

《暑期实习 1-果蔬专家》周报 4

叶增渝

2022 年 07 月 25 日——2022 年 07 月 31 日

前言：虽然在理论上，我们将在 LoS 上含有水果的实验组与完全为空气的对照组进行对比，获取相应的处理后数据，对它造成影响的部分应当由两个组别中部分不同物质引起的（即对 csi 信息进行比对处理后，产生的影响理论上仅由放置于穿透信号当中的水果决定，与两者的空气柱距离无关）。但是由于实际的接收端与发射源的距离较近，所以间距依然有可能产生一定的影响，为了获得更好的实验数据，因此选择采取控制变量法，在接下来的实验中尽可能保证发射源与接收端的直线距离、摆放姿态一致。

通用实验布置：作为接收端的电脑与路由器（发射源）的最左端直线保持距离 1m 不变，中间没有实验物品以外的其余物品

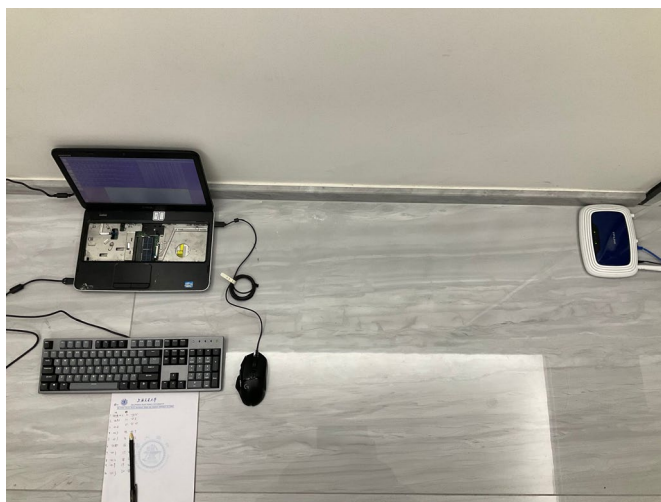


图 1. 通用实验布置

通用数据处理：由原始代码中的 data_reading.m 修改而来，对一份实验组数据，以一份无物品的空气对照组作为 trace_air 基底进行基本的 csi 数据读入后分别以相位差的标准差与波幅的标准差作为计量标准，分别选取 4 个方差最小的信道，计算这些信道的平均相位差与波幅，从而得到 delta_based_phase、delta_based_amplitude、ratio_based_phase、ratio_based_amplitude 共 4 个数据，大量的同实验组数据形成的这些数据可以形成对应的 4 条折线，最终产生 4 张折线图。由于发射功率随时间变化、对照组数据有波动等因素的影响，考虑分别使用接收端测量的信号强度进行折算、使用相同对照组数据的方式进行额外的数据处理，产生额外的 4 张折线图，最终一个问题（内容）会获得 12 个数据表与 12 张折线图。

- 补充内容 1（对于内容 1，如果是非苹果的其余水果，探测极限如何？主要与什么性质相关？）

实验布置：相距 1m 的接收端与发射源、新鲜的同品种苹果（特级富士）、新鲜的同品种加力果（新西兰的小型苹果品种）、新鲜的同品种梨子（皇冠梨）、新鲜的同品种桔子（澳桔）以放置于两者中间

实验过程：（实验图如下所示）

1. 首先不放置加力果，直接进行 csi 数据与对应发射信号强度的采集，采集 20 组作为对照组；
2. 再放入一个加力果（保证加力果排布的直线与接收端、发射源一条直线），再次进行

csi 数据与对应发射信号强度的采集，采集 20 组（如图 2）；

3. 重复步骤 2 至无法再放入加力果或无法区分两组不同数量苹果的信号为止；
4. 将加力果换成梨子，重复步骤 1 至步骤 3；
5. 将加力果换成桔子，重复步骤 1 至步骤 3。

