

长三角研究生智慧城市创意设计大赛——项目简表

项目名称	基于 Faster R-CNN 的街道智能环境检测清洁系统				
团队名称	今世进士尽是近视				
作品类别	<input type="checkbox"/> 组织方命题类 <input checked="" type="checkbox"/> 企业命题类 <input type="checkbox"/> 自由选题类				
作品主题	<input type="checkbox"/> 节能减排 <input type="checkbox"/> AI 医学影像 <input type="checkbox"/> 智慧政务 <input type="checkbox"/> 城市规划 <input checked="" type="checkbox"/> 智慧环保 <input type="checkbox"/> 智慧社区 <input type="checkbox"/> 智慧医疗 <input type="checkbox"/> 智慧交通 <input type="checkbox"/> 智慧教育 <input type="checkbox"/> 智慧建筑 <input type="checkbox"/> 智慧家居 <input type="checkbox"/> 智慧安防 <input type="checkbox"/> 智慧物流 <input type="checkbox"/> 智慧金融				
队长姓名	付杰	联系电话	15195892057	E-mail	1163844624@qq.com
团队全体成员 (包括队长在内)	付杰, 张梦雨, 杨萧晖, 樊金阳				
指导教师 1	平萍	指导教师 2			
参赛单位	河海大学				

项目简要介绍:

(1) **项目背景** (介绍创意将解决什么问题/适合怎样的市场需求等, 不超过 300 字)

在全球数字化城市的重要转型阶段, 智慧城市建设逐渐受到社会各阶层的关注。本项目针对传统街道清洁方法存在的弊端: 需涉及到许多地方的街道清扫工人工确认街道是否需要清洁, 不能及时的掌握城市街道的垃圾清洁状况, 导致城市管理的高成本, 提出了一种自动监控街道清洁度的方法。利用普及的移动设备和人工智能技术, 开发一种街道智能环境检测清洁系统, 快速有效的进行大规模监控和检测街道垃圾的数量、种类及位置, 提高监测街道垃圾水平, 合理调度、科学安排环卫工人的清理工作, 有利于智慧街道中的绿色街道与未来街道建设, 适应我国科学化、智慧化、精细化发展的需要, 驱动智慧社区的形成与发展, 有广阔的市场应用前景。

(2) **立项思路** (叙述项目的创新思路、已有基础等, 不超过 300 字)

本项目是一种基于深度学习的智能街道清洁服务系统, 采用在图像分类等应用中取得成功的深度学习技术, 旨在为城市提供一种自动监控街道清洁度的方法。使用物联网中的移动边缘计算、大数据分析以及机器学习技术, 设计和开发智能清洁街道服务系统。移动边缘处理组件位于监控街道的摄像头中。使用边缘计算处理图像, 并将这些图像发送到服务器, 使用服务器上的 GPU 处理可以从更深层扫描中获得良好效果。在边缘层进行图像预处理之后, 采用运行更快的 R-CNN 来识别服务器处理的街道垃圾。最后, 将垃圾数量、种类及位置的分析结果发送到用户层进行评估。帮助城市管理者合理调配市政清洁人员, 有利于人力、物力、财力资源的节约和有效利用。

(3) **解决方案** (叙述项目的解决方案与技术路线、创新的等, 不超过 500 字)

该项目综合了移动边缘计算、大数据分析以及机器学习技术, 设计开发智能街道服务系统, 共包括边缘层、服务器层和用户层三个层次。首先, 在移动设备上捕获街道图像, 并在边缘层进行预处理; 然后, 将预处理图像从边缘层发送到服务器。服务器对传入的图像进行处理, 通过深度学习算法进行物体检测和分类; 最后, 将包括垃圾位置、垃圾类型和垃圾检测照片在内的详细结果发送到用户端。创新点如下:

- (1) 采用三层系统架构, 并融入深度学习、边缘计算、大数据计算以及机器学习等先进技术, 提高了最终生成结果报告的准确性、及时性以及信息的多元性。
- (2) 采用 Faster R-CNN 模型进行街道垃圾检测, 实现垃圾检测的高精度、高速度, 同时可执行端到端训练。
- (3) 自动化程度高。从收集街道图片到街道垃圾的检测评估, 无需过多的人工干预, 极大节约了人力、物力、财力资源。

（4）商业模式和预期效益（概括商业模式、预期市场与前景等，不超过 300 字）

本项目以市政环卫部门为主要目标，以“高效+精细化”的理念为指导，展开营销策略。在产品服务方面，本公司展开服务引导、服务跟进和服务追踪的优质一条龙服务。在定价方面，采用成本加成法，并结合价值导向和竞争导向进行调整。在渠道设置上，针对政府环境保护部门，以各县级市作为切入点，在华东地区进行直销，华北地区进行经销。在产品推广方面，采用营销组合策略，并进行创新性地方性事件营销。本项目提供一种自动监控街道清洁度的方法，利用普及的移动设备和人工智能技术，开发一种街道清洁检测服务系统，提高监测街道垃圾水平，合理调度、科学安排环卫工人的清理工作，适应我国科学化、智慧化、精细化发展的需要，有广阔的市场应用前景。

长三角研究生智慧城市创意设计大赛

项目说明书

一、立项依据

1. 项目意义

在全球数字化城市的重要转型阶段，智慧城市建设逐渐受到社会各阶层的关注。2016年，习近平总书记指出，要以信息化推进国家治理体系和治理能力现代化，以建设新型智慧城市等为抓手，以数据集中和共享为途径，分级分类推进新型智慧城市建设。2017年，习近平总书记强调推进实施国家大数据战略，加快完善数字基础设施，推进数据资源整合和开放共享，更好服务我国经济社会发展和人民生活改善。这是我们新型智慧城市建设的重要战略指导思想。

智慧城市就是以一种更智慧的方法，通过利用物联网和云计算技术对城市各项活动做出感知和处理，提高城市在社会和经济方面的服务质量，达到降低成本和资源消耗的目的。城市街道表面接收来自天然和人类来源的废物，如树叶、土壤、沉积物、散落垃圾等。研究证明，如果街上有垃圾，人们会毫不犹豫地扔掉更多的垃圾。然而，如果街道很干净，人们往往会在投掷任何东西之前三思而后行。因此，城市街道的清洁尤为重要，它对城市的形象和声誉以及城市居民和工作人员的生活质量产生了重大影响。当街道清洁服务无效时，可能还会对城市旅游，声誉和经济产生负面作用，甚至加剧空气和水污染。街道清洁成为智慧城市建设过程中的主要关注点。

