

随机过程在数字图像处理中的应用

——2018 春季随机过程理论课程探究性作业

李** 袁** 陈**

摘要

随机过程理论看似距离我们的日常生活非常遥远。但实际上，随机过程可以说是无处不在。随机过程理论为各个工程领域提供了极为重要的理论支持。在图像处理、通信工程、系统分析等等领域，随机过程理论都起到了举足轻重的作用。本文选择了随机过程的在图像处理方面，深入探究了随机过程在图像处理领域的价值。

从实际生活的需求中出发，本文逐步分析了随机过程在图像处理的各个环节的具体应用。首先，在图像的数字化过程中，通过仿真实际生活中的图像信号，探究了实际图像信号表示的随机性；随后，在图像噪声的数字化过程中，通过仿真不同类型的噪声，如高斯噪声、椒盐噪声、泊松噪声，探究了噪声信号的随机性、统计特征；最后，利用随机过程通过线性系统的相关知识，探究了均值滤波处理图像的基本原理，并分析了均值滤波在图像去噪方面的不足。

关键词：随机过程；图像去噪；均值滤波

Abstract

The theory of stochastic processes seems to be very far away from our daily life. However, it plays an important role in the development of modern technology. The stochastic process theory provides important theoretical support for various engineering technology. For image processing, communication engineering, system analysis as well as many other fields, the theory of stochastic process theory has been indispensable. This paper deeply explores the relationship of the stochastic process and the image processing field.

Starting from the image processing widely used in daily life, this paper has gradually analyzed the specific applications of stochastic process in various key aspects.

First of all, this paper explores the Randomness of digital signal of image. Through the simulating the image signal in real life, the paper explores randomness of image signal in real life.

Subsequently, in the paper, different types of noise are simulated, such as Gaussian noise, salt and pepper Noise and Poisson noise were investigated for the randomness and statistical characteristics of the noise signal.

Finally, by using the knowledge of the linear system through a random process, the basic principle of the mean filter image processing was explored, and the advantages and disadvantages were explored in this paper.

Keywords: random process; image denoising; mean filtering

目录

摘要.....	ii
一、问题背景.....	1
二、问题重述.....	2
三、随机过程在图像的数字化中的应用	3
3.1 图像的数字化过程.....	3
3.2 确定性信号和随机过程用于图像的描述.....	3
3.3 图像数字化仿真.....	3
3.3.1 理想情况下图片的量化实验.....	3
3.3.2 符合实际情况的图片的量化实验.....	4
3.4 小结.....	6
四、随机过程在图像的噪声分析中的应用	7
4.1 图像噪声的定性分析.....	7
4.2 图像噪声的定量分析.....	9
4.2.1 高斯噪声.....	9
4.2.2 椒盐噪声.....	10
4.2.3 其他类型的噪声	11
4.3 小结.....	11
五、随机过程在图像处理中的应用	13
5.1 图像处理与随机过程的关系.....	13
5.2 均值滤波器.....	13
5.3 利用均值滤波来去除图像噪声	15
5.4 小结.....	18
六、科学家和科学家精神.....	19
6.1 何恺明.....	19
6.1.1 何恺明的成就.....	19
6.1.2 何恺明的人生经历	20
6.1.3 何恺明对我们的启示.....	21
6.1.4 暗通道去雾算法仿真实现.....	22

6.2 淦创.....	24
6.2.1 淦创的成就.....	24
6.2.2 淦创的研究经历.....	25
6.2.2 淦创对我们的启示.....	26
七、感想总结.....	28
7.1 小组总结.....	28
7.2 李友祺个人总结.....	30
7.3 袁玉霖个人总结.....	32
7.4 陈璐怡个人总结.....	34
八、版本更替.....	36
8.1 第一版.....	36
8.2 第二版.....	36
8.3 第三版.....	37
8.4 第四版.....	37

一、问题背景

图像处理就是对图像信息进行加工处理，以满足人的视觉心理和实际应用的要求。人类获取外界信息有视觉、听觉、嗅觉、味觉等多种方法，但绝大部分是来自视觉所接受的图像信息，即所谓的“百闻不如一见”。早期的图像处理多为光学方法，如照相机、全息照相技术等。但由于这种方法处理精度不高、稳定性差、设备笨重、操作不便从而限制了他们的发展。