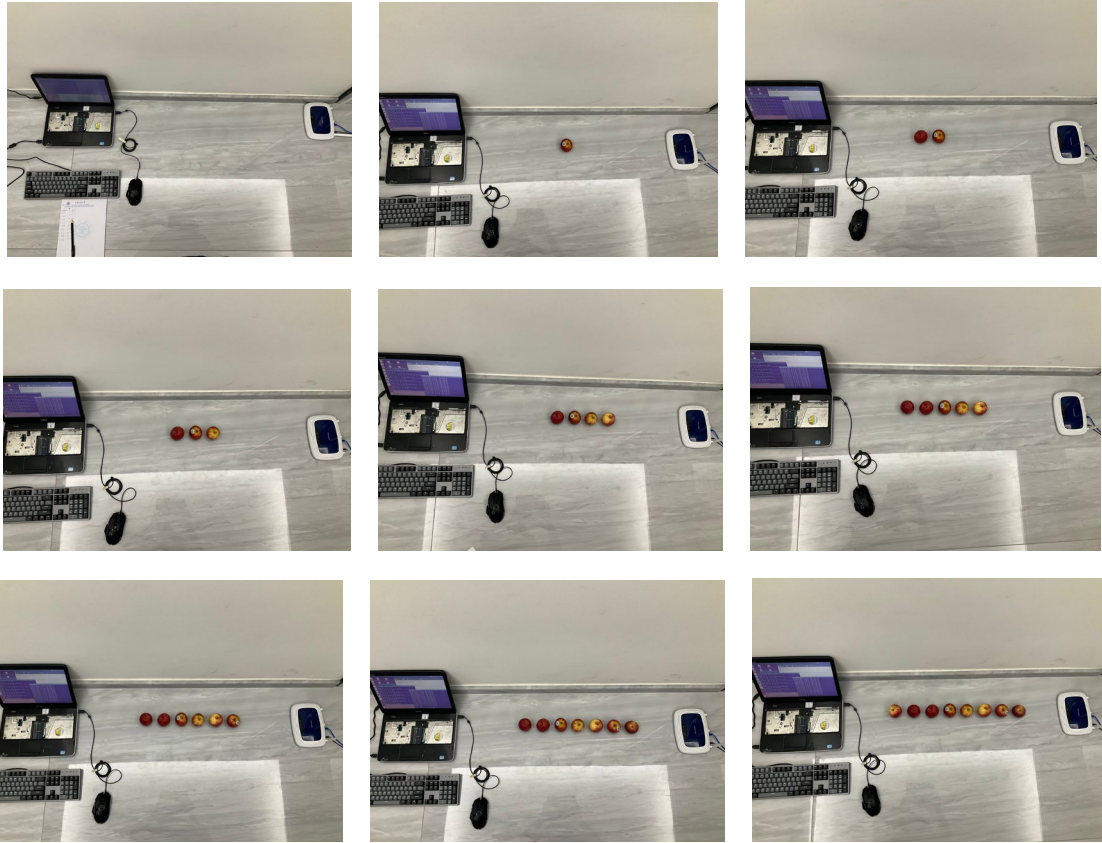


图 2. 补充内容 1 实验布置（加力果）

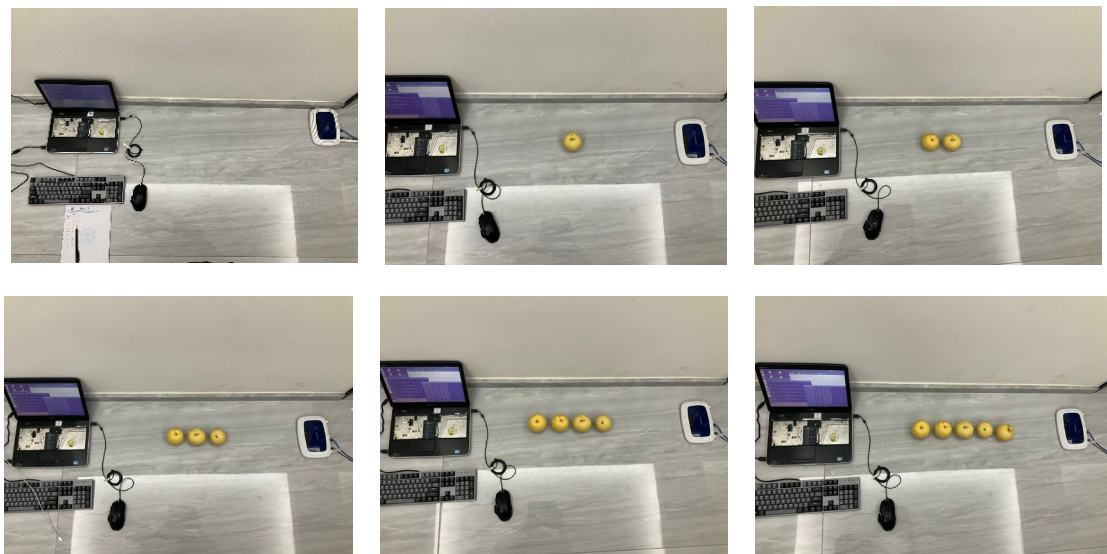




图 3. 补充内容 1 实验布置（梨子）

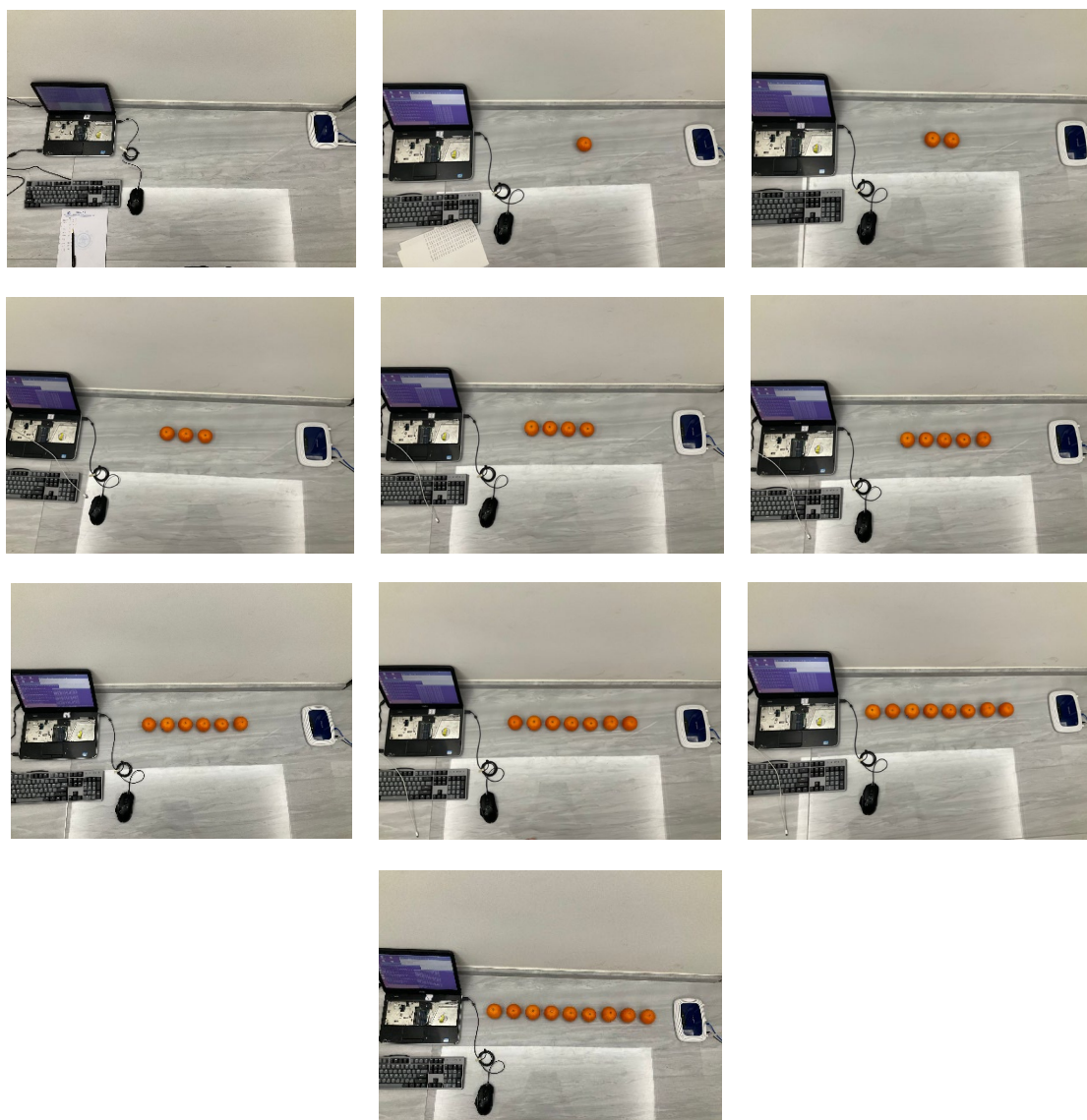


图 4. 补充内容 1 实验布置（桔子）

实验数据结果、图和对应分析：

1. 经过资料的查询，每 100g 苹果切片中约含 68g 水，加力果与苹果类似，梨子为 71g，桔子仅为 54g，故苹果与加力果的差别主要体现在大小上，梨子与苹果的差别主要体现在含水量上，桔子与加力果的差别主要体现在大小上；

2. 图 5 中的 1 代表加力果的相位差折线图（所有数量），2 代表加力果的波幅折线图（所

有数量），3 代表加力果的波幅折线图（仅到可辨别的最大数量）；图 5 中的 4 代表梨子的相位差折线图（所有数量），5 代表梨子的波幅折线图（所有数量）；图 5 中的 6 代表桔子的相位差折线图（所有数量），7 代表桔子的波幅折线图（所有数量），8 代表桔子的波幅折线图（仅到可辨别的最大数量）；