传统的街道清洁方法需要每个层次的人工干预，涉及到许多地方的街道清扫工并手动确认街道是否需要清洁。然而，这种方法需要大量的人工操作来检测和评估街道的清洁度，城市公民人工检查垃圾存在的位置，然后向城市管理者提交报告，城市管理者再就近安排市政人员前去清洁。有的城市在街道的十字路口上安置摄像头观察该区域是否有垃圾。这些都不能及时的掌握城市街道的垃圾清洁状况，导致城市的高成本。目前，我国环卫工人的工作现状是要求环卫工人全天保洁，一天上班，早上 3:00—5:00，白天为上午、下午两班倒，中午休息一小时，至少工作 8 个小时以上，无基本安全保障，工资仅仅高于当地最低工资标准。而且十分辛苦，部分环卫工人甚至要上一整天班。

因此，为城市提供一种自动监控街道清洁度的方法，利用普及的移动设备和人工智能技术，开发一种街道清洁检测服务系统，快速有效的进行大规模监控和检测街道的垃圾数量、种类以及位置，为城市管理者及时合理的调配市政清洁人员提供方便，大大降低环卫工人的工作负担。对智慧城市的长效发展有重要作用。

2. 国内外研究及发展动态分析

城市街道的清洁度与城市的公众形象直接相关。为了保持街道清洁，国内外学者已经开发出不同的方法。这些方法可分为两个方向：一是评估街道清洁度，二是监测废物。为了评估街道清洁度，Sevilla 等人提出了一个衡量城市街道清洁程度的清洁指数，以便评估公共服务的质量和治理。但是，测量过程需要大量人为干预，如收集数据和评级数据。Lopez 等人开发了一个应用程序，以评估街道清洁和废物收集服务。计算和评估 21 项指标的具体方法

旨在真实反映城市街道清洁程度。虽然此应用程序可以从用户端收集信息并将信息存储在应用程序数据库中，但仍需要用户在 App 中手动填写信息。李等人提出了一个多层次的评估系统，并展示了如何使用移动台收集街道的清洁状况。结果通过城市网络传输，在云中分析并在线或在移动设备上呈现给城市管理员。关于监测废物，Rovetta 等使用传感器监测基于分布式传感器技术和地理信息系统的垃圾箱。Begur 等人重点关注圣何塞市的非法倾倒问题。他们提出了一种创新的智能移动服务系统，该系统支持实时非法倾倒检测，更改，监控和管理。Alfarrarjeh 等人提出了一种自动化的地理空间分类方法，以确定街道清洁度。实验比较了分类器和图像特征的各种组合，表明基于 CNN 图像特征的 SVM 分类器在精度和召回方面都获得了良好的价值。Balchandani 等人提出了智能街道清洁的深度学习框架，旨在为任何城市提供自动化的方式来监控其街道的清洁度。

在实际应用中，为有效提高街道的清洁度，许多城市应用了不同的检测方式，取得了良好的效果。例如，纽约市使用称为记分卡的检查程序，基于严格的街道和人行道清洁度摄影标准，来衡量城市街道和人行道的清洁度。孟加拉国首都达卡市建立了一个基于 Android 的应用程序。用户自己可以贡献清洁他的城市，通知志愿者挺身而出或者可以通知城市公司。美国洛杉矶开发了最先进的街道清洁度评估系统。成为第一个绘制每个街区清洁度的城市。借助这一新工具，卫生设施能够更好地满足高需求地区的需求，并确保公平分配服务。尽管上述方法为城市清洁街道提供了新的想法，但目前大多数检测垃圾的方法都不是完全自动化的，仍然依赖于人为干预。清理人员需要手动捕获并识别每张图片，以确定街道是否脏污。国内外正在积极研究一种自动化系统，利用不同设备捕获街道，收集街道信息，比如图片、地理位置、日期和时间等，然后使用机器学习技术在云平台中进行图像检测，产生的垃圾数量、种类及位置结果被送到城市管理系统供城市管理者查看。一个能够自动可靠地检测每个捕获图像中的垃圾而无需人工干预的解决方案，符合智慧城市发展的需要，有良好的应用前景和发展态势。

二、项目创新内容

1. 项目总体思路

本项目旨在为城市提供一种自动监控街道清洁度的方法。使用物联网中最先进的先进技术，移动边缘计算，大数据分析以及机器学习技术，设计和开发智能清洁街道服务系统。移动边缘处理组件位于监控街道的摄像头中。使用边缘计算处理图像，并将这些图像发送到服务器，使用服务器上的 GPU 处理可以从更深层扫描中获得良好效果。在边缘层进行图像预处理之后，采用运行更快的 R-CNN 来识别服务器处理的街道垃圾。最后，将垃圾数量、种类及位置的分析结果发送到用户层进行评估。帮助城市管理者合理调配市政清洁人员，有利于人力、物力、财力资源的节约和有效利用。

2. 可行性分析

本项目是一种基于深度学习的智能街道清洁服务系统。深度学习是机器学习的一个分支，但又不同于传统的机器学习方法，深度学习技术通过图像分类和计算机视觉中的其他一些应用取得了显著的成功。有两种主要类型的深度学习技巧。第一种学习类型是监督学习，其需要具有包含输入和期望结果的训练数据集的子集。然后基于训练集对新数据进行分类。众所周知的监督学习算法之一是深度卷积神经网络（CNN）。第二种学习类型是无监督学习和半监督学习，无监督学习被称为描述性或无向性分类。如果有没有所需输出的数据，则称为无监督。半监督学习是监督学习和无监督学习的混合版本，因此标记和未标记的数据都应该用于学习。众所周知的无监督学习算法是去噪自动编码器和深玻尔兹曼机器。在

本项目中，我们专注于深度卷积神经网络（CNN），实现了图像分类的一系列突破。2012年，Krizhevsky 等人训练了最大的卷积神经网络之一，用于 ILSVRC-2010 和 ILSVRC-2012 竞赛中使用的 ImageNet 子集数据，并取得了迄今为止在这些数据集上报告的最佳结果。继这项工作之后，Girshick 等人已显示 PASCAL VOC 数据集的领先检测性能。他们将区域提案与 CNN 结合起来，并称他们的方法为 R-CNN：具有 CNN 功能的区域。然而，R-CNN 训练需要大的空间和时间，因为多阶段管道涉及提取特征，微调具有对数丢失的网络，训练 SVM，最后拟合边界框回归。为了加速 R-CNN，提出了空间金字塔池化网络（SPPnets），以通过共享计算来加速 R-CNN。SPPnet 方法计算整个输入图像的卷积特征映射，然后使用从共享特征映射中提取的特征向量对每个对象提议进行分类。SPPnet 在测试时将 R-CNN 加速 10 到 100 倍。由于更快的提案特征提取，培训时间也减少了 3 倍。2015 年，Girshick 提出了一种名为 Faster R-CNN 的新训练算法，该算法解决了 R-CNN 和 SPPnet 的缺点，同时提高了它们的速度和准确性。2016 年，Ren 等人提出了 Faster R-CNN，以减少提案生成的计算负担。关键思想是为 RPN 和 Faster R-CNN 探测器共享相同的卷积层，直到它们自己的完全连接层。现在，图像只通过 CNN 一次，然后生成对象提案。基于此，本项目采用了更快的 R-CNN 模型进行街道垃圾检测，应用 Faster R-CNN 具有的更高的检测精度和速度来实现垃圾的快速检测。