自 20 世纪 60 年代开始，随着计算机和其他高速、大规模集成数字硬件的发展，我们可以利用计算机对从图像信息转换来的数字电信号进行数字运算或处理。这些处理包括：对被噪声污染的图像去除噪声；对信息微弱的图像进行增强处理；对失真的图像进行几何校正；从遥感图片中辨别农作物、森林、湖泊等等。这种该方法处理精度高且比较灵活，因此得到了广泛的应用。

二、问题重述

由于数字图像处理即为对从图像转换来的数字电信号进行运算或处理。因此我们需要先对图像进行数字描述即如何将图像转化为电信号。那么相应的去噪处理、增强处理、几何校正就变成了电信号通过线性或非线性系统。

三、随机过程在图像的数字化中的应用

3.1 图像的数字化过程

将图像数字化过程就是将图像蕴含的信息调制在电信号上。那么如何量化图像蕴含的信息呢？我们联想到要表示一条语音信号，只要找出各个时刻对应声音响度的大小就可以完整表示语音信号，我们能否找到一种类似于“响度”的量，并将这个量调制到电信号上来将图像数字化呢？

亚里士多德说过：“要想获得科学，必须从字母学起。”这启发我们解决一个复杂的科学问题，可以从最简单的情况着手。最简单的图像就是黑白图像，黑白图像最简单的情况就是一个黑白的点。转化到这一步我们就可以很明显的看到，一个黑白点图像蕴含的信息实际上就是它的“黑的程度”，也就是灰度。而图像又可以看成一个二维点阵列，因此图像的信息蕴含在二维点阵列的灰度中。我们把这种灰度转化成电信号的幅度。就可以将图像数字化。

3.2 确定性信号和随机过程用于图像的描述

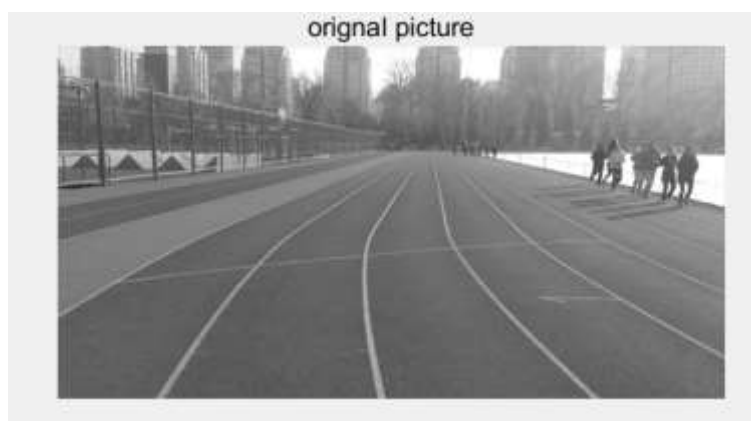
基于上述图像数字化过程的描述，我们发现对于一副图像，每一点的灰度是确定的，因此转化出的电信号应该是一个确定性信号。对图像的处理也应该是确定性信号的处理。但这不是实际的情况。在实际中，往往由于天气情况、光照强度变化等影响，对同一个地点进行拍照，得到的每一点灰度往往是随机的，阴天灰度低，晴天灰度高，到了雾霾天可能变成模糊一片，因此转化过来的电信号在任一时刻的幅度值都是一个随机变量，也就是说图像的数字化得到的信号用随机过程来描述才更符合实际的情况和应用。

3.3 图像数字化仿真

3.3.1 理想情况下图片的量化实验

在不考虑天气等因素的理想情况下，对同一个地点采集的照片无论何时都是相同的，我们将其进行量化观察其对应的量化值。

将北航田径场的一张彩色照片转化为黑白照片，如下图：



多次运行仿真读出该图片各点对应的灰度的量化数值：

第一次：（以 1 至 27 列的部分量化值为例）

216	221	223	224	224	224	224	224	224	224	225	224	225	226	226	226	226	226	226	217	211	215	203	170	166	168	168
220	226	227	228	228	228	229	229	228	228	229	228	229	229	229	227	230	230	212	166	162	162	138	123	123	122	120
223	228	228	229	228	229	229	229	229	230	230	229	230	230	230	231	229	231	204	144	141	142	137	132	137	135	131
224	229	230	231	230	231	231	231	232	232	232	230	231	231	232	231	231	234	213	152	143	144	138	134	139	137	133
225	230	231	232	231	232	232	232	233	233	232	231	232	232	233	231	233	235	211	150	144	143	133	129	130	131	128
224	228	229	229	229	230	231	231	231	232	232	231	232	234	232	233	233	234	208	145	142	142	134	130	134	133	130