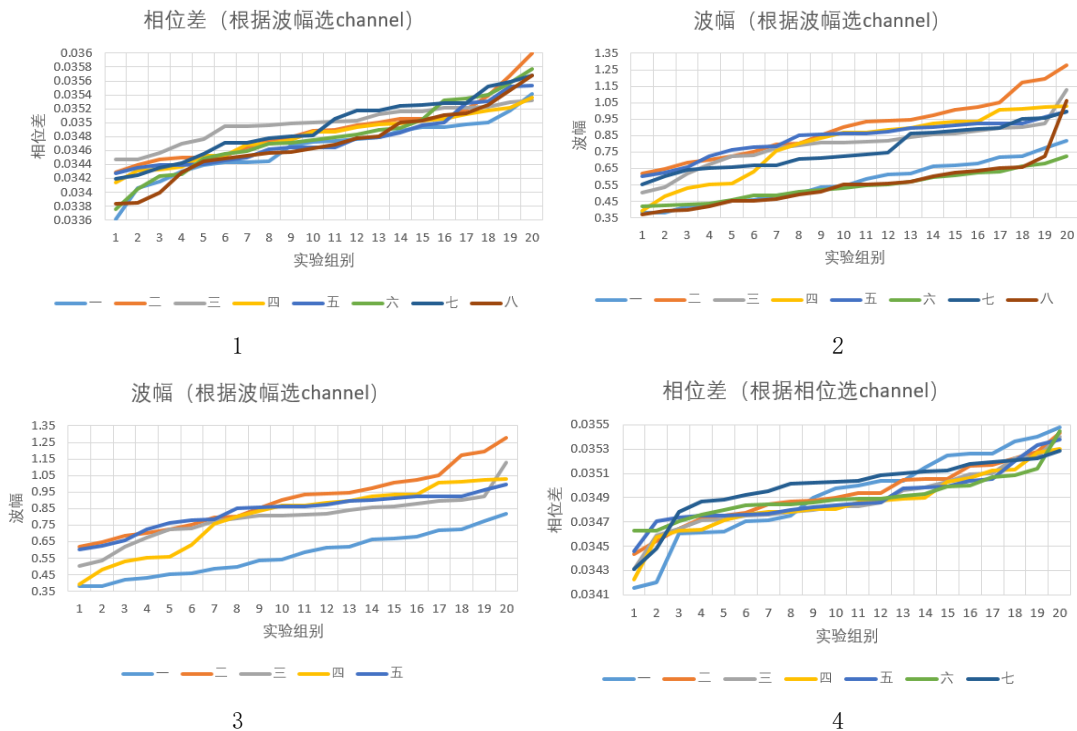
3. 我们首先观察图 5-1、图 5-4、图 5-6 的 3 种水果的相位差曲线，与内容 1 的测量相近，即当水果的排列与发射源、接收端呈一条直线时，对于同一种水果，数量对相位差曲线几乎没有影响；

4. 其次观察图 5-2 至图 5-3，我们不难发现，在简单排除一些极端大与极端小的数据后，5 个、6 个、8 个加力果的波幅曲线极其接近，难以辨别，7 个加力果的曲线则与 3 个的波幅曲线相近，难以辨别，剩余的波幅曲线中 1 个、2 个、4 个清晰可分，3 个与 5 个的波幅曲线较为接近，而即使相位差曲线较为接近，3 个加力果的相位差曲线较其它数量的相位差曲线较高，可由此对 3 个与 5 个加以甄别，最终得到 LoS 对加力果的辨别上限为 5 个；

5. 其次观察图 5-5，我们不难发现，在简单排除一些极端大与极端小的数据后，1 个、2 个、3 个、4 个、6 个梨子的波幅曲线清晰可分，5 个与 7 个梨子的波幅曲线较为接近，但也有一定区分度，我们可以依靠相位差曲线的差别加以甄别，最终得到 LoS 对梨子的辨别上限为 7 个；

6. 最后观察图 5-7 至图 5-8，我们不难发现，在简单排除一些极端大与极端小的数据后，2 个、5 个桔子的波幅曲线清晰可分，我们因此删去这两条曲线观察其它曲线，当数量为 1 个、3 个、4 个时，波幅曲线可以在加大精度下正常区分，但当数量 ≥ 6 个后，波幅曲线开始与前 3 者曲线重合，区分度降低，当 6 个时，其波幅曲线与 3 个时较为接近，但可以依靠 6 个的相位差曲线始终在 3 个的相位差曲线的下方稍作辨别，但到 7 个及以上时，完全无法依靠波幅与相位差曲线进行区分（均接近且交叉没有固定规律），因此最终得到 LoS 对桔子的辨别上限为 6 个。

