

五光敏电阻定位光源位置装置

17307110177 魏雨轩 物理学系

摘要：本装置使用五个光敏电阻模块配合 arduino uno 变成，实现在点光源照明的情况下，用光敏电阻产生的五个模拟输入参数，并配合机器学习中的有监督学习的分类思想，建立五个参数值到空间中的几块区域的映射，从而在输入新的测量值后，经过计算反过来得到光源的粗略位置。

一， 引言

Arduino 有很多定位的模块，比如激光雷达，超声波雷达。这些都是主动发射信号，并且接受物体反射的信号，得出的被扫描物体的形状，位置信息。而我们可以使用被动定位，直接接受环境的信息，比如使用红外探头，光敏电阻等等传感器，也可以实现定位功能。其实对于任意的传感器，只要是能够随物体在空间中的位置变化，产生连续不同的输出，只要使用多个相关的传感器，就可以定位物体在空间中的位置。

本实验就是为了讨论被动定位的可能性，使用 5 个光敏电阻模块，输出五个参数，利用这些参数的差异，计算得到光源的位置。

二， 实验原理

五个光敏电阻的位置安排如图 1 所示，通过这 5 个光敏电阻在不同位置对相同位置的光源得到不同的响应差异，从而计算出光源 A 的空间位置。

实验的关键在于，如何建立五个参数到空间中特定区域的映射。而实验中使用的五个光敏电阻光感器对于相同强度，相同位置的光源，响应是不同的，而且数值随距离，空间角度的变化也是不同的（如图 2，为光源在 5 个光敏电阻下方移动时测量得到的五个电阻的输出数值随时间的变化，要通过其大小关系找到位置的规律是非常困难的）。首先测量单个光敏电阻的空间响应曲线是不现实的，第一：响应和光敏电阻的朝向，光源朝向（没有完美的点光源）等等因素有关，稍有移动或者旋转就会给数据造成很大的偏离，在定位的过程当中，无法控制这些因素不改变，这样就给映射的建立带来了很大的困难；第二，光敏电阻模块输出的响应曲

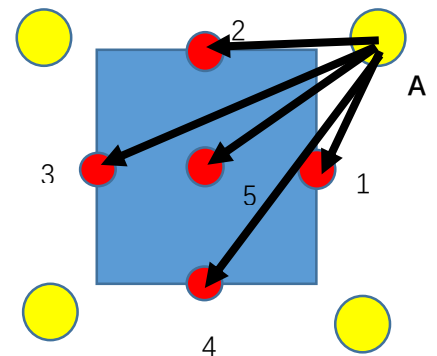


Figure 1

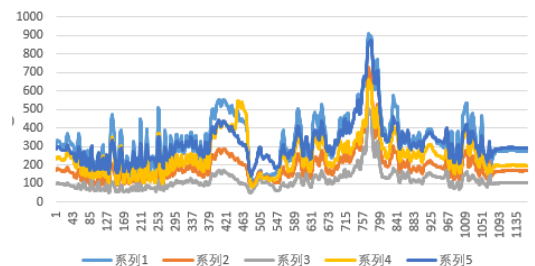


Figure 2

线是非常复杂的，是一个非线性的函数，再结合前面的空间角度的复杂性使得这个方案几乎不可能。

为了解决这个映射问题。我们介绍机器学习中有监督学习的分类(classification)的思想。首先我们把空间分成9个区域，代表9个类别，如图3所示的九宫格。让光源分别在9个区域中移动采样。得到9组数据和1组本底数据。现在把问题转化为一个有监督学习的问题。这10组数据存在10个类别，所有的数据点都已经确定好了对应的类别，所以这就变成了一个分类的问题。问题的关键变成了，找到各个区域之间划分的界面。

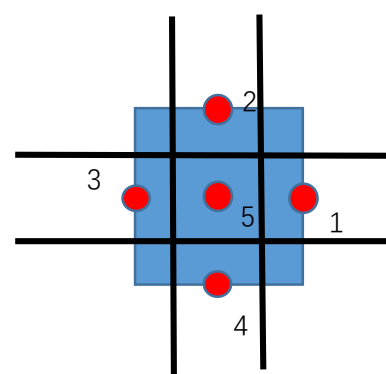


Figure 3

为了简化模型，根据探测器的摆放位置，我们可以让1, 3, 5号参数确定光源是否位于左边右边或者中间，使用2, 5, 4号参数，确定光源是否位于上面，中间和下面。通过这两套参数，确定光源所处的位置。而进一步简化模型，我们可以不使用5号参数，也可以大致对9个区域进行分类。理论上可以通过机器学习的方式，实现更加细致的区块分类，而这要求对这些细致的区域有着更加精确的采样，而本实验采用的是最容易划分的9个区域。