第二次：（取 1 至 27 列的相同部分量化值）

216	221	223	224	224	224	224	224	224	224	225	224	225	226	225	226	226	225	226	217	211	215	203	170	166	168	168
220	226	227	228	228	228	229	229	228	228	229	228	229	229	227	230	230	230	232	166	162	162	138	123	123	122	120
223	228	228	229	228	229	229	229	229	229	230	229	230	230	230	231	229	231	204	144	141	142	137	132	137	135	131
224	229	230	231	230	231	231	231	232	232	232	230	231	231	232	231	231	234	213	152	143	144	138	134	139	137	133
225	230	231	232	231	232	232	232	233	233	232	231	232	232	233	231	233	235	211	150	144	143	133	129	130	131	128
224	228	229	229	229	230	231	231	231	232	232	231	232	234	232	233	233	234	208	145	142	142	134	130	134	133	130

第三次：（取 1 至 27 列的相同部分量化值）

216	221	223	224	224	224	224	224	224	224	225	224	225	226	226	226	226	226	226	217	211	215	203	170	166	168	168
220	226	227	228	228	228	229	229	228	228	229	228	229	229	229	227	230	230	212	166	162	162	138	123	123	122	120
223	228	228	229	228	229	229	229	229	230	230	229	230	230	230	231	229	231	204	144	141	142	137	132	137	135	131
224	229	230	231	230	231	231	231	232	232	232	230	231	231	232	231	231	234	213	152	143	144	138	134	139	137	133
225	230	231	232	231	232	232	232	233	233	232	231	232	232	233	231	233	235	211	150	144	143	133	129	130	131	128
224	228	229	229	229	230	231	231	231	232	232	231	232	234	232	233	233	234	208	145	142	142	134	130	134	133	130

.....

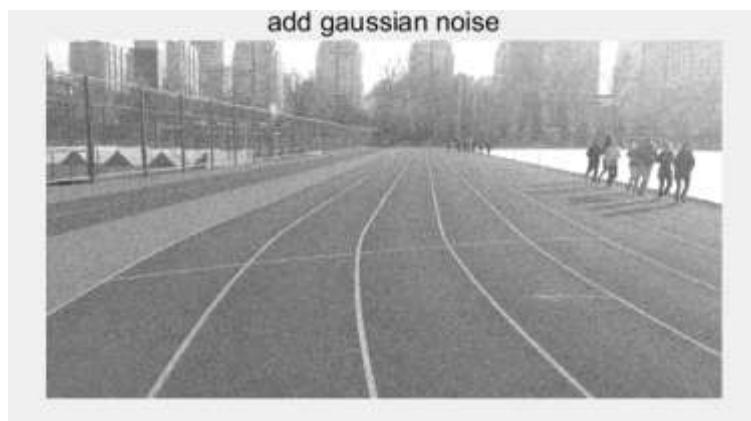
经过多次运行仿真，我们发现同一副图片的灰度的量化值不管运行多少次都不会改变，因此对于一张确定的图片，可以转化成一个确定的电信号。

3.3.2 符合实际情况的图片的量化实验

但在实际生活中，我们对于同一个地点采集的图片会受天气因素的影响，也就是采集到的图片信息会混入噪声，在这种情况下我们对采集到的图片进行量化，观察对应量

化值：

将北航田径场的照片加入均值为 0.1，方差为 0.002 的高斯噪声，得到混入噪声的照片如下：



多次运行仿真，观察其量化值：

第一次：（取 1 至 27 列的部分量化值为例）

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	235	255	255	255	244	243	241	255	255	248	243	239	255	234	255	247	235	240	247	238	245	232	238	188	197	181	199
2	255	253	241	252	234	251	254	255	237	244	239	242	252	240	245	255	255	238	230	200	170	174	139	151	128	139	139
3	250	254	247	246	250	239	255	255	255	251	251	236	255	255	255	232	255	247	212	161	199	168	170	155	149	161	154
4	255	252	240	253	255	255	243	249	254	252	255	254	248	255	255	255	255	243	247	180	177	160	157	168	150	168	148
5	252	255	255	255	255	251	252	228	255	248	255	255	255	249	255	249	243	255	248	188	157	162	160	155	141	172	132
6	217	255	255	243	254	246	255	255	255	255	250	246	255	255	255	252	255	254	232	163	164	160	166	152	168	154	150