Tips:具体处理结果数据见 gala_apple.xlsx、pear.xlsx、orange.xlsx



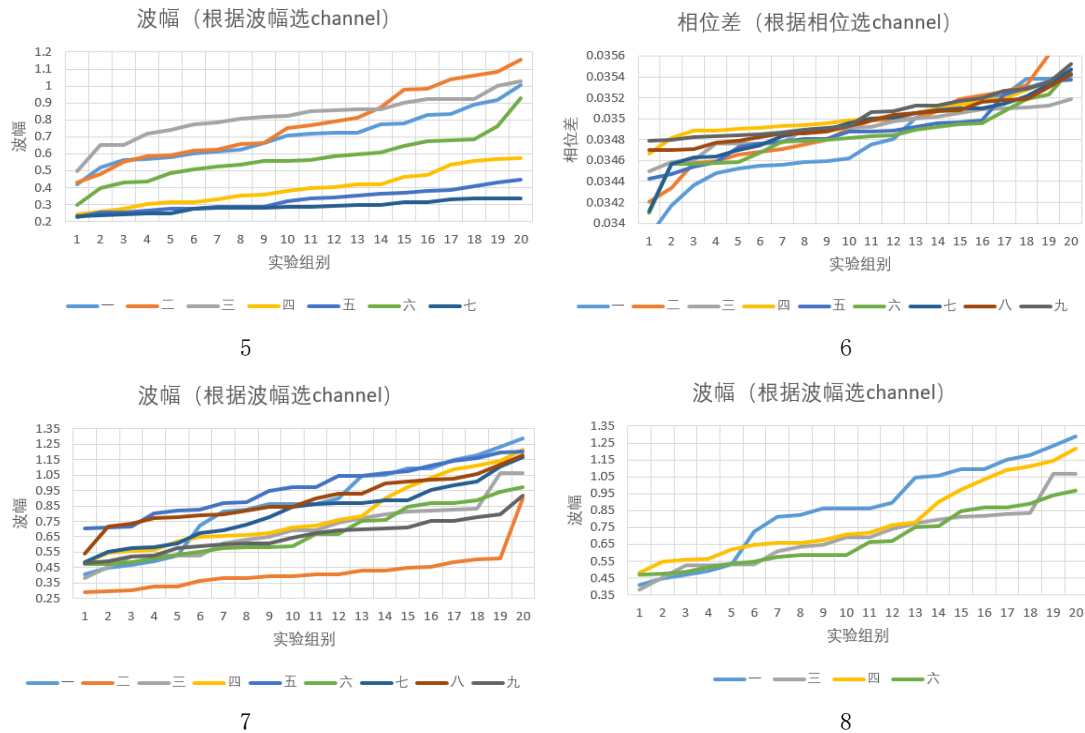


图 5. 补充内容 1 数据结果曲线

结论：不同种类的水果，其在 LoS 中的辨别极限不同，大小不同含水量相同的加力果与苹果辨别极限相同，这说明大小不是辨别极限的主导因素（但应当也有一定关联）；而不同含水量的梨子、苹果、桔子的辨别极限各不相同，这说明水果的含水量是影响辨别极限的主导因素之一。

补充内容 2（先前内容 8 中苹果只达到较为初步的失水，对苹果进行破坏处理，更易腐坏，观察辨别效果）

实验布置：相距 1m 的接收端与发射源、新鲜的同品种苹果（特级富士）、腐烂的同品种苹果（特级富士，如图 6-1）、以放置于两者中间

实验过程：（实验图如下所示）

1. 首先放入 4 个新鲜的苹果（保证水果排布与接收端、发射源呈现直线，且水果排布的中心在发射源与接收端连线的中点），进行 csi 数据与对应发射信号强度的采集，采集 20 组作为对照组；
2. 取出 1 个新鲜的苹果，用 1 个腐烂的苹果替代（保证水果排布与接收端、发射源呈现直线，且水果排布的中心在发射源与接收端连线的中点），进行 csi 数据与对应发射信号强度的采集，采集 20 组；
3. 重复步骤 2 至全部变为腐烂的苹果并进行测量 csi 数据与对应发射信号强度的采集，采集 20 组（见图 6-2 至图 6-5，由于没有足量的放置过的特级富士，所以没有做 4 个腐烂的苹果的实验组）；
4. 将水果总数变为 3，再重复步骤 1-3（见图 6-6 至图 6-9）；
5. 将水果总数变为 2，再重复步骤 1-3（见图 6-10 至图 6-12）；
6. 将水果总数变为 1，再重复步骤 1-3（见图 6-13 至图 6-14）；