3.本项目的特色与创新之处

本项目是一种基于深度学习的智能街道清洁服务系统，该系统允许自动垃圾检测和分类以及街道状况的实时监控。提出的智能清洁街道服务系统的系统架构，共包括边缘层、服务器层和用户层三个层次。

边缘层的主要目标是使用街道摄像头捕获街道图像并从街道收集位置坐标。该部分有两个主要部件：摄像头模块和边缘处理模块。不同方向的三个摄像机拍摄街道的高分辨率照片。每个摄像机都有一个预定义的角度和分辨率，可以自定义并覆盖 20 英尺的定义范围。所有这些捕获的图像完全处于原始或未压缩状态，并传递到边缘处理模块中。边缘处理模块由几个部分组成。首先，使用优化的预训练深度学习模型来确定在服务器中值得更深入处理的图像中的任何感兴趣区域，并检查图像是否包含街道的清晰视图并且不模糊。然后，压缩，加密所选图像，最后通过无线网络将其发送到服务器。

服务器层是在云服务器上进一步分析预处理图像的层，服务器上配置 Tensorflow（开源软件接口）进行 CNN 模型训练和测试。首先，服务器端图像处理器解密图像。然后，将解密的图像馈送到预训练的深度学习模型，采用 Faster R-CNN 构建垃圾识别模型，其检测并分类图像中的对象，体系结构如下图所示。Faster R-CNN 使用名为 Region Proposal Network（RPN）的 CNN 层而不是选择性搜索。Faster R-CNN 从 RPN 生成的特征映射生成区域提议。RPN 扫描要素图上的滑动窗口并提取候选对象。此时，为了检测细长的物体，每个网格都有一些称为锚箱的边界框。最后，与 Faster R-CNN 一样，区域提议被投影到特征图上，并且通过对区域提议进行分类来检测对象。由于 Faster R-CNN 使用单个 CNN 生成图像特征和区域提议，因此除了更快的检测之外还有可以执行端到端训练的优点。最后，将对象检测和分类生成的结果输入最终用户数据库以进行可视化和报告。

用户层是基于云处理生成报告的层。这些结果包括垃圾位置，垃圾类型和垃圾检测照片，可视化为城市和社区。在系统中，开发的用于小型街道物体检测和分类的深度学习模型表现出相当好的准确性，并且在智能街道相关方向发展中显示出巨大的潜力。

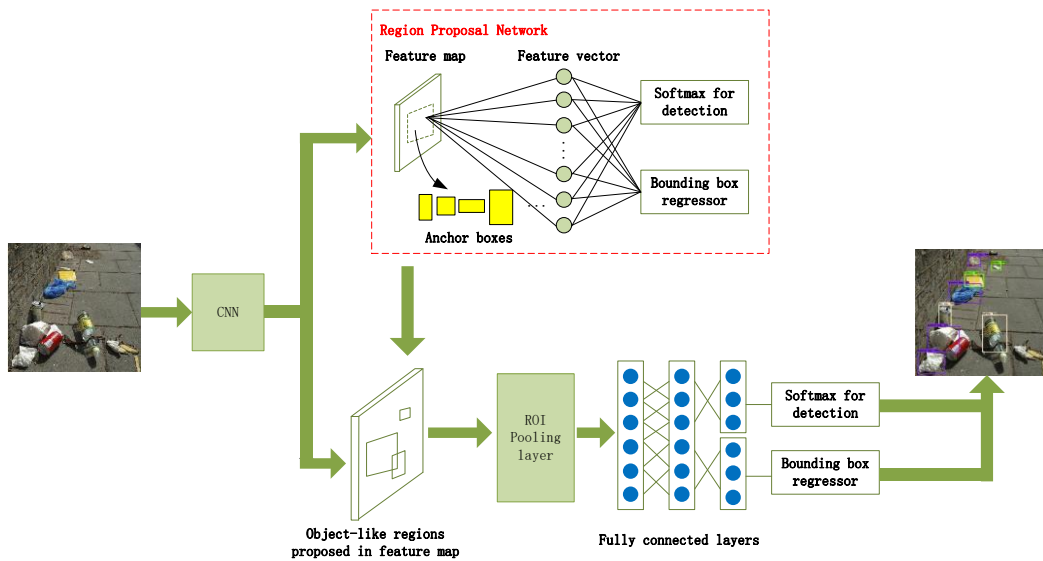


图 1 Faster R-CNN 体系结构

三、实施方案

本项目使用物联网中最先进的先进技术，移动边缘计算，大数据分析以及机器学习技术，设计和开发智能清洁街道服务系统，提出的智能清洁街道服务系统的系统架构，共包括边缘层、服务器层和用户层三个层次。

技术路线：首先，在街道摄像头捕获街道图像，并在边缘层进行预处理；然后，这些预处理图像将从边缘层发送到服务器。服务器对传入的图像进行处理，通过深度学习算法进行对象检测和分类；最后，将包括垃圾位置、垃圾类型和垃圾检测照片在内的详细结果输入到最终用户数据库中。如下图所示。

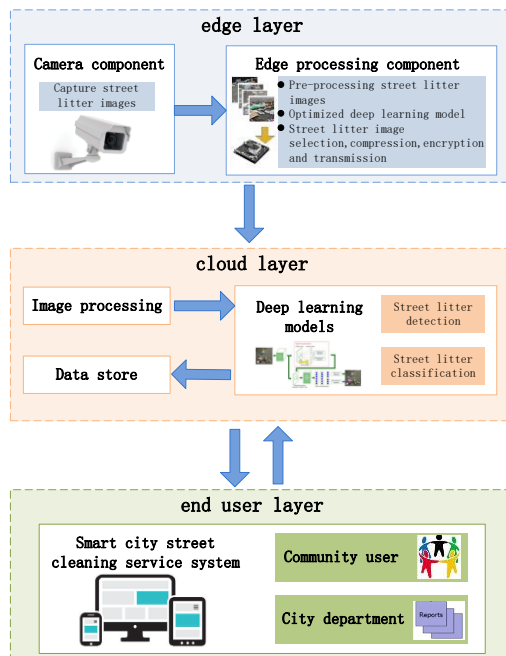


图 2 清洁街道框架—系统架构

数据集构建：由于没有公开可用的垃圾数据集，并且以前的研究已经收集并使用了他们自己的数据集，我们从各种公共图像源收集图像。主要图像来源是：谷歌地图街景、ImageNet 图像、谷歌图像搜索和 Open Image 数据集。为了提高在各种条件下探测垫料的能力，我们