第二次：（取 1 至 27 列相同部分的量化值为例）

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	230	255	255	255	241	255	255	239	245	250	241	255	254	255	255	255	243	255	243	231	236	231	226	197	209	193	199
2	255	244	240	237	255	255	241	224	250	243	238	254	255	238	255	255	243	244	238	177	191	174	163	152	147	147	142
3	233	255	255	249	255	247	255	255	232	255	254	255	255	252	253	249	249	255	227	177	173	195	151	180	173	161	151
4	255	241	251	231	251	255	255	255	250	237	242	255	255	246	255	255	251	255	241	179	169	190	171	155	170	164	168
5	234	245	255	255	249	255	244	255	255	248	255	255	251	249	255	255	255	255	219	173	180	172	136	151	147	139	140
6	255	245	245	255	255	254	255	241	255	250	244	247	255	255	255	248	255	251	223	179	179	169	165	167	144	143	166

对比第一次仿真我们发现，在第一行除了第 2、3、4、15 列的量化值没有发生变化之外，其他大部分量化值均发生了变化。

第三次：（取 1 至 27 列相同部分的量化值为例）

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	243	255	253	255	230	249	255	255	255	253	254	251	255	255	255	248	245	254	235	245	240	245	241	195	193	192	183
2	255	246	232	255	246	240	255	250	240	255	251	249	255	255	254	255	255	254	237	176	193	171	183	121	166	133	132
3	226	249	253	244	255	238	252	255	249	240	255	255	255	250	255	255	255	247	243	158	158	174	169	159	168	165	165
4	242	253	254	253	247	255	255	255	238	253	255	255	255	249	255	255	255	255	255	180	175	170	155	140	166	182	163
5	242	255	245	252	234	249	255	255	255	248	255	255	255	249	251	235	242	246	224	168	160	162	148	149	147	142	166
6	252	253	245	255	255	255	237	255	253	255	255	242	255	255	255	240	251	255	229	175	155	146	176	160	145	162	137

对比第一次仿真和第二次仿真我们发现，仅就第一行而言，大部分量化值发生了变

化。

.....

由此我们可以看出在实际生活中，由于受到噪声的影响，图像每一个点的量化值是一个随机变量，因此转化出来的电信号是一个随机过程。所以在实际的数字图像处理中，我们应该进行的是随机过程的分析而不是确定信号的分析。

3.4 小结

从对图像的数字化描述我们可以看出，处理一个复杂的问题可以先选择一种最简单的情况在理想的情况下对这个问题进行研究，并建立一般的模型。然后考虑实际情况与理想情况有什么区别，对建立的模型有什么影响，再对模型进行修正。最后，再将模型推广到一般的情况下，使它能够普遍广泛的得到应用。

这种由浅入深逐渐挖掘的思想，在很多学科的发展中都得到了体现。比如：在信息论的建立过程中，最广泛的一般的信源是有记忆的且是连续的。创始人香农没有从一开始就研究这么复杂的信源，他从最简单的离散无记忆信源入手，对信源的信息量以及信道进行描述。弄清楚这个最简单的信源后，他又深入的研究了离散有记忆信源（如马尔可夫信源），连续信源从而建立了信息论，开启了新的时代。

这也启发我们在遇到一个非常复杂的不知道从哪儿开始着手的问题的时候，先将这个问题化为最简单的情况然后再逐步深入解决。就比如在我们参加比赛的时候，需要将四个数据分组，打成一个数据包从单片机发送给 FPGA，这听起来很难。但我们可以先做到将数据能够成功的从单片机发送到 FPGA，然后再想办法加一个标志，能够让 FPGA 识别出哪四个数据是一组就能够完成这个任务了。