1



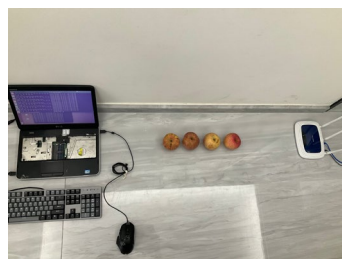
2



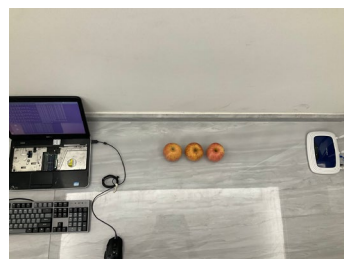
3



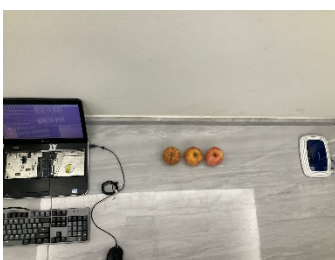
4



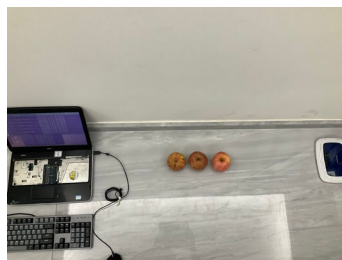
5



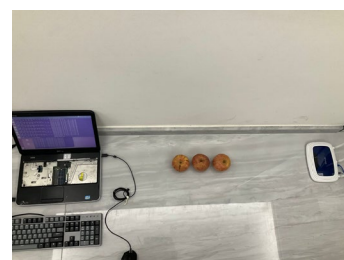
6



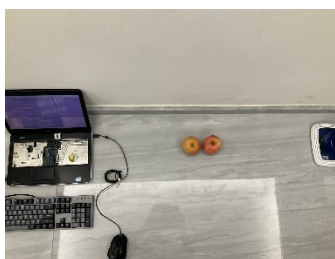
7



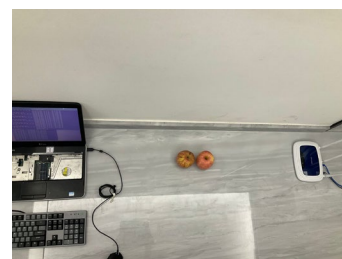
8



9



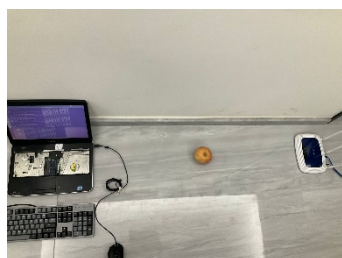
10



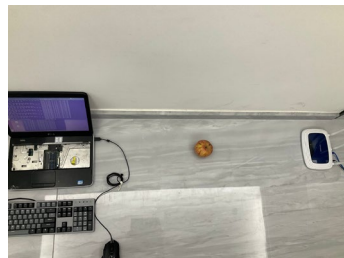
11



12



13



14

图 6. 补充内容 2 实验布置

实验数据结果、图和对应分析：

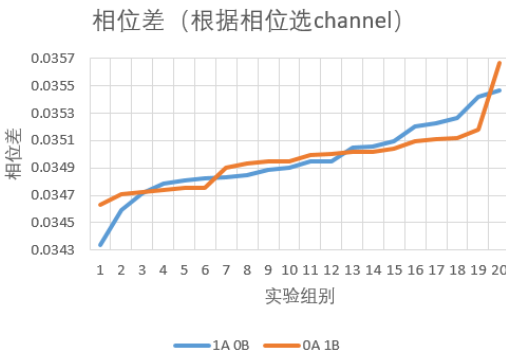
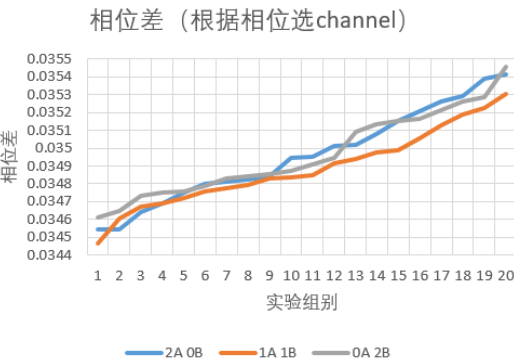
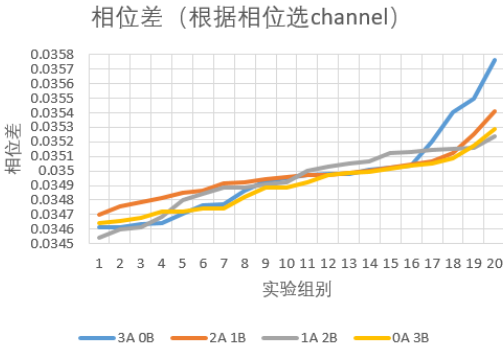
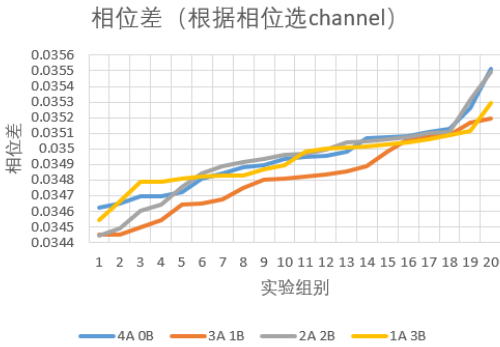
1. 图 7 中的 1 代表苹果总数为 4 时的相位差折线图，2 代表苹果总数为 3 时的相位差折线图，3 代表苹果总数为 2 时的相位差折线图，4 代表苹果总数为 1 时的相位差折线图；5 代表苹果总数为 4 时的波幅折线图，6 代表苹果总数为 3 时的波幅折线图，7 代表苹果总数为 2 时的波幅折线图，8 代表苹果总数为 1 时的波幅折线图（其中 A 代指新鲜的苹果，B 代指腐烂的苹果）；