的数据记录经过精心设计，包括的场景有：雨/晴、远距离、不同形状的堆放物、阴影、半阴影半太阳光、被汽车挡住、松散的堆放物和小堆放物。为了训练模型，我们将数据集分成包含 80% 的训练集图像和 20% 的测试集图像。由于一些目标图像没有足够的数量来训练 CNN 进行概括，我们进行了数据增加以及从现有数据创建更多样本。除了使用内置流量数据增强，我们还进行了额外的数据增强操作，如随机缩放，旋转，亮度，模糊，强度，侵蚀，扩张和噪声，以选择图像，提高 Faster R-CNN 的泛化能力。图 3 展示了数据增强的样本。左边的图像是原始图像。



图 3 数据增强样本

数据处理：使用 LabelIng 对图片进行标注，标注完成后保存为同名的 xml 文件。对于 Tensorflow，需要输入 TFRecords Format 格式。通过脚本文件 xml2csv.py 和 generate_tfrecord.py，首先将 xml 文件内的信息统一记录到 csv 表格中，然后从 csv 表格中创建 tfrecord 格式。

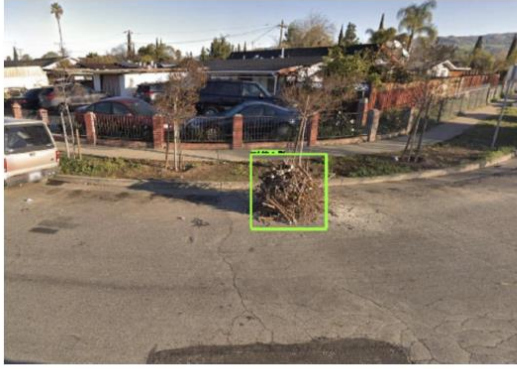
实验配置：训练在 Google Colaboratory 上实施，并使用 TensorBoard 进行监控。免费的 Google Colaboratory 机器配备 Nvidia Tesla K80 GPU 和 Intel Xeon CPU。为加快训练速度，经常将动量算法应用于随机梯度下降（SGD），有助于参数矢量在任何方向上建立速度，并且具有恒定的梯度下降，从而防止振荡。因此，选择 SGD 结合动量法来更新我们研究中的参数。

模型训练：为了节省模型训练的时间，同时为了获得更好性能，使用了迁移学习（Transfer Learning），在一个预先训练好权重的 CNN 网络中进行微调（fine tuning）。由于我们的训练数据较小，为了避免过度拟合，通过数据增强增加数据大小和微调。我们的模型在预先训练好权重的 faster rcnn inception v2 coco 深度学习模型上进行。我们的模型运行在 Google Colaboratory 上，并通过 TensorBoard 进行监控。通过使用预定义的学习速率表或自适应学习速率方法在训练过程中降低学习率。为了加快训练速度，我们选择随机梯度下降（SGD）和动量法（momentum method）来更新参数。

实验分析：实验中数据集的分类如下，分别包括三个实验：

（1）单一垃圾检测——落叶

大部分测试输入对分类堆场碎片可以正确识别。然而，光照条件和树叶堆的形状可能会影响精度。其中识别较好的情况是：直接在阳光下、大堆树叶、颜色不是黄色就是绿色、没有远距离拍摄，都是近距离拍摄。为了提高检测精度，增加了更多情况下的数据：晴天/雨天，不同形状的叶子，一半阴影一半阳光，被车遮挡，散落的小片的树叶，以及不同亮度下的街道图片。实验结果如下，其中连续堆积的叶子未被识别，远距离的落叶也不能被检测到（物体小，分辨率低）。



(a)



(b)



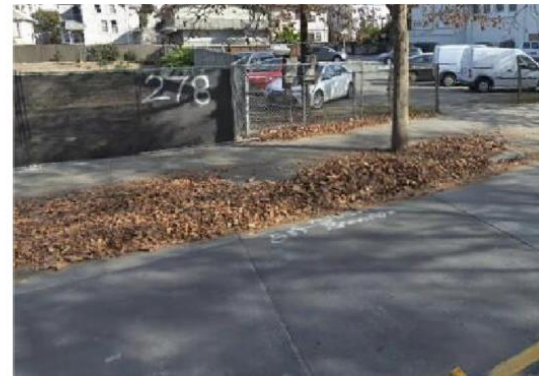
(c)



(d)



(e)



(f)

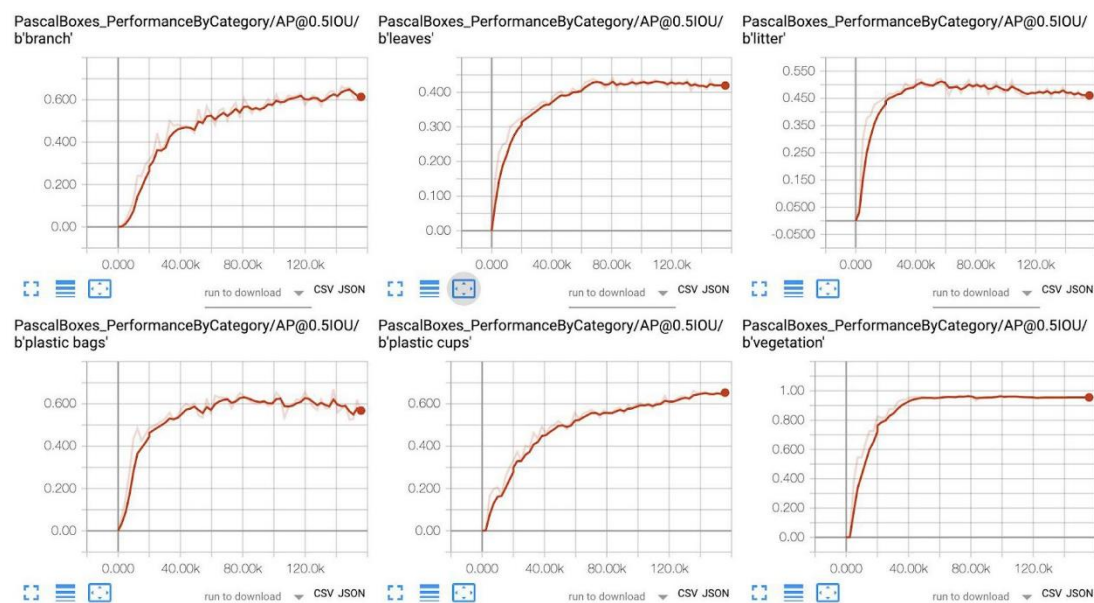


(g)

图 4 庭院碎片的检测结果

(2) 6 类垃圾检测

进一步对包含 6 类垃圾（树叶，垃圾，树枝，塑料杯，塑料袋和植被）的小型数据集进行培训和测试。另外，为了评估所建模型的性能，采用 PASCAL VOC metric。比较不同迭代的准确性，分别进行了 160000 步和 250000 步，平均精确度如下图所示。其中，对植被、塑料袋和塑料杯子的检测精度优于对树枝、垃圾、树叶的检测精度。这是因为像垃圾、树叶这样的小物体很难检测到，因为它们分辨率较低，受周围环境的影响较大。



