

# 2020 年中国海洋大 “POKE”创新创业大赛

## 仿生六足智能机器人

负责人：

本科 2018 级电子商务施清林

成员：

本科 2018 级电子商务李瑜

本科 2018 级电子商务石倩

本科 2018 级电子商务王惠儒

本科 2017 级市场营销魏薪月

本科 2018 级电子信息工程王巍

本科 2018 级电子信息工程方巍栋

本科 2018 级海洋资源开发技术林欣蕊

# 目录

第一章：摘要.....	3
1.1 项目背景.....	3
1.2 产品与技术.....	3
1.4 投资与财务.....	4
第二章：项目背景.....	5
第三章：产品与技术.....	6
3.1 产品构成.....	6
3.2 核心技术.....	7
3.2.1 基于神经网络的循迹机器人轨迹识别方法.....	7
3.2.2 六足机器人采用的视觉测距方式.....	10
3.2.3 基于 ITTI 的导航提取与路径规划.....	14
第四章：市场分析预测.....	18
4.1 外部宏观环境分析.....	18
4.1.1 政策因素.....	18
4.1.2 经济因素.....	19
4.1.3 社会因素.....	19
4.1.4 法律因素.....	20
4.2 行业现状分析.....	20
4.2.1 行业痛点.....	20
4.2.2 供应商的议价能力.....	21
4.2.3 购买者的议价能力.....	22
4.2.4 替代品的威胁.....	22
4.3 产品定位.....	25
4.3.1 勘测.....	26
4.3.2 救援搜索.....	27
4.3.3 目标市场的选择及市场定位.....	28
第五章 营销策略.....	30
5.1 产品策略.....	30
5.2 定价策略.....	30
5.3 渠道及产品渠道建设.....	31
5.4 促销策略.....	33
5.5 品牌战略.....	34
第六章：财务.....	36
6.1 财务预测思路.....	36
6.2 生产成本核算.....	37
6.3 盈利能力分析.....	38
第七章：风险与对策.....	38
7.1 市场开拓风险.....	38
7.2 管理风险.....	39
7.3 融资风险.....	40
第八章：团队分工.....	40
第九章：附录.....	40

# 第一章：摘要

## 1. 1 项目背景

随着社会的不断发展进步和人们对各领域的不断探索，相较于传统的轮式机器人，足式机器人的结构使得其在应对各种复杂地形的時候能够游刃有余。因此，我们的项目在前研究基础上搭载 OpenMV 深度学习摄像头进行视觉分析和融入智能算法的步态控制，使其可以智能化自主决策地避开障碍物进行有效工作，进一步提高机器人的适应性和移动性。

## 1.2 产品与技术

**产品概述：**六足机器人又叫蜘蛛机器人，是多足机器人的一种，机身结构由 3D 打印制作，使用舵机和 Arduino Nano 芯片分别作为运动控制及控制中枢，并使用航模电池提供大电流供电。

**工作原理：**软件方面运用到神经网络、OpenCV 单目视觉测距、基于 ITTI 的导航线提取与路径规划等技术采集道路信息，识别红色的引导线，实现导航。

**特色创新：**1) 机械外壳使用 3D 打印技术，可自主建模优化。

2) 增加了深度学习算法 (R-CNN/fast-R-CNN)，使其拥有自主决策的目标识别、图像检测能力。

3) 项目可实现技术产品落地生产。

**产品定位：**此产品是针对于搜救队、科考队、探查队以及探险爱好者设计的一款可以以物力代替人力在危险时刻探索灾害地区并将探索报告反馈给使用者且帮助使用者做出决断的产品。

### **1.3 市场与营销**

我们将采取品牌营销和营销组合策略开展营销：

产品方面：经调研分析与专业咨询，六足机器人的发展前景主要在以下四个方面：机械宠物、治安巡逻、危险区域的土壤检测、灾后救援及受灾情况勘测以及极端环境的物资运输。

价格方面：综合产品成本、销量预测、合理利润率、市场接受度等，最终将六足机器人的标准定价为 2000-3000 元/个。

渠道方面：我们将采取线上线下分销渠道并存的方式销售。线下注重体验经济，线上利用互联网电商平台发展潜在客户。

促销方案：将推行现场试用、购买奖酬、面向中间商进行销售等。

### **1.4 投资与财务**

本团队的财务预算采用的是全面预算的方法。通过对团队内外部环境进行分析，对未来的一定时期内做出一系列具体的计划。此方法以销售预测为起点，进而对生产成本及各个费用等方面进行预测，并在这些预测的基础上，绘制报表以反映团队在未来一定时期内的财务状况。

## 第二章：项目背景

机器人的出现是科技不断发展的必然产物，随着社会的不断发展，机器人的不断应用也将会推动生产力的发展，同时为人类文明的进步做出了巨大贡献。人工智能技术的研究主要是智能机器方向，所以如今对智能机器人的科研程度已经是一个国家科学以及技术的竞争的一个重要方面。一个国家对智能机器人研发的程度体现出国家的综合的科技实力，新型机器人的研发更是表示出一个国家的尖端科技。现在，世界上机器人在生活中的应用已经非常广泛，机器人更是有各种各样的种类。

机器人已经更加的多元化，不像以前那么单一。，研究机器人的结构环境定点操作的非结构化环境的转变，在军事侦察、太空探索、救灾、抢险救灾、行星等方向展示了广阔前景。一些我们人类无法达到的环境。机器人却可以在那里正常工作，人类研究出的机器人不仅仅只有动物的外形还有更多的其他的功能，更加多元化。除了传统的设计方法，人们也关注生物的其他优势，寻找神奇的生物从自然中汲取灵感。他们采用了运动机制和行为的运动来控制机器人，使机器人不仅具有思维且拥有一定的功能，这些功能控制行动，用生物或类似于人类的智慧利用仿生学的相关知识，与设计相结合，使得仿生机器人的研究更加多样化。

仿生蜘蛛机器人是模仿多足的动物的运动的方式的特殊一种的机器人。经过调查显示，在地球上大约有二分之一的陆地那些常规的

载具，像汽车火车履带式等载具都无法到达。自然界中却有很多生物却可以自由的活动在那里。因此，仿生机器人的运动方式更有着其他不具有的能力优势，仿生机器人运动方式流动性良好，能适应各种崎岖路面。仿生蜘蛛机器人在崎岖和路况极差的地面上的运动速度仍然很快，而且能耗较少。

这些仿生机器人有着难以超越的优势，如果我们在生活中推广和发挥这些仿生机器人的最大价值就会使我们的生活和工作更加便捷、安全。那么我们就要毫不松懈不停的对仿生机器人进行深入研究。

## **第三章：产品与技术**

### **3.1 产品构成**

六足机器人又叫蜘蛛机器人，是多足机器人的一种，硬件方面主要由机械外壳、机械腿、舵机、单片机、16 路控制板、摄像头、Pyboard 以及电池构成，软件方面运用到神经网络、OpenCV 单目视觉测距、基于 ITTI 的导航线提取与路径规划等技术。

六足机器人采用了仿昆虫的结构，六条腿分布在身体的两侧，身体左侧的前、后足及右侧的中足为一组，右侧的前、后足和左侧的中足为另一组，分别组成两个三角形支架，依靠大腿前后划动实现支撑和摆动过程。为了实现更加多样的步态和适应更加复杂的地形，六足的每个足都有三个自由度。