三、实验装置及过程

实验装置实物图如图4，5个光敏电阻固定在硬壳纸板上，五个模拟信号输入，而3*3指示灯阵列可以在，光源处于9个区域之一时对应的区域亮起，达到指示的效果。当然调试过程中，可以使用串口监视器对计算出来的位置信息进行显示。

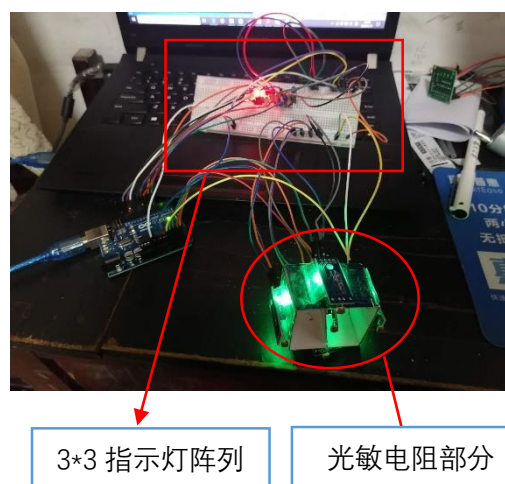


Figure 4

实验在夜晚关灯进行，保持光敏电阻支架不变，分别对9个区域做扫描。使用串口每50毫秒输出一组测量的五个参数，测量时使用手机的手电筒在对应区域充分移动，采集1000个点左右。不用担心手机移动到了别的区域，因为边界本身就是模糊的，而且移出区域的数值或者其他反常数值的占比在大量取样的过程中其实是非常小的，在分类过程中对边界位置的影响很小。所以这种方法给了我们一定的容错率，经过大量训练，总能够找到比较好的分界线。

采集好了10组数据，分别记做：background 0; right 1; right-top 2; top 3; left-top 4; left 5; left-bottom 6; bottom 7; right-bottom 8; center 9。机器学习理论

上可以处理任意多类的数据，但是为了简化模型，使用的是参数 1, 3 区分左中右和参数 2, 4 区分上中下。把结果 128 合并为 right 类，把 379 合并为 center 类，456 合并为 left 类，做出 13 的分类图如图 5。把 234 合并为 top 类，把 159 合并为 center 类，把 678 合并为 bottom 类，使用 24 参数做区分，得到图 6。可以看到三种颜色都大致分离开来，但是 24 参

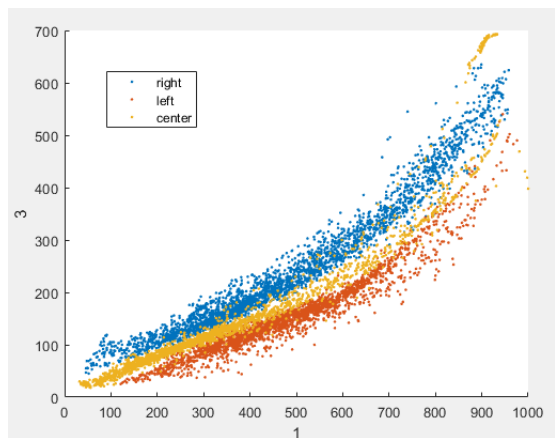


Figure 5

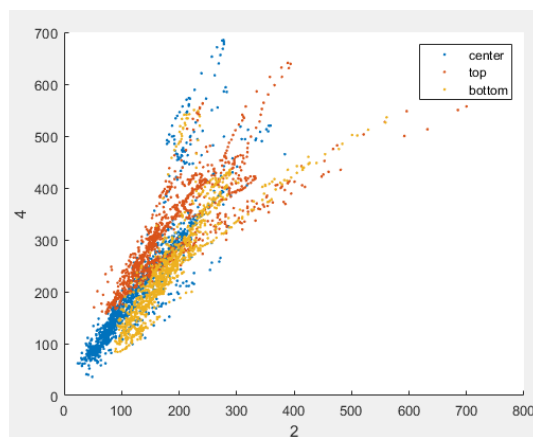


Figure 6

数对垂直方向上的分类效果并不好，可能是自己是俯视实验的原因，使得处于光敏电阻模块的垂直高度的采样控制出现偏差，造成边界线的模糊。不过这也可以大致确定三者的分界线。