(a)



(b)

图 5 不同迭代时的准确度比较：(a) 160000 步；(b) 250000



图 6 250000 步的平均准确度

(3) 11 类垃圾检测

对 11 类垃圾的大型数据集进行训练和测试。下表显示了数据集的 11 类对象及其来源和数量。类别如下：

表 1 训练和测试的数据集

Class	Number of images	Image sources	Description
Litter	480	1,2,3,4	various street litters
yard debris	175	1,3,4	loose leaves
yard pile	166	1, 3, 4	pile of leaves
tree branches	164	1, 3, 4	cut tree branches
cup	691	1, 2, 3, 4, 5	paper/plastic cup
bottle	2093	1, 2, 4, 5	plastic/glass bottle
tin can	2093	1, 2, 4, 5	soda/metal can
plastic bag	1039	5	plastic/shopping bag
pothole	280	4	street pothole
manhole	500	1, 3, 4	manhole/utility cover
oil stain	141	1, 4	oil stain/marks
Neg.IMAGE	5287	1,2,3,4	Negative images
Total image	12346		

查全率（recall）和查准率（Precision）是衡量预测质量的一种简单而有用的方法。其中，查全率=TP/(TP+FN)：表示正确识别物体 A 的个数占测试集中物体 A 的总个数的百分数。查准率=TP/(TP+FP)：表示正确识别物体 A 的个数占总识别出的物体个数 n 的百分数

Average Precision (AP):

AP % AP at IoU=0.50:0.05:0.95 (primary challenge metric)
 APIoU=.50 % AP at IoU=0.50 (PASCAL VOC metric)
 APIoU=.75 % AP at IoU=0.75 (strict metric)

AP Precision Scales:

APsmall % AP for small objects: area < 322
 APmedium % AP for medium objects: 322 < area < 962
 APlarge % AP for large objects: area > 962

Average Recall (AR):

AR_{max=1}

% AR given 1 detection per image

AR_{max=10}

% AR given 10 detections per image

AR_{max=100}

% AR given 100 detections per image

AP Recall Scales:

AR_{small}

% AR for small objects: area < 322

AR_{medium}

% AR for medium objects: 322 < area < 962

AR_{large}

% AR for large objects: area > 962

其中进行 250000 步，其精度如下：

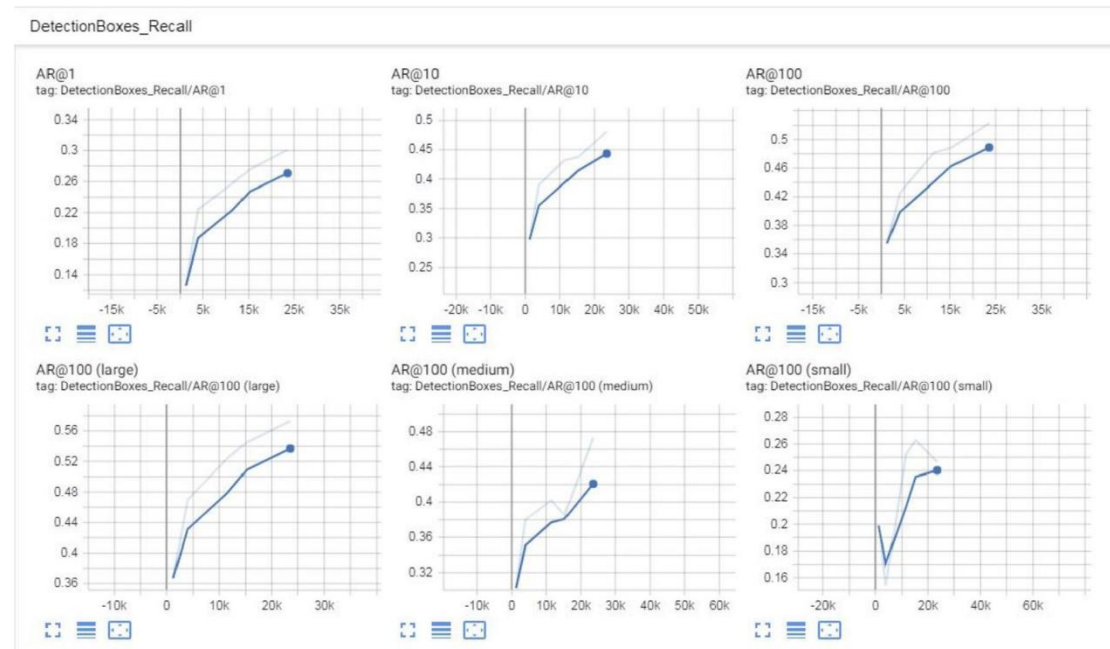


图 7 250000 步的查全率

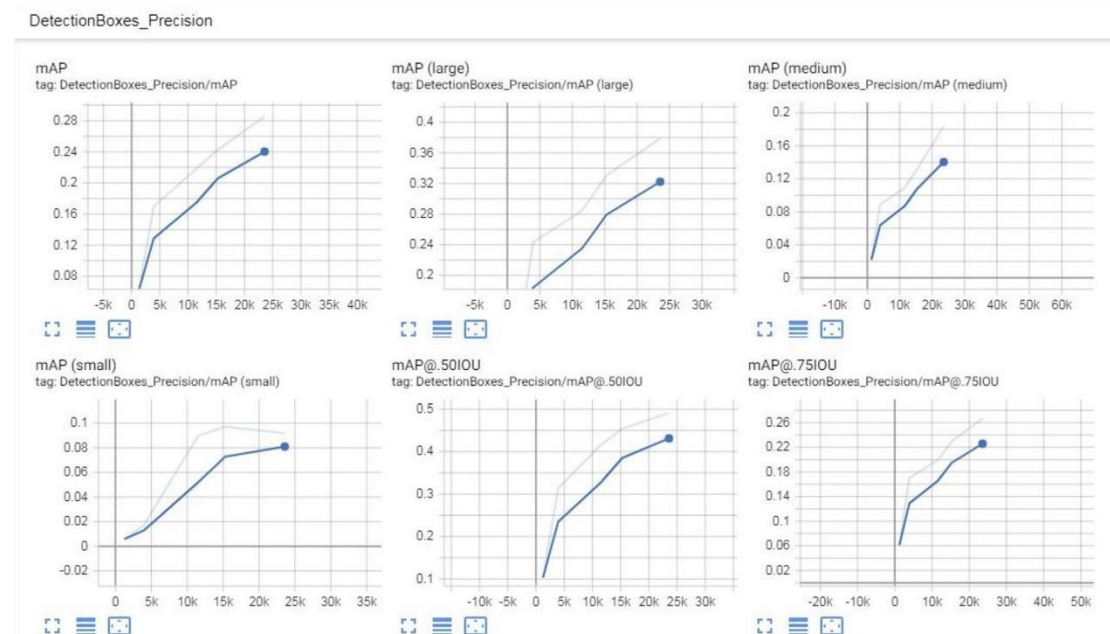


图 8 250000 步的查全率

我们采集了校园内一些街道照片检测结果如下：



(a)