2. 首先观察图 7-1 至图 7-4，发现当苹果总数 ≥ 2 时，排除极端大小的值，当苹果数量相同时，不同组合的相位差曲线极其相近，无法区分，即使苹果总数为 1 时，两曲线虽然可以辨别，但依然相差不大；

3. 再观察图 7-5 至 7-8，发现在去除一些极端值后，苹果总数为 1 时可以按照波幅区分开两种情况；当苹果总数为 2 时，可以清晰辨别 2A，1A1B 与 2B 虽然可以分辨，但是较为接近；当苹果总数为 3 时，可以清晰辨别 3A 与 2A1B，1A2B 与 3B 这两组，但是两组内曲线较为接近；当苹果总数为 4 时，只能清晰辨别 1A3B 这一组合，其他组较为接近；

4. 综上，我们大约能在苹果总数 ≤ 2 时分辨所有组合，但在苹果总数 ≥ 3 时，只能辨别其中的一些组合。

Tips: 具体处理结果数据见 answer8_extra.xlsx



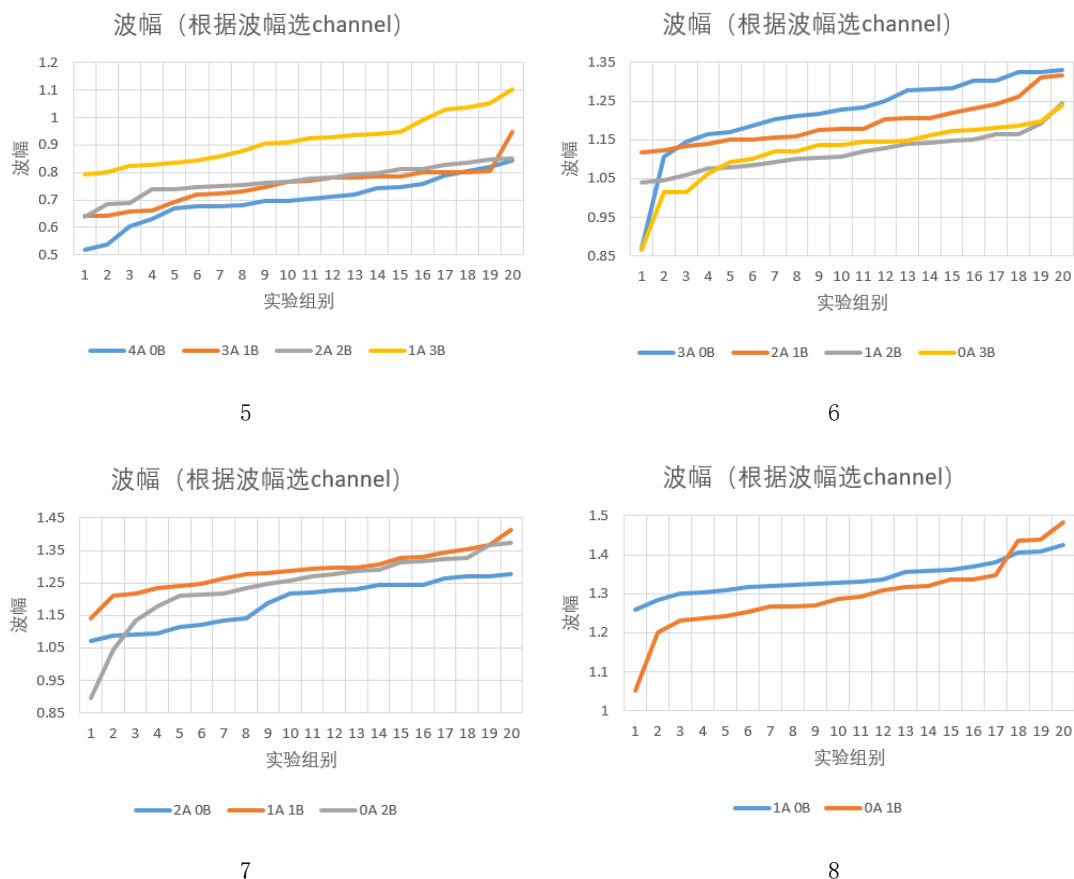


图 7. 补充内容 2 实验数据结果曲线

结论: 如果是同种水果, 即使处于不同的新鲜状态, 我们依然可以用 LoS 信息进行甄别, 但是会比水果种类、品种带来的差异要小, 导致感知极限仅能达到 2 个苹果的程度