（注意：传感器输出的参数是随着光强的增大而减小的，越靠近 0 点的光强越大，越远离 0 点的光强越小）

机器学习可以处理分类问题，但是由于需要把 matlab 机器学习模拟得到的结果导入到 arduino 中去，必须找到一个边界条件的解析表达式。所以我们必须选择 SVG 方法（支持向量机），但是可以看到分界线是非线性的，所以我们必须使用非线性的核函数处理非线性边界，而二次 SVG 和三次 SVG 方法的学习结果并不好，而使用高斯核函数得到的学习结果，在分类的过程中用到了升维操作，不能给出解析的表达式。后续会继续学习 matlab 控制 arduino uno 的方法，达到直接调用 matlab 产生的模型处理 arduino 产生的数据。

所以这里使用手动分割的方法。选择边界上的有限个锚定点，用插值的方法，确定边界条件。选择的参数如下：

Table 1

Right-center		Center-left		Top-center		Center-bottom	
1 st para	3 rd para	1 st para	3 rd para	2 nd para	4 th para	2 nd para	4 th para
42	37.5	113.5	24.5	48	109	80	105
506	197	577	197	166	275	161	212
933	523	916	470	306	440	284	385

这里为了方便使用了线性插值，计算出每一段的斜率和截距之后。输入到 arduino uno 当中。使用两个函数判断在左中右和上中下，最后通过：

Table 2

	Left 1	Center 2	Right 3
Top 1	(1, 1)district 4	(1, 2)district 3	(1, 3)district 2
Center 2	(2, 1)district 5	(2, 2)district 9	(2, 1)district 1
Bottom 3	(3, 1)district 6	(3, 2)district 7	(3, 3)district 8

通过两个函数输出的值判断光源处于哪个区域。而背景光源可以判断是否为无光源条件，判断依据如图 7，比如使用 13 两个参数判断背景光的位置，蓝色为存在光源时的数据，红色为背景光的数据，可以判定当输入的参数在红色框内则为背景光，输出状态 0。

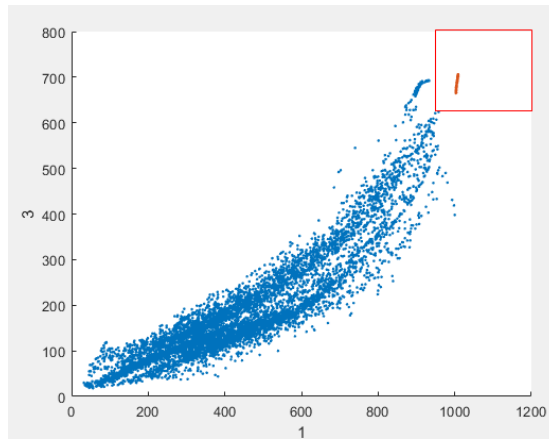


Figure 7

初次测试之后，大致能够反应光源的位置，但是上中下的判断仍然存在很大的不确定性。不符合要求，这和之前的所说的采样问题存在关联。其次由于分界线对 5 个光敏电阻的位置，和朝向有着非常大的关系，而且由于没有很好的方法固定，在测量的过程中可能光敏电阻的摆放发生了变化。下面的重新测量相关的分界线，目的有二，（1）纠正上中下采样的错误，（2）讨论改变光敏电阻的摆放和朝向是否会影响分界线的。

第二次测量得到的结果如图 8，可以看到分界线的解析式和采样有关，在第二次测量时

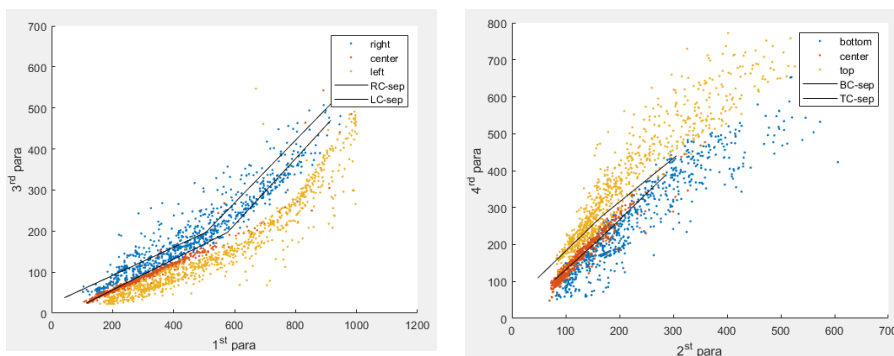


Figure 8

严格控制了 center 的所在位置，所以可以看到左中右情况中间的带变窄了，而上中下的控制比之前的要好。黑线是第一次测量得到的分界线，可以看到第二次得到的结果总体向下移动了，这是可能由于固定的问题造成的，由于我使用的是硬壳纸板折叠得到的支架，很容易变形，而变形之后，各个传感器之间的相对距离改变，使得上中下，左中右。