四、随机过程在图像的噪声分析中的应用

4.1 图像噪声的定性分析

根据先定性分析再定量分析的科学方法。我们首先从感官上直观的感受一下噪声的特点。我们用 MATLAB 在北航的新主楼照片上加入各种噪声进行观察：

原图如下：



北航新主楼黑白照片

对原图加入均值为 0.1，方差为 0.002 的高斯噪声观察：



北航新主楼原图加入高斯噪声

对原图加入均值为 0.5，方差为 0.02 的高斯噪声观察：



北航新主楼原图加入高斯噪声

对原图加入密度为 0.02 的椒盐噪声进行观察：



北航新主楼原图加入椒盐噪声

对原图加入泊松噪声进行观察：



北航新主楼原图加入泊松噪声

通过以上实验对噪声的观察，我们发现：噪声在图像上通常表现为引起较强视觉效果的孤立像素点或像素块。一般，噪声信号与要研究的对象不相关，它以无用的信息形式出现，扰乱图像的可观测信息，给图像分析带来困难。当噪声较大时甚至可以淹没图像特征，使图像的信息完全丧失。从直观上感受，图像噪声具有以下特点：

1. 噪声在图像中的分布和大小不规则，具有随机性。

2. 噪声与图像之间一般具有相关性。例如，摄像机的噪声和信号相关，黑暗部分噪声大，明亮部分噪声小。

3. 尽管噪声分布和大小具有不规则和随机的特点，但是我们从图片上发现噪声的整体分布具有一定的规律。例如：第二幅图中噪声在整张图片中呈现出均匀的特性；第四幅图中噪声呈现出部分像素点尤为强烈的特点。

从直观上对噪声的观察，我们初步可以得出这样的结论：我们不能用确定性信号来描述噪声，因为他具有随机性和不规则性，转化成的电信号不可能是一个确定的信号。尽管噪声是随机的，但其整体上呈现出一定的分布规律。我们可以用概率分布、均值、方差等数字特征来描述噪声。因此将图像噪声转化成的电信号看成是随机过程是合适的。但经过探究我们发现，在很多情况下，用概率分布函数和概率密度分布函数来描述噪声过于复杂，实际应用往往也不必要，所以我们决定用其数字特征，即均值方差、相关函数等来描述噪声。这些数字特征也都可以从某些方面来反映出噪声的特征。例如，我们可以用均方值 $E[R^2(\cdot)]$ 来描述噪声的总功率，用方差 $E[(R(\cdot) - E[R(\cdot)])^2]$ 来描述噪声的交流功率，用均值的平方 $(E[R(\cdot)])^2$ 来描述噪声的直流功率，等等。

4.2 图像噪声的定量分析

通过以上分析，我们用概率密度函数来描述图像噪声的统计模型。

4.2.1 高斯噪声

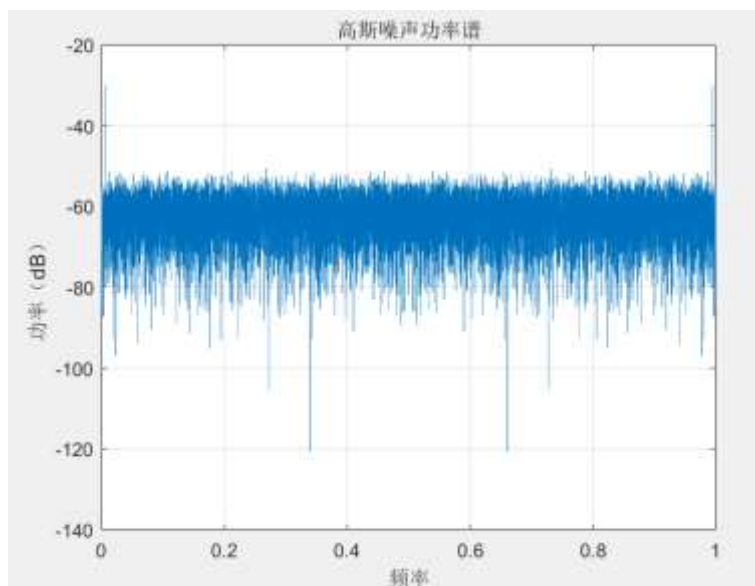
所谓高斯噪声是指它的概率密度函数服从高斯分布（即正态分布）的一类噪声。高斯噪声也称为正态噪声，由于高斯噪声在空域和频域中数学上的易处理性，因而它在图像处理中是应用最广泛的一种图像噪声模型。

高斯噪声的概率密度函数由下式表示：

$$P(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(z-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