(b)



(c)



(d)



图 9 真实照片检测结果

四、应用前景分析

习近平主席在 2018 年底深入了解上海城市管理时强调：城市管理搞得好，社会才能稳定、经济才能发展。一流城市要有一流治理。提高城市管理水平，要在科学化、精细化、智能化上下功夫。希望走出一条中国特色的超大城市管理新路子，不断提高城市管理水平。

提高城市街道整洁度是提高城市管理水平的关键，也是展现城市面貌，改善我国在世界印象中的重要一环。然而，随着我国经济、人口的快速增长以及城市化进程的不断推进，我国城市生活垃圾的产生量以每年 3-10% 的速度快速增长。日益增长的垃圾量给市政环卫部门带来了巨大的清运压力。

传统的街道清洁方法涉及到许多地方的街道清扫工人工确认街道是否需要清洁，不能及时的掌握城市街道的垃圾清洁状况，导致城市管理的高成本。因此，本项目提供一种自动监控街道清洁度的方法，利用普及的移动设备和人工智能技术，开发一种街道清洁检测服务系统，快速有效的进行大规模监控和检测街道垃圾的数量、种类及位置，提高监测街道垃圾水平，合理调度、科学安排环卫工人的清理工作，适应我国科学化、智慧化、精细化发展的需要，有广阔的市场应用前景。

长三角研究生智慧城市创意设计大赛

项目商业计划书

一、项目方案概述

本项目旨在为城市提供一种自动监控街道清洁度的方法。使用物联网中最先进的先进技术，移动边缘计算，大数据分析以及机器学习技术，设计和开发智能监测街道服务系统。利用配备有智能边缘站的摄像头来实时收集和处理街道图像。在边缘层进行图像预处理之后，使用更快的 R-CNN 来识别服务服务器处街道垃圾的种类、数量以及位置。最后，将分析结果发送到用户层进行评估。帮助城市管理者合理调配市政清洁人员，有利于城市管理过程中人力、物力、财力等资源的节约和有效利用。

二、项目团队

项目总负责人——付杰。河海大学计算机与信息学院计算机科学与技术专业 2018 级研究生。负责把握项目发展方向，制定发展战略。

技术负责人——杨潇晖。河海大学计信院计算机科学与技术专业 2019 级研究生。负责项目技术平台建设。

运营负责人——张梦雨。河海大学商学院管理科学与工程专业 2018 级研究生。具有扎实的企业管理、会计、市场营销方面专业基础。

项目顾问——平萍。河海大学计信院副教授，研究网络与信息安全、云计算大数据安全、图像隐藏加密等。

三、项目产品化

1. 项目产品特性

在智慧城市建设过程中，街道清洁是不可忽视的一环，直接影响到一座城市的形象声誉以及居民的生活质量。然而传统的街道清洁方法需耗费多层次的人力资源，既耗时又耗力，成本颇高。本项目针对新型智慧城市建设的战略思想，为城市提供一种自动监控街道清洁度的方法，设计开发一个智能街道清洁服务系统，在实现自动垃圾检测分类的同时，可快速有效的进行街道清洁度的检测以及大规模监控。便于城市管理者及时合理调配市政清洁人员，减少人力、物力、财力等资源的消耗，推动智慧城市的深远发展。

本项目设计的智能街道清洁服务系统基于深度学习，采用物联网中先进的移动边缘计算、大数据计算以及机器学习技术。系统架构共包括三个层次：边缘层、服务器层和用户层。移动边缘处理组件位于携有相机的车辆中，获得的街道图像在边缘层进行预处理，而后选定的图像经由无线网络发送至服务器。服务器层将传入的图片馈送到预训练的深度学习模型，采用 Faster R-CNN 构建垃圾识别模型，检测并分类街道垃圾，最后将生成的详细结果（包括有垃圾位置、垃圾类型和垃圾检测照片）输入到用户层进行评估。

本项目的创新点如下：

（1）采用三层系统架构，并融入深度学习、边缘计算、大数据计算以及机器学习等先进技术，提高了最终生成结果报告的准确性、及时性以及信息的多元性。

（2）采用 Faster R-CNN 模型进行街道垃圾检测，实现垃圾检测的高精度、高速度，同时可执行端到端训练。

（3）自动化程度高。从收集街道图片到街道垃圾的检测评估，无需过多的人工干预，

极大节约了人力、物力、财力资源。

2. 产品化实施计划

以新型智慧城市建设的战略思想为指导，针对智慧街道建设问题，本项目为城市提供一种自动监控街道清洁度的解决方法。本项目基于深度学习，采用当下物联网中的移动边缘计算、大数据分析以及机器学习等先进技术，设计开发了一个智能街道清洁服务系统。可实现对街道垃圾的自动检测分类，同时可快速有效地对街道进行清洁度检测及大规模监控。本系统有利于高效利用并节约街道管理的人力、物力以及财力等各项资源，推进智慧街道的绿色街道与未来街道建设。

现阶段，已完成智能街道清洁服务系统的初步调试，可实现 11 类垃圾的分类检测，性能评估也具有一定的查全率与查准率；除此之外，可利用街道固定的摄像头实现一定范围内环境清洁度监测。

本产品针对政府市政管理部门与智慧社区相关企业，在后期将完善系统的数据训练集，扩大街道监测范围，并完善垃圾分类检测等各种功能，结合智慧街道建设的相关政策进一步提升整个系统的人性化程度，同时定期进行系统维护，保证系统的稳定流畅运行。

四、项目产品市场与竞争

1. 市场概述

自 2008 年 IBM 提出“智慧地球”理念以来，引发了智慧城市建设的热潮。为促进城市高度信息化、网络化，中国开始探索未来城市发展方向，启动了国家智慧城市试点工作并逐步完善相关的指标体系。社区作为城市居民生存和发展的载体，随着智慧城市工作的逐渐推进，智慧社区也紧随其后，迎头赶上。智慧社区建设，以社区居民的幸福感知为出发点，充分利用物联网、云计算等高新技术，为居民提供安全、高效、便捷的智慧化服务，从而形成基于信息化、智能化的社会管理与服务的一种新的管理形态的社区。

除了政府出台的相关政策激励产业发展以外，群众的期待不断促使智慧社区进一步落实在中国的大江南北，物联网、移动互联网等新兴技术的高速发展又为智慧社区注入新鲜血液。目前，政府不遗余力地推进智慧社区，改善民生，认可其为趋势性产品；很多知名地产公司在研究建设智慧社区解决方案；以“彩生活”为典型的物业公司开始寻找智慧社区平台运营以拓展增收新渠道；除此之外，一些传统的家电商与腾讯、阿里巴巴等大型互联网公司悉数入局智慧社区。由此可见，智慧社区是一个万亿级的新型蓝海市场，潜力巨大。