补充内容 3(为暑期实习内进行的所有内容进行总结归纳, 对部分数据图进行重新整理归纳)

1. 对内容 2 与内容 3 的数据整合:

最终整合为 6 个苹果排列的相位差曲线图与波幅曲线图

Tips: 具体处理结果数据见 answer2+3.xlsx

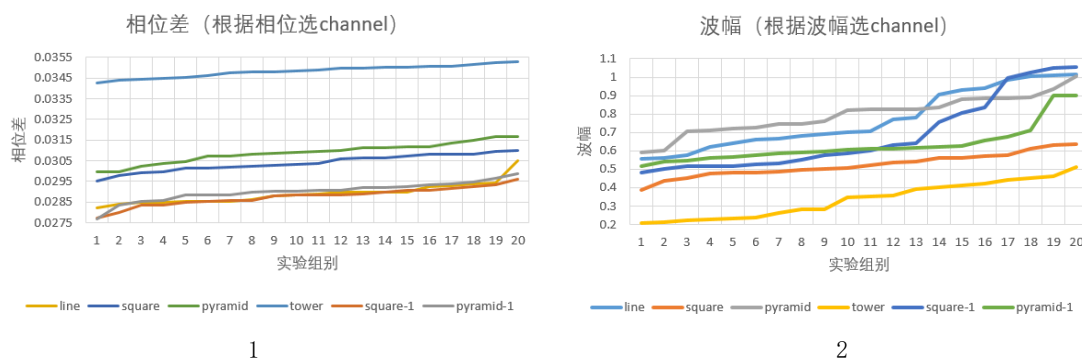


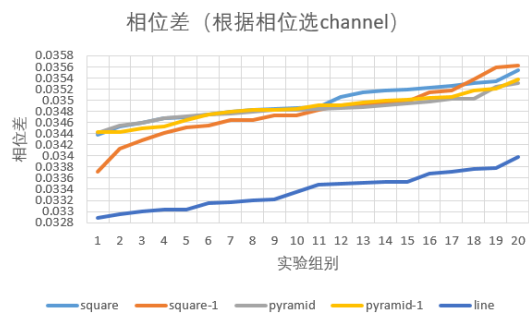
图 8. 补充内容 3-1 实验数据结果曲线

2. 对内容 5 中有效可辨别的苹果排列的数据整合:

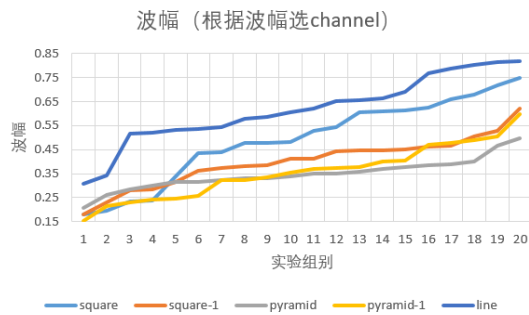
最终整合为薄纸箱与瓦楞纸箱 6 个苹果排列的相位差曲线图与波幅曲线图;

图 9-1 至图 9-2 为薄纸箱相关数据, 图 9-3 至图 9-4 为瓦楞纸箱相关数据。

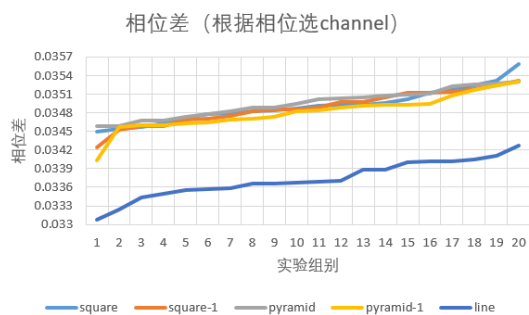
Tips: 具体处理结果数据见 answer5_shape_sub.xlsx



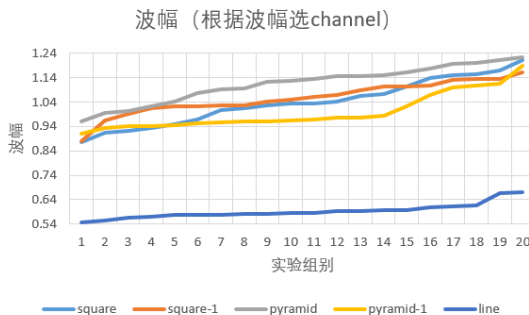
1



2



3



4

图 9. 补充内容 3-2 实验数据结果曲线