六足机器人机身结构由 3D 打印制作，使用舵机和 Arduino Nano 芯片分别作为运动控制及控制中枢，并使用航模电池提供大电流供电。

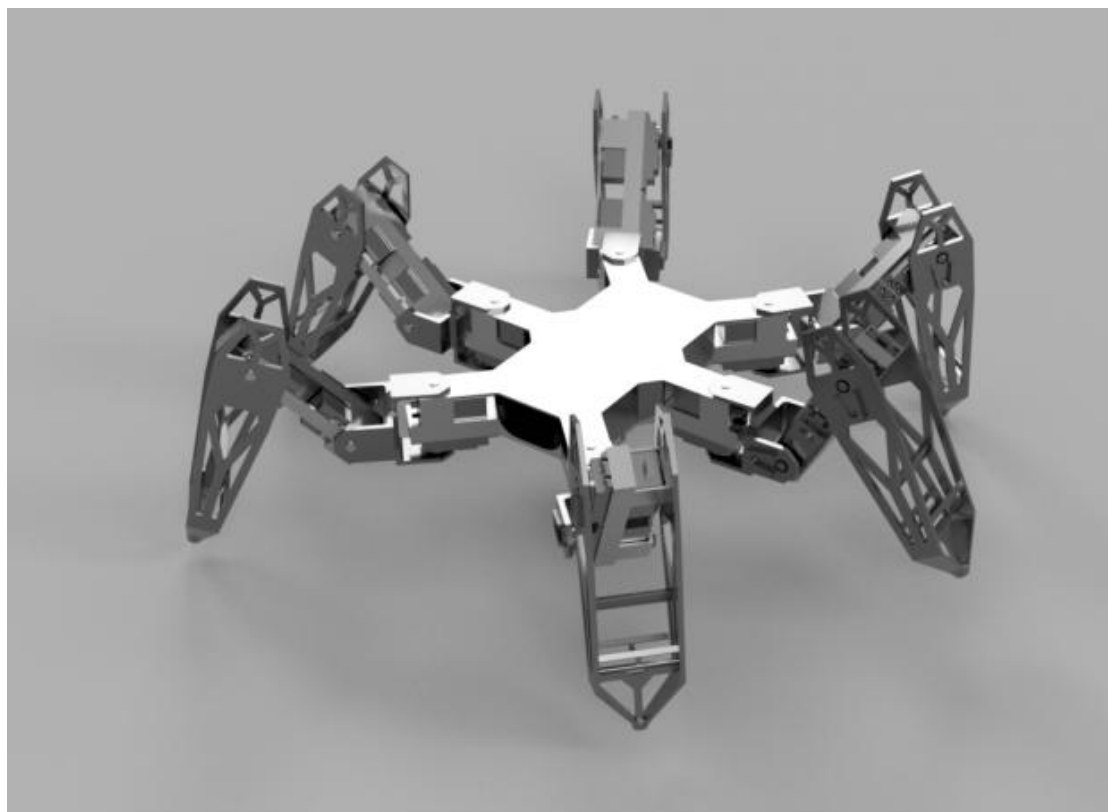


图 1 六足机器人 3D 模型渲染图

## 3.2 核心技术

### 3.2.1 基于神经网络的循迹机器人轨迹识别方法

为了控制机器人确保其能够沿着预设路径前行，需要机器人能够自行探测线路并能预测转弯，因此我们采用的方案为机器视觉-----通过摄像头采集道路信息，识别红色的引导线，进而实现导航。视觉寻迹具有路径铺设难度低，识别设备成本低等优点，但由于摄像头等视觉设备对光照强度敏感，常用的阈值二值化或者颜色检测的算法方

案虽然难度较低，但是对于光照变化环境具有不稳定性。有鉴于此，我们基于神经网络的循迹机器人轨迹识别方法，其针对道路中间有引导线的道路，解决现有技术中机器人采用视觉寻迹对路径识别稳定性差的问题。

## 1. 设计流程

(1) 机器人在不同环境下通过摄像头采集道路图像；其处理器将采集的图像数据压缩成分辨率为  $640 \times 480$  的图片，存储为 jpg 文件；

(2) 机器人处理器将采集的图片进行裁剪，缩小尺寸，将图片裁剪为合适的尺寸，本项目中选用的为  $320 \times 5$  (RGB888)；

(3) 对图片进行标记。标记出裁剪的图片中的红色引导线的位置。本项目将所有的 jpg 图片的像素值存储在一个文件中，将标记的红色引导线的位置存储为另外一个文件。为了简化操作，采用鼠标点击红色线条中心，同时单击右键为删除当前图片，并且将所有的标记图片垂直镜像，让训练数据加倍；

(4) 使用 matlab 的神经网络工具箱对神经网络进行训练。所述神经网络由输入层、隐含层和输出层构成，其中输入层根据输入图像数据每个像素点的 RGB 分别对应一个神经元，输出层为一个神经元，隐含层根据训练结果调整到适当神经元数目；神经网络利用输出后的误差来估计输出层的直接前导层的误差，再用这个误差估计更前一层的误差，如此一层一层的反传下去，实现获得所有神经网络层的误差估计；并最终通过不断训练，获取神经元的相关参数。



(5) 使用 matlab 中训练得到的神经网络参数编写神经网络。

(6) 测试识别效果。

以上为设计流程,其中的工作分解涉及到诸多软件工具的编写包括:采集图像程序、图像裁剪程序、标记工具、神经网络等程序。

## 2. 显著特点:

基于神经网络的循迹机器人轨迹识别方法,其具有较强自适应能力,在视觉光照条件变化的条件下,对识别道路轨迹具有较高的准确率,具有较高鲁棒性。

(1) 由于神经网络可以通过若干实例学习实现网络参数最优,而不需要被控对象的数学模型,也不需要人事先为它设计好控制算法。

(2) 神经网络具有并行处理信息的能力,所以它能同时将输入的  $m$  维向量变换成满足要求的  $n$  维向量。因此,可以有效地处理机器人的视觉、听觉等需复杂计算的信息。

(3) 神经网络对外界环境参数的变化具有一定的适应性,其适用范围之大是其它自适应控制系统所无法比拟的。

(4) 神经网络具有泛化能力,它能够处理那些未经训练过的数据,而获得相应于这些数据的合适的解答。

该算法既适用于机器人栅格空间内的路径规划,也适用于二维点机器人工作空间内的路径规划。因而该方法具有广阔的应用前景.基于神经网络的循迹机器人轨迹识别方法,其具有较强自适应能力,在视觉光照条件变化的条件下,对识别道路轨迹具有较高的准确率,具有较高鲁棒性。

### 3.2.2 六足机器人采用的视觉测距方式

在我们的产品中，需要用到实时测距的技术，因为在机器的运动过程中，机器视觉定位、目标跟踪、视觉避障等问题是不可避免的。机器视觉测量主要分为：单目视觉测量、双目视觉测量、结构光视觉测量等。结构光由于光源的限制，应用的场合比较固定；双目视觉难点在于特征点的匹配，影响了测量的精度和效率，其理论研究的重点集中于特征的匹配上；而单目视觉结构简单，运算速度快而具有广阔的应用前景，因此在本次机器人制作的过程中，我们采用了基于OpenCV的单目视觉测距的方式。

#### 1. 测距原理：

相比于其他测距方法，单目测距是利用一个摄像头进行视频拍摄，在图像中找到待测物体，按照测量的原理主要分为基于已知运动和已知物体的测量方法。

已知物体的测量方法是指在已知物体信息的条件下利用摄像机获得的目标图片得到深度信息。此类方法主要应用于单目视觉进行导航和定位，该类方法的缺点是利用单个特征点进行测量，容易因特征点提取的不准确性，产生误差。

我们采用摄像头采集图片，将三维场景投影到摄像机二维像平面上。对于测量地球坐标系中的物体而言，小孔成像模型（也称为线性摄像机模型）基本可以满足测量的要求，即任意点  $p_1$  在图像中的投

影位置  $p_2$  为光心  $O_c$  与  $p_1$  点的连线与图像平面的交点,如下图所示:

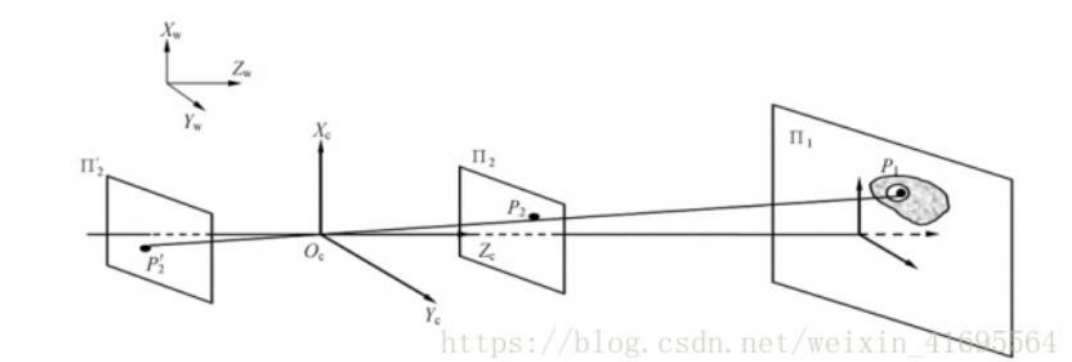


图 2

现实中的物体的成像我们也可以表示为如下所示:

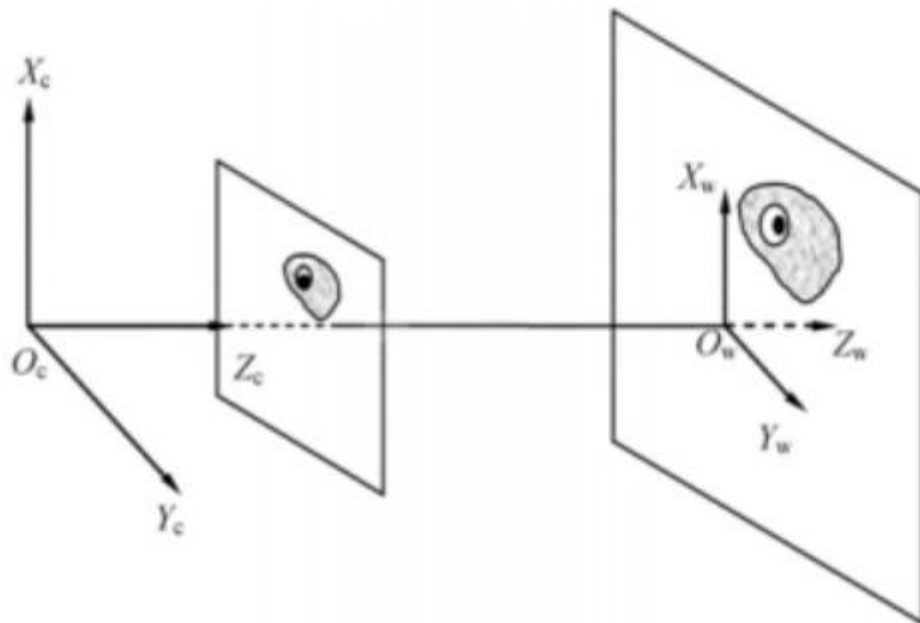


图 3

据此,我们将使用相似三角形来计算相机到一个已知的物体或者目标的距离。

相似三角形就是这么一回事:假设我们有一个宽度为  $W$  的目标或者物体。然后我们将这个目标放在距离我们的相机为  $D$  的位置。我

们用相机对物体进行拍照并且测量物体的像素宽度  $P$  。这样我们就得出了相机焦距的公式：

$$F = (P * D) / W$$

举个例子，假设我在离相机距离  $D = 24$  英寸的地方放一张标准的  $8.5 \times 11$  英寸的 A4 纸（横着放； $W = 11$ ）并且拍下一张照片。我测量出照片中 A4 纸的像素宽度为  $P = 249$  像素。

因此我的焦距  $F$  是：

$$F = (248px * 24in) / 11in = 543.45px$$

当我继续将我的相机移动靠近或者离远物体或者目标时，我可以用相似三角形来计算出物体离相机的距离：

$$D' = (W * F) / P$$

为了更具体，我们再举个例子，假设我将相机移到距离目标 3 英尺（或者说 36 英寸）的地方并且拍下上述的 A4 纸。通过自动的图形处理我可以获得图片中 A4 纸的像素距离为 170 像素。将这个代入公式得：

$$D' = (11inch * 543.45) / 170 = 35inch$$

或者约 36 英寸，合 3 英尺。

从以上的解释中，我们可以看到，要想得到距离，我们就要知道摄像头的焦距和目标物体的尺寸大小，这两个已知条件根据公式：

$$D' = (W * F) / P$$

得出目标到摄像机的距离  $D$ ，其中  $P$  是指像素距离， $W$  是 A 4 纸的宽度， $F$  是摄像机焦距。

接下来，是通过预先拍照，根据第一张照片算出摄像头的焦距，在根据已知的焦距算出接下来的照片中白纸到摄像机的距离。

不过以上考虑的的是理想情况，前提是保证物像光线通过主光轴，相机是完全无畸变的，且被测物体平面要与相机成像平面保持平行状态。而实际上，完全无畸变的摄像机是不存在的，那么在我们所讲的测距方法中，摄像机的畸变会成为数据误差的主要来源。这里简单地介绍畸变现象，由于我们平常使用的摄像头焦距小，可以当成一个凸透镜，那么光线通过不同厚度的镜片时，光线发生弯折的情况也不一样，这被称为径向畸变，对于径向畸变来说，远离透镜中心的光线弯曲比靠近中心的严重的多，这对我们依靠像素点来求物体的物像高度是不利的。除了径向畸变外，还有一个很重要的切向畸变，而这由整个摄像机的组装过程中出现的问题引起，如透镜本身与图像平面不平行产生切向畸变。

而解决畸变的问题必须回到摄像机拍摄视频的本质上来，摄像头本质上是把实际三维空间坐标投影到图像平面上，成为一个二维平面图， 可以用如下式子表示：

$$Q \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

【上面的 Q 称为重投影矩阵，它由摄像头的内参数矩阵和外参数矩阵所决定，(x, y) 是图像上的点的坐标，而 (X, Y, Z) 是实际物理空间坐标。】

也就是说假如我们知道足够多的三维空间与图像二维平面上的——对应关系,那么通过上面的约束关系,就可以将未知的参数求出来。

3.2.3 基于 ITTI 的导航提取与路径规划

图 3-1 所示是导航线提取与路径规划整体设计框图,将由摄像头收集到的图像(视频)帧经过 ITTI 算法、Canny 算法和 Hough 变换算法处理,得到导航线,与提取出的中心线进行位置比较,实现局部路劲修正,最终实现全局路径规划。