智慧社区中，除去居民私有的空间，公共空间的重要性也愈加引起重视，其社会价值正在不断提升。街道作为我们最基本的共享公共空间，智慧街道的创建近几年发展的如火如荼。随着绿色环保生活方式逐渐为越来越多的人所提倡，本项目将着眼于智慧街道建设中的绿色街道建设与未来街道建设这一新颖突破口，秉承绿色、低碳、节能、环保理念的同时，结合当前物联网的先进技术，利用智慧设施，实现数据整合以更好地服务于街道建设，使我们的社区更加宜居、更富有生产力且具有可持续性，推动更加开放智能的城市创新生态。

综上，本项目的产品技术与发展理念高度契合时代潮流，有利于智慧街道中的绿色街道与未来街道建设，融于国家智慧城市建设政策。本产品将经济效益、社会效益与环保效益有机统一，以技术为驱动，以人作为街道核心，有利于驱动智慧社区的形成与发展。

2. 竞争优势分析

（1）技术功能优势

本项目采用物联网中先进的移动边缘计算、大数据计算以及机器学习技术，智能街道清洁服务系统基于深度学习，采用 Faster R-CNN 构建垃圾识别模型，针对采用大量人力物力资源的传统街道清洁模式，本项目节约了从收集街道图片到街道清洁度评估之间层次的大量

人力、物力、财力资源，且可及时派出相应的清洁道具，规划最佳路线，对脏污程度不同的路面实现针对性的清理，以实现高效、环保、多功能的清扫，自动化程度高。

（2）市场领先优势

目前，在智慧社区建设领域，大部分入局公司着重在智慧家居、智慧物业管理、智慧政务等方向发展，而街道清洁这一公共空间的智慧建设是一个新颖的领域。随着人们环保意识的提高，对生活品质更高的追求，以及政府出台政策的激励，街道的智能清洁服务是智慧街道建设的趋势性发展。本项目的产品技术与发展理念高度契合绿色街道与未来街道建设，比能在智慧街道建设市场上占得领先席位。

3. 项目实施风险及应对措施

（1）技术风险

随着市场与科研技术的快速发展，智慧街道建设的广阔市场必然会引来更多投资商的目光，必定会对现有产品产生新的竞争与替代风险。为此我们需要：a、做好技术保密工作。利用知识产权维护自有技术，防止核心技术人员的外流，与其签署技术保密合同。b、加快产品升级并注重科技创新。目前系统的重点在智能街道清洁度监测上，可在后期拓展业务范围，如垃圾分类细化检测，突出使用效果、环境友好等优势，搜寻新的发展空间，更好地迎合市场需求，降低替代风险。

（2）政策风险

新兴产业受国家政策、产业政策影响较大，在发展初始阶段抗风险能力差。可采取如下措施：a、近年来，国家愈加注重智慧城市、智慧社区建设，对环境保护、资源利用方面也极度重视，因此绿色街道、未来街道建设的产品与技术的发展大环境、政策层面的风险有限。b、本项目属于环保类项目，是国家重点扶持的行业，行业风险有限。且本智慧街道清洁服务系统在技术与性能方面有很大的优势，正式投入市场后有很大前景，所以其外部市场环境的风险有限。

（3）行业迭代风险

传统的机械式街道清洁方案施行多年，转换为自动化高的智能街道清洁，牵扯到原行业相关人员的安置与管理。新旧模式转换存在行业迭代风险。可采用如下措施：a、发展是硬道理，稳定压倒一切。恰当处理好改革与稳定的关系，做好新旧模式的平稳过渡，新模式的改革才能成功，智慧街道的建设方能顺利实现。b、新兴行业的诞生必能催发出一批新的工作机会。随着技术的更新与社会的发展，新兴行业在改变人们生活方式的同时，也提高了人们的综合素质水平，推动整个社会的进步。

五、商业模式

1. 项目产品的开发、服务策略

本公司围绕产品展开一条龙式服务，利用优质服务为公司赢得良好的口碑，提高客户的满意度，与客户建立长期的合作关系，提高顾客回头率和引荐率，实现更为广阔的发展。

（1）售前服务——服务引导

采用对市政部门及政府主管机构宣传、培训等手段，帮助顾客了解产品的原理及其与传统方式区别，使客户了解到智能监控街道清洁服务平台特性以及效果，在使用时进行系统操作方式的指导。交流信息的同时为客户提供详尽的专业知识以及技术分析等方面的服务。

（2）售中服务——服务跟进

建立完善的销售网络。在产品销售过程中，由技术人员对客户进行技术支持与技术培训，对使用过程中出现的问题进行各种方式的反馈，高效跟进并解决问题。定期向各位客户提供免费的平台应用效果检测，以及免费升级服务。

（3）售后服务——服务追踪

建立信息交流反馈渠道，包括销售渠道中的反馈和电子商务的网络反馈，做好产品的质量、服务的反馈信息处理。搭建沟通桥梁。为客户提供免费的技术咨询与支持服务，解决产品使用中出现的問題；建立 48 小时反馈机制，在遇到问题时，48 小时内进行指导；建立客户资料数据库，定期对顾客进行回访，及时了解客户的意见，为客户解决问题，根据客户的要求，不断提升产品性能。

2. 项目产品的营销策略

目前，街道垃圾智慧监测项目还处于新兴市场，是适应我国智慧化、精细化发展的新兴项目。项目初入市场的营销策略十分重要。综合考虑项目的资源配置情况、产品特性以及目标市场的特点，计划采取直销以及经销相结合的方式促进销售，同时致力于建立全国化的销售网络，通过建立客户关系管理系统，以支持销售战略的实施。

在项目初期，着重开拓江苏市场。针对南京周围地区实行直销，主要采用人员直销的方式，设立区域型办事处，为长期发展做好准备；在项目中期，开始在江苏其他地区采用直销和经销相结合的方式进行销售，构建经销渠道，建立办事处；在项目后期，进一步辐射华东、华北地区，并建立区域办事处，在华东地区直销推广，华北地区构建经销渠道。

本项目以市政环卫部门为目标，以各政府市政主管部门为主要营销对象，以“高效+精细化”的理念为指导，展开营销策略。在产品服务方面，本公司展开服务引导、服务跟进和服务追踪的优质一条龙服务。在定价方面，采用成本加成法，并结合价值导向和竞争导向进行调整。在渠道设置上，针对政府环境保护部门，以各县级市作为切入点，在华东地区进行直销，华北地区进行经销。在产品推广方面，采用营销组合策略，并进行创新性地方性事件营销。