下面再来看把光敏电阻模块顺时针转动 90 度后，使用 13 测量上中下，使用 24 测量左中右的情况，来验证这个装置在不同朝向向下，也能够正常工作。如图 9，可以看到这些分界

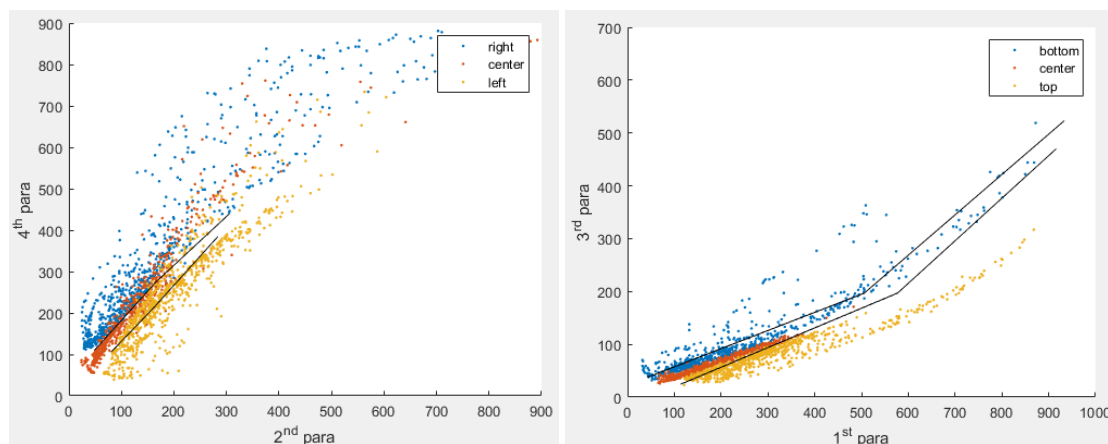


Figure 9

线依然没有实质性的变化。这里发现使用 13 传感器要比 24 传感器测量得到的数据要好得多，而结合旋转前，13 传感器的优良表现，可以猜测旋转前上中下部分几个区域的重叠，可能和 24 光敏电阻输出不稳定本身有关。

四、实验结果及分析

采用上面得到的分类方法得到的边界解析式导入到 arduino 程序中，确实可以比较好的区分这 9 个区域，但是只要支架稍有形变，结果就会不准。而且从上面的分类图可以知道，中间这个区域是很小的一部分，受到分界线的影响很大，所以经常会出现在靠近分解区域时，结果不准的情况。但是四周的准确率还是很高的。为了方便在图片中展示，使用 3*3LED 灯泡，分布如图 9，上中下分别是蓝发蓝，绿发黄，红发红 LED 灯阵列，和 9 个区域依次对应。而实验的实际操作图像如图 11, abcdefghi 一共 9 张图所示。

3*3 的图标对应着 9 个区域，第一层是蓝色灯亮，光源在顶部，第二层是黄色灯量光源在中间，第三层是红色灯量，光源在底部

(图见下一页)