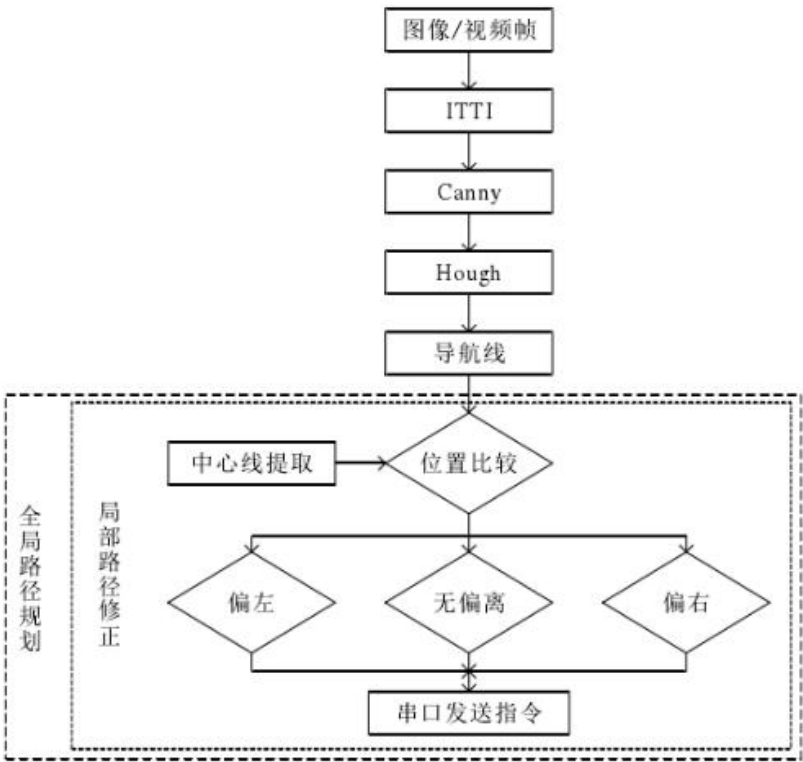


图 4 导航线路提取与路径规划整体设计框图

1. ITTI 算法基本原理:

人类视觉系统采用一种选择性注意的策略,即根据某种注意机制,

优先选择视觉场景中的小部分区域进行处理，忽略掉其他冗余信息，这一小部分被处理的区域也被叫做感兴趣区域（ROI）或者显著性区域。视觉显著区域检测在自动驾驶、场景目标识别等计算机视觉中有着非常重要的应用价值，对于机器实现复杂场景中快速、准确信息获取，并针对获取到的有用信息快速做出相应的响应是至关重要的。

ITTI 算法是在 Treisman 和 Koch 的研究基础上建立起来的，通过对亮度、色度、方向等初级视觉特征进行多通道、多尺度的特征提取，然后分别采取中央周边差（Center-Surround Difference）后形成亮度特征图、色度特征图和方向特征图，再将同一特征的多个尺度融合得到各个特征的突出图（Conspicuity Map），最后通过线性相加得到显著图（Saliency Map）。显著图即为图像中的感兴趣区域，通过赢者取全（Winner-take-all）的方式确定出场景中注意焦点，利用返回抑制（Inhibit-of-return）防止对某一个位置多次重复关注。其算法流程图如图 5 所示。

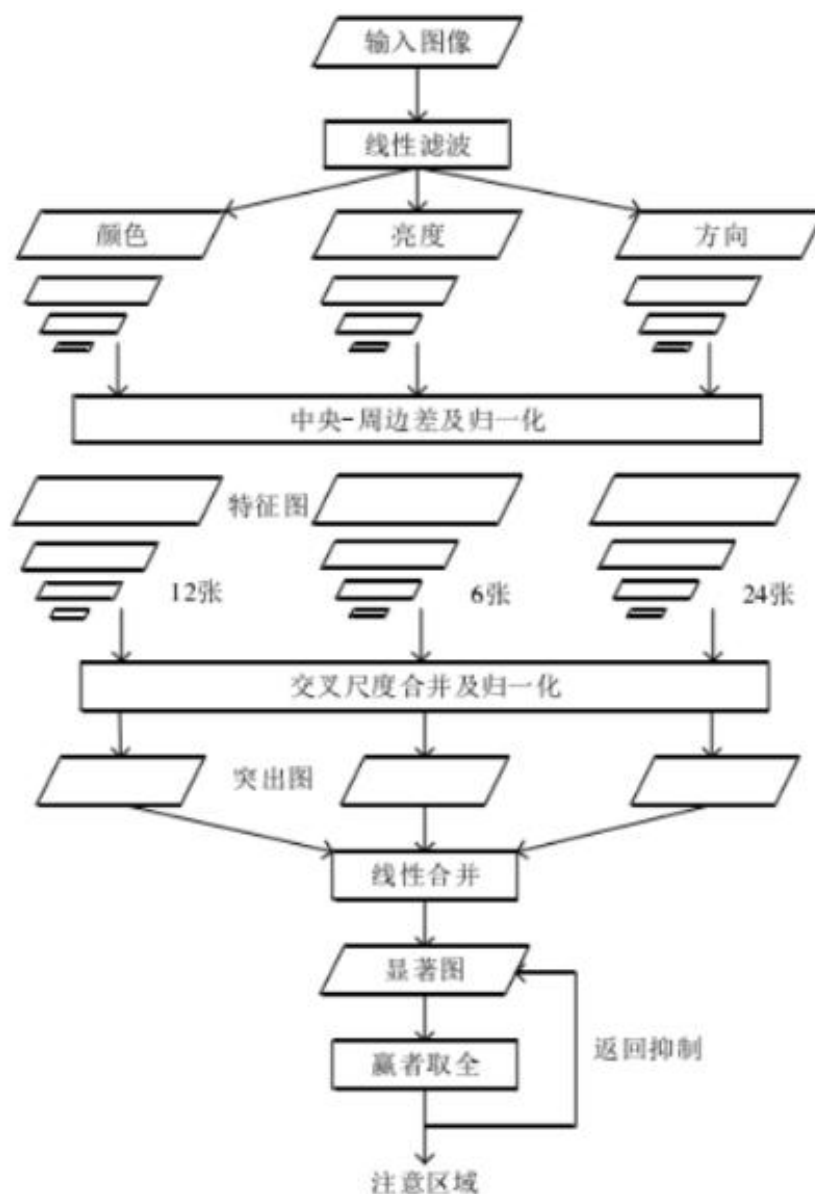


图 5 ITTI 算法流程图

## 2、Canny 边缘检测算法

将注意区域的图像通过 Canny 算法进行图像边缘检测，在保留图像重要的结构属性的前提下，大幅度减少数据量，剔除可以认为不相关的信息。算法具体分为五个部分：

(1) 图像灰度化：只有灰度图才能进行边缘检测

(2) 去噪：噪声点将影响边缘检测的准确性



- (3) 求解梯度幅度和方向: 利用 sobel 算子求解
- (4) 非极大值抑制: 定位准确的边缘同时可缩小边缘线宽
- (5) 双阈值算法检测及连接边缘

### 3、Hough 变换算法

由于 Canny 算子很多情况下获得的边缘点是不连续的, 可以运用 Hough 变换算法, 通过将图像坐标空间变化到参数空间来实现直线和曲线的拟合, 从而检测间断点边界的形状。具体步骤如下:

- (1) 获取目标图像
- (2) 对图像进行边缘检测
- (3) 由图像具体情况设置累加器大小
- (4) 对图像进行 Hough 变换并存储结果
- (5) 由累加器决定是否在直线
- (6) 根据最后结果绘制直线

## 第四章：市场分析预测

### 4.1 外部宏观环境分析

#### 4.1.1 政策因素

国家高度重视机器人产业发展。相继出台了《关于推进机器人产业发展的指导意见》、《机器人产业发展规划（2016-2020 年）》等，从战略上做好顶层设计；科技部通过 863 项目对机器人相关技术研发给予扶持；工业强基工程中对减速器、控制器、伺服电机和驱动器等核心零部件有所支持；在《中国制造 2025》出台后，国家在 2016 年陆续发布了《机器人产业发展规划（2016-2020 年）》和《智能硬件产业创新发展专项行动（2016-2018 年）》，2017 年又发布了《“智能机器人”重点专项 2017 年度项目申报指南》，进一步为服务机器人产业落地提供了政策支持。

在《首台（套）重大技术装备推广应用指导目录（2015 年第二版）》中，对工业机器人及其关键零部件进行了调整，并新增了对多功能拆解机器人的支持。地方政府对首台（套）产品给予采购或保费补贴，如安徽省出台《安徽省发展改革委关于加快我省智能制造装备产业的指导意见》、福建省发布《关于加快发展智能制造九条措施的通知》，对用户企业采购首台（套）产品给予补贴；上海市、东莞市、马鞍山市等地对机器人方面的首台（套）重大技术装备产品，或给予单台奖励，或在企业购置首台（套）综合保险给予保费补贴，东莞市设立首台（套）重大技术装备专项扶持资金。

