 韩勇, 等. 基于 Unity3D 的化工设备虚拟培训系统研究[J]. 计算机技术与发展, 2014, 24 (7): 196-200.
- [4] 林德江, 秦国伟, 王国德, 等. 基于 Unity3D 技术的某装备便携式虚拟训练系统研究[J]. 火炮发射与控制学报, 2014, 35 (4): 91-95.
- [5] 马驰. 高速动车组故障仿真训练系统的设计与实现[D]. 北京: 北京交通大学, 2009.
- [6] 马仲依. 基于虚拟现实技术的车床迷你培训系统的研究及开

发[D]. 济南: 山东建筑大学, 2016.

- [7] 马思群, 王开顺, 李健, 等. 基于 Unity3D 的动车转向架虚拟拆装培训系统研究[J]. 铁路计算机应用, 2017, 26 (8): 33-37.
- [8] 陈彦, 李樊, 王治, 等. 基于增强现实技术的动车组检修作业指导解决方案研究[J]. 铁路计算机应用, 2018, 27 (2): 5-7.
- [9] 李旭东, 许雅兰. 基于 ATP 的有轨电车模拟驾驶仿真设计[J]. 铁路计算机应用, 2018, 27 (4): 68-73.

责任编辑 陈蓉

(上接 P5)

业。本文针对城市轨道交通测试系统中存在的大量图像数据和人工重复性操作问题, 提出了分层压缩卷积神经网络算法和卷积核优化技术, 并构建了相应的列车智能测试平台, 对具体的测试场景进行了实验模拟, 把图像识别技术应用到城市轨道交通系统测试领域, 为未来实现城市轨道交通测试平台的自动化运行提供了技术支撑。而随着各个子系统的交互性增强, 存在同时进行多个场景的图形匹配情况^[10], 要求算法具有非常高的并行性和实时性, 这也是将进一步研究的方向。

参考文献:

- [1] Guoxiong Hu, Zhong Yang, Jiaming Han. Aircraft detection in remote sensing images based on saliency and convolution neural network[J]. EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, 2018 (1): 26.
- [2] Siyuan Zhao, Zhiwei Xu, Limin Liu. Towards Accurate Deceptive Opinions Detection Based on Word Order-Preserving CNN[J]. Mathematical Problems in Engineering, 2018(1): 1-8.
- [3] 李鹏, 吴宁, 宋明, 等. 基于级联滤波器深度学习的铁路安检人脸识别与验证研究[J]. 铁路计算机应用, 2018, 27 (6): 17-20.
- [4] 朱杰, 张俊三, 吴树芳, 等. 基于多中心卷积特征加权的图像检索方法[J]. 计算机应用, 2018, 38 (10): 2778-2781.
- [5] 刘雨桐, 李志清, 杨晓玲. 改进卷积神经网络在遥感图像分类中的应用[J]. 计算机应用, 2018, 38 (4): 949-954.
- [6] 杨钊. 面向图像分类和识别的视觉特征表达与学习的研究

[D]. 广州: 华南理工大学, 2014.

- [7] 张毅. 深度学习在接触网定位器缺陷检测中的应用[J]. 铁路计算机应用, 2018, 27 (3): 15-19.
- [8] 李彦冬, 郝宗波, 雷航. 卷积神经网络研究综述[J]. 计算机学报, 2017, 40 (6): 1229-1251.
- [9] 黄一天, 陈芝彤. Pytorch 框架下基于卷积神经网络实现手写数字识别[J]. 电子技术与软件工程, 2018 (19): 163.
- [10] 张任其, 李建华, 范磊. 分布式环境下卷积神经网络并行策略研究[J]. 计算机工程与应用, 2017 (8): 1-7.

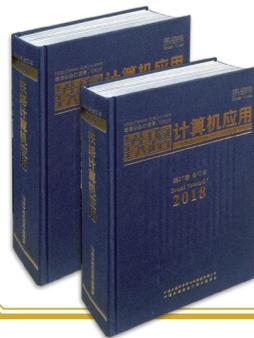
责任编辑 陈蓉

《铁路计算机应用》

2018年合订本(限量版)出版发行



合订本为大16开精装本, 全彩印刷, 每册定价 **160** 元。



限量发行 **100** 套
从速订阅

订购热线: 010-51849236
<http://www.tljsjy.com>

微信公众号: tljsjy