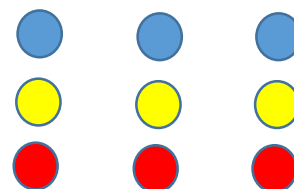


Figure 10

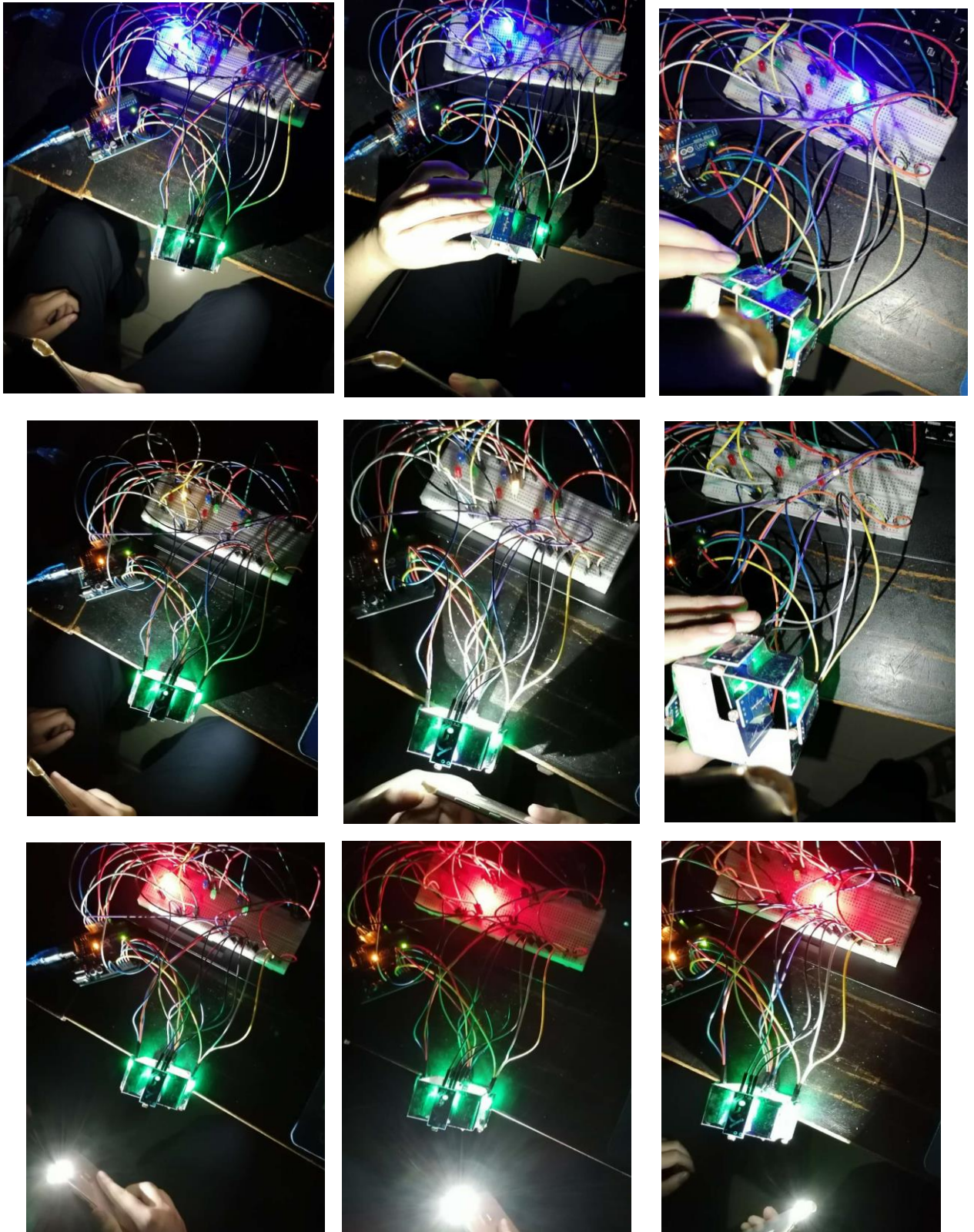


Figure 11

总的来说结果基本上实现了，能够感知光源空间的所在位置。不过稳定性还有待提升，尤其是在靠近分界处。还必须强调的是，光源的到光敏电阻的距离不能够太远，否则就无法分辨到底是环境光还是光源光，这个时候环境光的影响很大，会对位置的探测产生影响。

五， 实验改进

本实验只是验证了这种定位思路的可行性，只是对光源的一个粗略定位。这个系统的改进的地方还有很多。根据实验中发现的问题，可以提出以下改进：

- 1, 更改支架，使用更加牢固的材料，和更好的光敏电阻固定方式（本实验使用双面胶和胶带固定光敏电阻模块），防止阵列变形，光敏电阻松动，使得之前分类得到的分界线不再正确。
- 2, 可以增加分类的精细程度，这个时候手动拟合分界线已经不再是可行的方法。最优的情况就是，控制距离 R ，和空间角 θ, ϕ ，对每一块小区域进行采样测量，得到一个空间分布的解析式，使用机器学习对结果进行拟合建模，这样得到的模型，就可以实现测量光源精确位置的装置。这个定位方式，和红外，激光测距不同，是一种被动的测距方式，可以实现对某个物体的空间轨迹的实时跟踪，计算量小，效率高，可以增加光敏电阻的数量，使用足够多的判断条件，对足够多的样本进行试验，可以使得精度大大提高。缺点是只能跟踪一个光源，多光源时无法处理。
- 3, 光敏电阻点阵的结构也对定位的效果有着很大的影响。对于有限个光敏电阻组成的阵列，当阵列的距离比较小时，在远处各个电阻的输出结果差别不大，误差较大，当阵列间距比较大时，在近处的输出结果误差较大，所以合理选择点阵的结构也是一个问题，之后可以变化不同的点阵排布，建立不同的映射模型，对比其精度。