#### 4.1.2 经济因素

随着经济水平的上升，人们可支配收入的增加，使得人们有能力购买机器人来解放简单的重复劳动，购买服务机器人进行娱乐、教育从而提高生活质量，或者将其应用到生活中的各个方面。

人们对更快捷高效的生活的永恒的追求便是智能机器人发展的永恒推动力，伴随着经济的发展，智能机器人的应用普及变得越来越具有可行性。同时伴随着经济发展需求的不断加深，智能机器人代表的更加快捷高效的生活模式也势必成为未来发展的必然。

数据显示，2018 年中国服务机器人市场规模将达到 122.9 亿元人民币，同比增长 27.2%。2017 年人工智能热度不减，各方面技术持续进化。作为人工智能技术的最佳载体，服务机器人也继续向医疗、物流、餐饮、客服等多个行业持续渗透。但同时，个人/家用服务机器人相较 2016 年的市场过热，在 2017 年出现了阶段性冷却，无论是供给端还是需求端，热度都明显减退。根据 Analysys 易观分析认为，预计服务机器人市场在未来三年内仍将维持增长态势，专业级市场将成为服务机器人市场规模增长的主力，但整体市场同比增速将有所回落，预计 2018 年中国服务机器人市场规模将达到 122.9 亿元人民币。

#### 4.1.3 社会因素

人口老龄化对经济造成的威胁特别严重，已知的情况包括：一是

自 2015 年初起，中国的劳动人口已由增变减（即新进入就业市场的年轻人数量不及退休老人的数量）。二是农村流入城市的廉价劳动力，也于 2014 年底开始由供过于求变为供不应求。三是由于劳动力紧张，企业必须提高工资，才能找到和留住工人。工资成本提高，影响到产品的竞争力，导致出口下跌。

工业上使用的机器人，称为“工业用机器人”，特别适合用于危险、高温、有毒环境的工作，而且可以 24 小时工作。中国有些地区难以找到工人，所以对机器人有特别需求，包括重庆、成都、江苏和浙江等。家庭用的机器人，称为“服务用机器人”，行动不便的老人，在家里拿不到的东西、提不起的重物，都可由它们代劳。中国的人口老龄化危机，还在继续发展，不少家庭对机器人都有需求，这种需求有助于推动机器人工业的发展。

#### **4.1.4 法律因素**

本项目没有触及任何法律的底线，并且没有修改后会威胁该项目合法性的法律。

### **4.2 行业现状分析**

#### **4.2.1 行业痛点**

作为煤矿大国，长期以来，煤炭一直是我国重要的基础能源之一，也

正因此，全国各地的煤矿数量甚多，加强安全生产制度完善与专业的救援装备发展一直是业内关注的重点，也为政府所支持。但目前国内的搜救机器人大多仍处于原理样机的研究上，或局限在室外危险物排除这种应用案例的应用上，机器人参与到矿难、地震、建筑物坍塌等实际灾难现场救援的报道较少。而目前的土壤勘察仪器往往测量功能较为简单，也无法有效地采集深层土壤等问题。且已有的用于地质勘察机器人结构复杂，体积偏大，在实际行走过程中较为迟钝，不方便左右灵活转动，影响勘察效率，工作时存在一定的局限性，在复杂的工作环境中无法胜任工作。另一方面，随着城市化进程，地下空间安全日益凸显，越来越多的管线和路面面临老化问题。城市地下空间潜藏着路面塌陷、燃气管线泄露等危险。此外，我国地下空间在技术实现上还存在着操作效率低、数据处理慢等问题，探测成本较高。

#### **4.2.2 供应商的议价能力**

生产所需的原料主要是电子元件，舵机，能源供应装置，各种感应器，线路板，连接件等智能机器人通用原材料。不存在太大的购买难度。而且因为市场体系成熟已久，价格体系已将相对稳固，不易发生波动，供货商的议价能力较弱。

生产需要的特殊部件——3D 打印机打印件，如果采用租机打印成本较高，但在投入大规模生产之后可自行购买 3D 打印机，即进入规模经济状态，生产成本大幅度降低。仅需要购买市场通用的 3D 打印原材料即可，因为市场体系成熟已久，价格体系已将相对稳固，不

易发生波动，供货商的议价能力较弱。

#### **4.2.3 购买者的议价能力**

初创阶段，购买者总数较少，有个别客户的购买量占总销售量的大部分，导致其议价能力很强。该产品在中国的市场上存在着 HEXA 这一强有力的竞争对手，但由于市场定位的不同和主要应用方向的不同，两者不存在强烈的冲突和竞争关系。市面上的不同机器人更多的是消费娱乐型，用于专业探测方面和专业救援方面的几乎不存在同类替代产品，所以尽快确定需求、明确市场方向和营销策略以打开市场，增加销量，有助于企业更加有效地定价，削弱购买者的议价能力。

#### **4.2.4 替代品的威胁**

六足智能蜘蛛机器人这个产品最主要的业内威胁来自替代品的威胁。根据目前的定位，产品功能可能的方向为传统履带式机器人和无人机。

##### **(1) 传统履带式机器人**

履带式机器人，主要指搭载履带底盘机构的机器人。履带移动机器人具有牵引力大、不易打滑、越野性能好等优点，可以搭载摄像头、探测器等设备代替人类从事一些危险工作（如排爆、化学探测等），

减少不必要的人员伤亡。但其具有地形适应能力差，转向不灵活等致命弱点，在执行特种任务时难以起到预期效果。使用六足智能机器人进行隐蔽治安巡略的效果远优于传统履带式机器人的“威慑性巡逻”。在危险地区的土壤采集和灾后救援及受灾情况勘测及物资运输等方面，也因为其强大的地形适应能力而不可或缺，可以同传统履带式机器人相互配合协调使用，但同时其自身的特点也决定了其不可或缺的价值所在。

## （2）无人机

无人机的竞争同样是重点考虑的方向。现今无人机技术已经相对成熟，按应用领域，可分为军用与民用。军用方面，无人机分为侦察机和靶机。目前在航拍、农业、灾难救援、观察野生动物、电力巡检、救灾等方面有广阔的应用，存在巨大的竞争威胁

但在各个方面，其自身也存在着难以避免的一些缺点。

### 1. 飞行时间和飞行范围

农业无人机也存在一些问题，大多数无人机的飞行时间短，多在 20 分钟到 1 小时之间。这样的飞行时间限制每块飞行电池可以覆盖的面积。而飞行范围还则限制了无人机单架次可飞行的半径。而飞行时间更长、飞行半径更大的无人机价格昂贵。

### 2. 初期购买成本

能够在农业领域使用的无人机价格相当贵。目前固定翼无人机的成本高达 25000 美元。还有一些无人机，其高昂的价格中包括了硬件、软件、工具和成像传感器。

购买没有配备相关设备的无人机价格便宜，但符合要求的相机和处理软件的高成本让两者差别不大。短时间内购买农业无人机全套装备价格成本很高。

### 3. 法律规定

无人机的使用操作需要严格遵守法律规定，民航局飞标司印发《民用无人机驾驶员管理规定》操纵视距内运行无人机的驾驶员，应当持有按本规定颁发的具备相应类别、分类等级的视距内等级驾驶员执照，并且在行使相应权利时随身携带该执照。 B. 操纵超视距运行无人机的驾驶员，应当持有按本规定颁发的具备相应类别、分类等级的有效超视距等级的驾驶员执照，并且在行使相应权利时随身携带该执照。