3. 项目产品获利方式

获利方式主要为成本结构和收入来源两个方面。

（1）成本结构

1）成本组成

产品成本主要包括原材料采购成本与加工费用等，管理成本主要包括技术研发成本、人员工资、办公费用、租赁成本等，销售成本主要包括广告费、展览费、营销人员提成等。其中产品成本随着销售额的增长其比例不断扩大，管理成本随着公司内控的不断增强而逐渐下降，销售成本则与销售收入基本成稳定的同比例增长趋势。

2）成本控制

建立严格的预算与决算制度，每一笔资金的使用都必须有理有据并考核资金使用的充分性与有效性。对于合理的开支可以保持并稳定增长，不合理的开支则需要削减并分析原因，修正不足。

（2）收入结构

1）产品销售收入

产品销售收入即向政府市政管理机构销售项目平台所得的收入；由于本产品可实现街道垃圾监测，可有效提高环卫工人调度合理性，大大降低其工作负担，发展前景广阔。

2）服务收入

为客户提供优质的售后服务。服务收入主要来自于产品使用过程中对设备进行维护、保养、升级等，面向使用我公司配套设备的企业。

（3）利润保护

在项目发展过程中，不断强化自身品牌建设，树立优质品牌形象，建立客户品牌忠诚度。努力打造差异化产品，提高客户的转换成本，锁住现有客户。在经营过程中，致力于维持与供应商、合作伙伴以及下游客户之间的紧密关系，降低合作成本，努力保护利润。

4. 企业发展计划

本公司采取有限公司制组织形式，选址于江苏省南京市，以“科技环卫”为宗旨，积极追踪城市环境需求，将公司理念诉诸公司产品研发，建立健全公司组织制度，完善法律保护体系，践行先进的人力管理理念，注重员工的创新发展。创业团队由来自河海大学计信院的2名研究生和商学院的1名研究生共同组成，知识结构搭配合理，分别负责技术研发、产品设计、市场营销、财务管理与法律保护工作。团队含有专家顾问1人，负责技术研发、产品设计行业开拓等咨询工作，保证了公司发展的先进性和科学性。发展计划如下图所示。

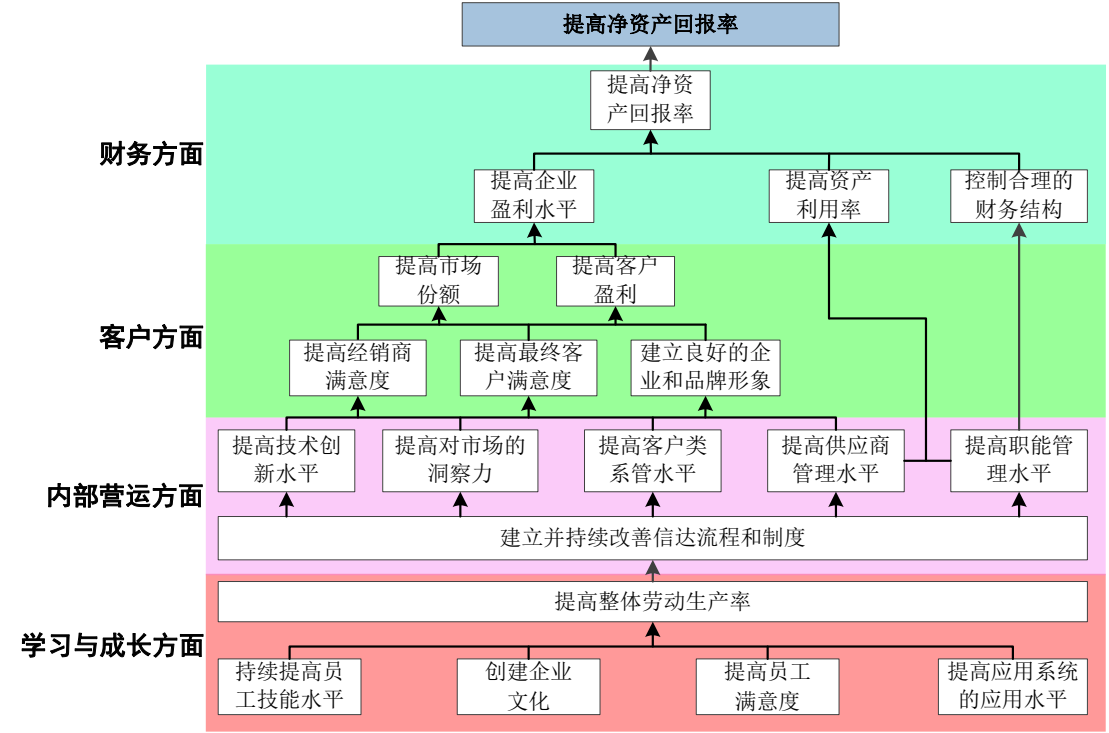


图 1 企业发展计划

六、预期经济效益分析

公司拟注册资本 180 万元，其中创业团队出资 20 万元（11%），专家顾问团队入股 10 万元（6%），其他合作公司以资金入股 30 万元（17%），预计进入风险投资 40 万元（22%），银行贷款 80 万元（44%）。初期需用 70 万元，其中 62 万元预计第一年到位，一部分用于初期开办费用，另一部分用于购置固定资产，剩余主要用于公司的正常运营，预留部分资金以备不时之需。

在正常经营的 5 年内，销售利润率和销售净利率持续上升，在市场营销策略改变和市场规模扩大后，年预计销售量上升较快，从而使单位生产成本的控制更为有效，盈利能力也随之增强。公司的资产净利率在五年内呈上升趋势，至第五年达到 37.39%。公司未来营业收入稳步增长，第五年达到 300 万元，毛利润率达到 55%。公司从第二年开始盈利，第五年净利润达到 94.46 万元。此外，公司的资本保值率五年内均保持在 100% 以上，处于较高水平，说明公司企业资本保全状况良好，所有者权益整体增长稳定，债权人的权益能够得到保障，企业发展后劲较强。各项财务比率也充分体现公司具有较强的盈利、运营和偿债能力。

长三角研究生智慧城市创意设计大赛

作品承诺书

本人在充分理解并自愿接受大赛活动通知和评选规则的前提下, 向主办方承诺如下:

第一条 承诺人保证, 所提供的创意、方案和相关材料具有自主知识产权, 未运用非法手段窃取他人技术数据或创意设计方案等内容。参赛材料所引起的知识产权纠纷由参赛队伍自行负责。

第二条 承诺人保证, 所提供的参赛作品不属于已参加其他竞赛或本赛事往届竞赛的获奖作品。

第三条 自将参选作品提交至大赛之日起, 大赛组织方拥有对参赛作品组织投资对接和产品孵化服务的优先权利。在不损害作品著作权和专利权的前提下, 组织方有权将参赛团队提交的参赛作品、参赛团队信息用于宣传品、相关出版物、指定及授权媒体发布、官方网站浏览、展览(含巡展)等活动项目。

参选作品标题: 基于 Faster R-CNN 的街道智能环境检测识别系统

承诺人(签名): 付东

承诺日期: 2019年8月19日