### 4 空域内的干扰

农用无人机与有人驾驶航空器共享同一空域，彼此很容易受到干扰。而且农田等环境飞鸟较多，难以排除空域内的干扰影响。

### 5. 受天气影响大

与传统航空器不同，无人机更容易受到气候条件的影响。如果室外多风或多雨，无人机将无法飞行。

### 6. 知识和技能

无人机获得的图像要求专业人员将其转换成有用信息，这意味着普通农民可能需要参加培训，或者不得不雇用专业的分析软件人员来帮助进行图像处理。



### 4.3 产品定位

随着信息通信技术、新材料、人工智能、大数据等新技术与传统产业的深度融合，应急产业在新技术、新产品、新业态和新模式等方面必将迎来前所未有的机遇。以机器人为代表的智能救援、勘测产品研发进展顺利，逐渐崭露头角，前景可期。

近些年，战争、恐怖袭击等突发事件，地震、海啸等自然灾害及潜在的核、化、生和爆炸物等严重威胁着人类的生命与财产安全。各种灾难发生次数增多的同时，其严重性、多样性和复杂度也逐渐增加。灾难发生后的 72h 为黄金抢救时间，但受灾难现场的非结构化环境的影响，救援人员难以快速、高效、安全地进行工作，且救援任务逐渐超出了救援人员的能力范围，因此，救援及勘测机器人已经成为一个重要的发展方向。此外，六足智能仿生蜘蛛机器人具有结构简单、使用成本相对较低、无人员伤亡风险、机动性能好、拍摄清晰等优点。六足机器人由于体型小，程序简单，具有一定的抗风能力，其灵活性远非侦察机等系统能比，因此无人机在突发事件的应急、预警等领域具有非常重要的作用，尤其在勘测过程中，由于地质状况的复杂性和不确定性，突发事件发生频率较大。同时时效性也是勘测的要求之一，能源充足的情况下六足机器人可以在限定时间内较好地完成作业。

此产品是针对于搜救队、科考队、探查队以及探险爱好者设计的一款可以以物力代替人力在危险时刻探索灾害地区并将探索报告反馈给使用者且帮助使用者做出决断的产品。

### 4.3.1 勘测

1. 对资源进行勘测。通过对具体地质构造的探测、观察与评估得出结论，并对勘测结果进行专业分析，得出进行勘测区域的地质构成、类型等，从而寻找可能存在有矿产资源区位。在勘测过程中，传统方法需要地质人员实地到目标区位进行勘测，测量仪系列基本地质参数。若是分析得出某区域可能存在矿产资源，还要对其储量、品质、开采条件及周边地质资料进行整理并提供给相关人员，其工作量较大。而机器人由于不受空间限制，速度快，拍摄效率高，未来会在资源勘查行业逐渐得到重视。利用机器人自带的传输技术，对目标区域进行全方位多角度拍摄，通过后期处理进行 3D 建模，不仅可以获得多种参数并采样还可以结合周边地质地形，以宏观的角度对整个区位进行地质监测。这样节省了勘测人员的时间和精力的同时，极大地提高了勘测工作的效率。

2. 对工程勘测。中国幅员辽阔，基础工程建设量也很大，再加上气候条件，造成许多地域地貌错杂，加剧了工程建造的困难程度。如中国江西南部 and 赣南地区，由于山川密布，公路建设和铁路铺设都要建造隧道，隧道的建筑条件要求颇高使得地质勘测人员工作量大且辛苦；还有中国西南地区，如横断山脉所在地，当地的交通条件除了受限于地形之外，还受气候影响较大。在赣南地区使用人力进行勘测，对工作人员的体力消耗较大，而在西南地区，极度复杂的条件下，对工作人员的生命安全都有一定威胁，在此基础上，将六足机器人的拍摄技术引入看侧重，利用机器人进行危险性较高、不稳定性和突发性较强

的工作，如地图绘测、地貌勘测等，帮助工作人员找出最适合进行工程建造的线路和结点，在获得精确度较高的一手地质资料的同时，也尽量保证工作人员的安全。

3. 对未知危险的勘测。六足机器人灵活性强，能适应各种地区的攀爬的勘测，能够应用于西北区域的戈壁滩、沙漠以及无人区，对当地地质气候等状况进行准确的图像信息传递，会探险者或科考者对当地情况进行一定的了解从而提供一定的安全保障。也可以应用于广西、云南等边境地区进行排雷检测，在机器人上加入金属探测器，保证排雷排爆的准确性，能够保证排爆人员的人身安全。

#### **4.3.2 救援搜索**

灾害面前，单靠人类血肉之躯灭火和救援，能力有限，还可能在救援过程中造成二次伤亡。那么在科技日新月异的今天，机器人技术有了很大的进步，救援搜索类的机器人也已经成为一个重要的应用分支，虽然还不足以完全替代消防员上阵，不过在辅助救援方面，还是能发挥一些作用。

1. 对灾害造成的危害进行救援搜索。由于六足机器人具有速度快、敏捷性高、机动性强的特性，能够在灾害发生后第一时间到达灾区进行搜索，甚至能较为准确的进行生命活动探测，将搜索信息反馈给使用者，保证消息传递的时效性，即使传送消息，保持和灾区的消息联通以及为后继的救援人员提供数据和道路状况好坏的保障来确保受灾群众和救援人员生命第一时间得到保障。

2. 对事故造成危害进行救援搜索。以消防救援为例，救援搜索机器人能替代人类进入易燃易爆、有毒、缺氧、隧道等各类危险灾害事故现场，进行数据采集、处理和反馈。再以核辐射为例，日本东北部发生 9.0 级地震，导致福岛核电站三座反应堆瘫痪。装有 4 组履带式轮子和 6 个电动马达的 Quince 机器人在受灾区域穿行。这款机器人配有的红外感应器同时也是二氧化碳传感器，能够监测福岛幸存者的呼吸和体温。Quince 机器人非常灵活，能够在不扰乱易挥发放射性燃料棒的情况下，搜寻受灾地区的每座大楼，进行辐射和温度测试。

#### **4.3.3 目标市场的选择及市场定位**

一般来说，选择目标市场，需要考虑以下因素：首先是要具备还没有得到充分满足的客户需要，并且客户对于这一需求是有购买欲望和购买能力的，即初步判定企业市场营销发展方向；其次是要拥有一定的购买能力，有足够的销售量和营业额；最后，还需要从整个市场面去通盘考虑，即在市场竞争还不够充分的时候及时入场，就不会面临强有力的竞争对手，拥有很大机会对市场进行开拓并占领优势地位。

就现阶段情况来看，六足智能机器人还处于初步发展阶段，应用范围较小，但应用前景广针对产品相关属性与市场特征相结合，作出以下目标市场选择：

本项目以采矿业，建筑业，城市地下空间探查，热爱探险运动的年轻群体和救援队作为目标市场选择，市场范围是帮助工作人员找出最适合进行工程建造的线路和结点，在获得精确度较高的一手地质资料的

同时，也尽量保证工作人员的安全，为企业提供进行高速、精准的地形勘测数据；为探险者准确反馈当地地质状况，如喀斯特地貌等，为探险者提供安全保障。目标区域市场是中国江西南部 and 赣南地区、中国西南地区等地形崎岖且气候较差的地区和云南、四川等地震多发区。六足机器人机动性强，而且通过电池补给可以连续工作，提高搜救效率；可以通过携带多种传感器，实现废墟内的图、声、温等检测，有效锁定受害者的位置；行进速度快；机器人救援可以辅助或替代救援人员，避免二次倒塌所带来的伤害，降低救援人员的风险。

特别是采矿业。作为煤矿大国，长期以来，煤炭一直是我国重要的基础能源之一，也正因此，全国各地的煤矿数量甚多，加强安全生产制度完善与专业的救援装备发展一直是业内关注的重点，也为政府所支持。由于煤矿井底环境特殊，一旦发生险情，那么就存在着瓦斯二次爆炸的危险，此时若是派遣人类救援队伍风险颇高。而救援搜索机器人以其自主定位、跨越障碍和识别、传输数据信息的多元优势，十分适合代替人类开展救援工作。丰富的矿场资源意味着同样拥有庞大的矿场基数，这也为矿用救援机器人奠定了广阔的市场。因为无论何种矿业，应急救援设备都必不可少，安全意识与前期转备至关重要。救援机器人随着关键技术持续升级，未来应用价值将不断提升。

综上所述 六足机器人的应用前景较为广阔，其主要可运用在一些非人类救援可以到达的危险地带，对于危险灾难救援、高危勘测有着极大的帮助性。其他的替代品也有许多，总的来说，六足机器人的总体行业发展还是很好。行业应用前景也较为广泛，在一些救援活动、工

程和资源勘测中能起到巨大的勘探作用,可以帮助人们更安全高效精准地完成作业。

## **第五章 营销策略**

### **5.1 产品策略**

初期主要研发生产供灾难勘测的机器人,将为目标客户提供个性化设计和生产,根据客户对产品外观和功能的不同侧重和不同需求进行精准设计和服务。在外观上,包括颜色、大小、形状等方面;在功能上具体有泥石流、洪水、滑坡、崩塌、落石、火灾隐患等自然灾害隐患检测、道路的完好性检测、施工场地危险检测、危险区域的土壤检测等等,介于我们的机器人机体灵活、功能完备、环境适应力强的特点和优势,除此之外,我们的机器人还可以向机械宠物、治安巡逻等应用的延伸和发展。在初期得到发展和完善后,将坚持技术研发和产品升级,将产品从单一功能拓展到以有多功能、多用途的机器人;同时,在现有技术积累的基础上,探索精准、高性能装置的系统的改造升级技术及生产销售改造所需部件。

### **5.2 定价策略**

我们先考虑成本、市场竞争和市场需求等因素综合定价。第一,机器人功能齐全,可以满足消费者的多种需求,致使市场对此类机器人价格高度敏感,低价格能促进市场的增长。我们将机器人的价格订得相对较低,以吸引大量购买者,提高市场占有率。第二,生产

和销售机器人的成本会随销售量的增加而减少。第三，低价能帮助排除竞争，通过积极竞销以促进销售、控制市场。故此我们选择渗透定价法。再以产品制造成本、附加附件成本(如服务成本、公关成本、促销成本等)为基础,参考行业合理利润、高新技术附加值,我们最终将产品标准件定价为 2000 元/套。

### 5.3 渠道及产品渠道建设

#### (一) 渠道

线上渠道具有显著价格优势，线下渠道注重体验与品牌展示。机器人的销售渠道可以包括实体店、线上电商平台等渠道。线上线下销售渠道有着明确的分工。

#### 1. 线下连锁体验店，线下连锁体验店或电信运营商门店

##### (1) 体验经济，先体验再购买

大部分消费者对智能硬件，尤其是新品的了解有限。和日常消费品相比，智能硬件的客单价相对较高，在不知道任何情况前提下购买,对消费者来说是一件风险较高的事情。体验店作为线下渠道，很好地补充了线上体验感不足的短板，是智能硬件从小众化迈向大众的重要方式。

##### (2) 整体性强：产品线丰富

对于很多智能硬件厂家来说，自身产品线不够丰富，凭自己的力量开设品牌体验店视觉效果不好。然而，专业的智能硬件体验店的优势在于中小企业抱团取暖打造出的面面俱全的科技“面孔”，

多方资源整合，品类繁多，科技主题鲜明，消费者有沉浸式的科技体验。

### （3）多出现在机场，商圈等价值高地

此类线下体验店一般出现在人流量大的机场、商圈，有客源优势，商业价值高。与交通枢纽相比，商圈离消费者更近一步。

### （4）资源整合，消费者反馈的平台

线下体验店的作用不仅仅是“带货”，也能收集买家的产品反馈，让厂商及时改进和优化产品设计及研发。尤其是在互动过程中，有经验的销售人员能够挖掘出消费者更多隐藏的需求。

因此，体验店不仅是面向C端的生意，也可以是面向B端的生意。智能硬件的迭代需要消费者的反馈，体验店是一个收集消费者反馈的绝佳场所。因此，体验店就成为一个平台，一个资源整合方，促进人工智能生态圈的进一步完善。

### （5）售后服务好

智能体验店一般承担了订货、物流、调换货等后市场服务工作，缓解了消费者线上退换货时间线长，体验感差的弊端。

## 2. 线上互联网电商平台

（1）近几年电子商务的快速发展，许多传统企业也尝试网络进行销售，而机器人作为一个新兴产品，无论是在性能还是价格对于高端企业和工业公司都是一个新宠的存在，在互联网上机器人销售中具得天独厚的优势。面向的消费者群体与机器人产品的潜在用户群体高度重合，且产品售价较线下渠道具有显著的价格优势，并且节



省了实体店面的运营成本，可以成为机器人产品实现销售收入的主要来源。

## （二）渠道建设

（1）扩大国内外市场，大力引进战略投资伙伴，加强国内外市场建设，调整产业结构，建设大规模标准化示范基地，巩固和发展国内外市场销售网络，打造以科技革命为先导、以经济效益为核心、以发挥人才整体优势为根本的综合性公司。

（2）寻求与大型企业或特殊销售通路的合作。利用促销、人流密集处随处可见的终端宣传或其他手段，使机器人的曝光频率增加，创造更多合作机会。初步设想为，前期我们给他们提供更低价的且更优质的产品，借此先提高知名度，减少库存。中期产业到达稳定后再推出精品中端产品，逐步提升销售额，扩大影响力。后期产业链及市场达到稳定，可以逐步推出自己的产业品牌，既达成了合作，同时也提升了自己品牌的影响力。

## 5.4 促销策略

### （1）现场试用

可在体验店等销售现场邀请消费者进行参观、体验，搭配一定的优惠、赠品等活动刺激消费者的购买欲望。

### （2）购买奖酬

可设置一定额度，消费者消费多少即可赠送或返利等。

### （3）面向中间商进行销售

面向淘宝商家，微信商家，以及其他商家等进行销售，并给长期拿货的商家一定的扶持政策，如订货折扣，推广资助等。

调查表明，机器人类产品能否在同类产品竞争中取得优势，很大程度上取决于品牌，品牌不仅在于产品的品质，更包含企业的社会责任和形象，良好的社会责任形象和深入人心的品牌更容易得到消费者的青睐。

## 5.5 品牌战略

塑造品牌形象，提高其知名度和影响力。机器人可以从以下几个方面塑造其品牌知名度和影响力：

### （1）重视产品质量。

“打铁还得自身硬”，只有产品本身质量过硬，具有优质的性能和配件，才能在消费者群体中获得良好的口碑。严把产地质量关，专人专职管理，全程可监控。加工管理的好坏直接决定了机器人的质量，机器人的外观是消费者第一感觉到的，是促成消费的客观条件。

### （2）优化服务质量，提升服务水平。

优质的服务有利于维护和提升品牌形象，机器人在严格把控机器人质量的同时，更需要不断优化线下体验店服务质量，提升服务水平。现代营销观念已发展到以满足消费者需求为中心的市场营销观念和大市场营销观念这一阶段。在此阶段，消费者需求成为企业经营和营销活动的一切出发点和落脚点。因此，降低顾客流失率，

赢得更多的新顾客并在消费者群体中赢得良好的口碑，对一个产业的持续发展显得尤为重要，提供良好的服务是实现这一目的的有效途径。

### （3）塑造品牌不能忽视形象营销。

很多机器人类产品之所以在市场上缺乏核心竞争力以及传播力，没有形成广泛的、持续的品牌效应，这些机器人类产品一直难以做大做强，不是机器人类产品品质、声誉不好，而是不重视形象营销策略，明明很好的机器人类产品，却因为产品形象差、品牌形象差——产品标识不突出、产品包装没有特色、没有实行统一营销策略而默默无闻。因此，要想让机器人类产品更好走出去，产品品牌必须在形象营销上转型升级。我们的设想是，机器人可以建立一个关注民生、助力公益的有社会责任感的品牌形象。

### （4）媒体报道

新闻、专题报道、现场采访等媒体报道具有较高的权威性、真实性和知识性。通过媒体报道，不仅能增强品牌的知名度，同时可以提高消费者对品牌的了解度，对企业形象有积极正面的影响。

应该大力宣传所举办的活动，邀请媒体来到现场，通过在报纸、网络上发布新闻，提高机器人的曝光率，让消费者真正走近机器人、了解机器人。

### （5）网络广告

信息不对称的问题是当前机器人类产品市场中存在的最大问题，而网络广告具有高效、准确，能够及时反馈消息的特点，有效

缓解了产品市场信息不对称的问题。

传播途径如下：

通过微信、微博、QQ 等目前较为广泛的几款社交软件，涉及人群广，流量大，但由于平台本身的社交属性，客户转化率且效果差。可通过经营运行微信公众号建立良好的招商平台。

通过新闻平台，包括腾讯、网易、新浪、凤凰网等，政府可在这些平台发布软文，传播有关机器人的资讯，有效提高知名度。

通过抖音、快手、以及其他网红直播平台、和人们日常熟悉的城市广告牌等途径宣传本产品的公益有社会责任感的形象，适时合度地更换产品新信息，保持企业网上站点发布信息的新鲜感、吸引力与亲和力，以激发挖掘新顾客潜在消费欲望，引导消费者的消费。

## **第六章：财务**

### **6.1 财务预测思路**

本团队的财务预算采用的是全面预算的方法。通过对团队内外部环境进行分析，对未来的一定时期内做出一系列具体的计划。此方法以销售预测为起点，进而对生产成本及各个费用等方面进行预测，并在这些预测的基础上，绘制报表以反映团队在未来一定时期内的财务状况。

## 6.2 生产成本核算

项目	单价	数量	总价
机器人全套支架	144 元	一套	144 元
电池充电器	27 元	1 个	27 元
Ps2 手柄及接收器	28 元	1 个	28 元
USB 线	4 元	1 条	4 元
总线舵机控制板	129	1 个	129 元
蓝牙模块	69 元	1 个	69 元
LX-224HV 高压总线舵机	17 元	18 个	306 元
舵机线	1 元	18 条	18 元
电压显示模块	20 元	1 个	10 元
外壳	40 元	1 个	40 元
倾角传感器	108 元	1 个	108 元
高清晰摄像头	99 元	1 个	99 元
总计			982 元

## 6.3 盈利能力分析

未来三年产品利润预测表

项目/年份	2021	2022	2023
成本（元）	1500	1500	1500
销售量（台）	1000	2000	4000
售价（元）	2000	2000	2000
销售额（元）	2000000	4000000	8000000
利润（元）	500000	1000000	2000000

## 第七章：风险与对策

### 7.1 市场开拓风险

本创业团队的六足机器人产品性能优越，但是国内已有众多先例，市场的空间比较小。并且客户对新产品的认知度比较低，对其性能缺乏全面直观的了解，存在一定的市场开拓风险。

应对策略：

1、创业团队注重产品宣传促销，将结合创业团队实际情况，采用会议营销、论坛营销、网络营销等多种方式，大力推广产品品牌，使产品深入人心，树立创业团队良好形象。

2、采取适当的低价定价策略，进行铺市。创业团队运营初期不求

盈利，尽量调低价格，迅速占据一定的市场份额。

## 7.2 管理风险

我创业团队管理团队主要由未入职的本科生组成，虽然团队成员拥有极高的创业热情，但管理工作经验不足，不利于创业团队的长期发展。

应对策略：

### 1. 完善内部控制体系

我创业团队将建立分工明确的组织架构，各职能部门相互衔接配合，使创业团队整体正常运作，同时降低组织经营成本，维护创业团队利益。根据团队发展状况，定期优化内控制度，规范人员操守，为创业团队制定完善的自律系统，不断提升创业团队秩序化、规范化水平。

### 2. 优化人才引进机制

我创业团队树立正确的人才观，依据创业团队实际需要，“任人唯贤”而不论亲疏，采用人才市场选聘、挖掘其他创业团队合适人才、加强与科研部门及高校联系合作等方式引进优质人才，为创业团队注入新鲜血液，增强创业团队总体管理实力。

### 7.3 融资风险

本创业团队在创办初期资信等级不高，规模不大，尚未与银行建立较稳固的合作关系，并且产品并未争取到投资，因此融资存在一定困难，运营资金吃紧。

应对策略：

创业团队将制定完善的融资计划，构建合理的融资结构，优化融资组合，坚持信息对称性原则，努力树立商业信誉，从而赢得投资者的充分信任。创业团队也会积极寻找风险投资资本。山东地区产业结构近几年不断改善，涌现出不少资金充足的民营企业。本创业团队会竭尽所能，争取获得民间企业家的资本支持。

## 第八章：团队分工

施清林：项目管理

魏薪月：财务管理

李瑜：市场调研

王巍：技术研发

石倩：营销策划

方巍栋：技术研发

王惠儒：市场调研

林欣蕊：技术研发

## 第九章：附录

[1]小型六足机器人运动控制系统设计与实现[D]. 徐维超. 华中科技大学 2019



- [2]六足机器人设计优化与运动控制[D]. 王一飞. 广西大学 2019
- [3]六足机器人协同无人机特殊环境大气污染预测[D]. 陈斯昀. 西南科技大学 2019
- [4]腿部损伤六足机器人行走实验研究[D]. 李晨. 西南科技大学 2019
- [5]六足机器人梅花桩行走步态研究[D]. 胡勇. 西南科技大学 2019
- [6]未知环境下六足机器人的导航及姿态控制系统研究[D]. 李鹏永. 吉林大学 2019
- [7]基于迁移强化学习的六足机器人步态学习研究[D]. 唐开强. 南京大学 2019
- [8]崎岖地形六足机器人可操作度分析及操纵策略研究[D]. 杜重阳. 哈尔滨理工大学 2019
- [9]载人六足机器人驾驶决策研究[D]. 丁宁. 哈尔滨理工大学 2019
- [10]大型六足机器人结构设计及仿真分析[D]. 管翼鹏. 吉林大学 2018
- [11]仿生四足机器人运动规划与步态转换[J]. 罗红艳, 魏莉, 李彰, 曾顺. 数字制造科学. 2018(01)
- [12]机器人重心调节机构可靠性稳健设计与运动学研究[J]. 杨萍, 王彦云, 李智勇, 张阳阳. 机械设计与制造. 2016(06)
- [13]基于 ADAMS 和 MATLAB 的机器人联合运动仿真[J]. 胡蕴博. 机电技术. 2015(02)
- [14]BigDog 四足机器人关键技术分析[J]. 丁良宏. 机械工程学报.

2015(07)

[15]5 自由度机器人手臂三维建模及运动仿真[J]. 任洁,郝明锐.

机械管理开发. 2014(05)

[16]一种五自由度机械臂逆运动学求解的几何法[J]. 朱晓龙,顿向

明. 机械与电子. 2014(05)

[17]仿生甲虫六足机器人结构与步态分析[J]. 姜树海,孙培,唐晶晶,陈波. 南京林业大学学报(自然科学版). 2012(06)

[18]Prototype development and gait planning of biologically inspired multi-legged crablike robot[J]. Xi Chen,Li-quan

Wang,Xiu-fen Ye,Gang Wang,Hai-long Wang. Mechatronics . 2013

(4)