其中 z 表示灰度值， μ 表示 z 的平均值或期望值， σ 表示标准差， σ^2 表示 z 的方差。

用 matlab 画出其功率谱如下图所示：



高斯噪声功率谱

由图可以看出，高斯噪声的功率谱密度是均匀分布的，故称它为高斯白噪声。高斯白噪声的二阶矩不相关，一阶矩为常数，这是指先后信号在时间上的相关性。高斯白噪声包括热噪声和散粒噪声。在通信信道测试和建模中，高斯噪声被用作加性白噪声以产生加性白高斯噪声。

4.2.2 椒盐噪声

椒盐噪声主要表现在成像中的短暂停留，例如电视图像中的雪花点状噪声。

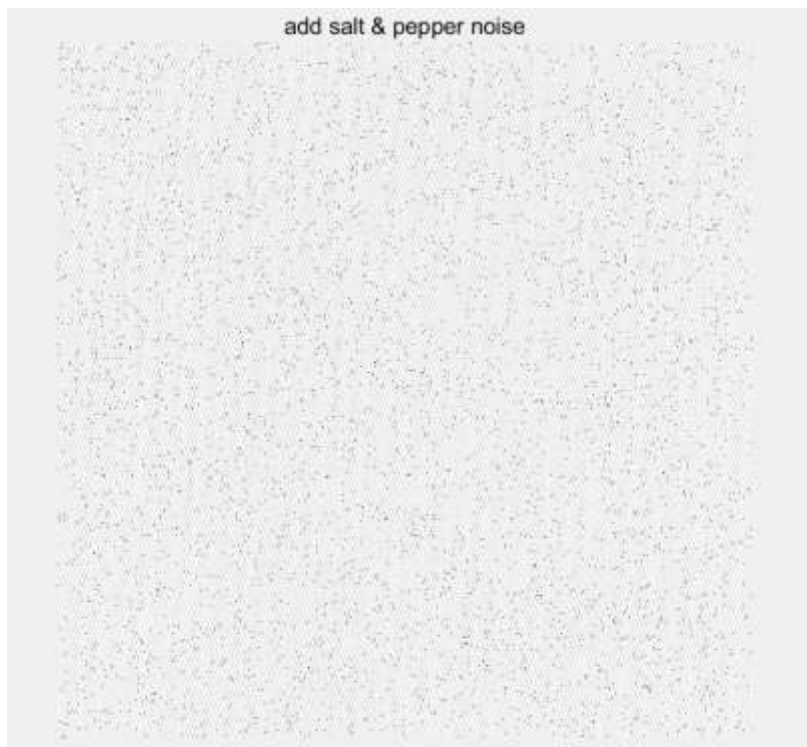
椒盐噪声的概率密度函数由下式给出：

$$P(z) = \begin{cases} P_a & z = a \\ P_b & z = b \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

如果上式中的 P_a 和 P_b 均不为零，称为双极脉冲噪声。例如 $b > a$ ，那么灰度值 b 在图像中将显示为一个亮点，值 a 将显示为一个暗点。这时，双极脉冲噪声就像是随机分布

在图像上的胡椒粉和盐粉颗粒。若上式中的 P_a 和 P_b 有一个为零,则称之为单极脉冲噪声。

用 MATLAB 观察椒盐噪声:



椒盐噪声

根据椒盐噪声的定义和分布特点,我们不难发现椒盐噪声转化成的随机过程是一系列二元值随机变量 $\{0, A\}$ 的集合。

4.2.3 其他类型的噪声

除了以上两种噪声之外,还有很多种噪声,其转化成的电信号也是随机过程。如:“瑞利噪声”、“伽马噪声”、“指数噪声”等。这里不再赘述。

4.3 小结

通过以上对噪声的描述过程,我们处理了另一种问题。那就是当某一个个体是变化的、不确定的,个体的研究对我们的时间没有指导意义的时候,们可以观察大量这样的个体,从整体上对其数字特征进行描述。也就是用统计的观点来处理问题。这个观点贯穿了我们学习的各门课程中。

在统计热力学中我们引入了熵来描述一个系统的杂乱程度。在信息论中我们通过信

息熵来描述信源包含的信息量，也就是信源的平均不确定度。在高频电路中，我们通过平均噪声功率来描述由于电阻内分子运动而引入电路内部的热噪声等等。这是另一种描述问题的思路。我们正是靠着确定事件的函数描述和不确定事件的整体数字描述建立了现代科学的体系。

五、随机过程在图像处理中的应用

在实际应用中，受天气等各种因素的影响，我们得到的图像中往往混入了噪声，需要对其进行滤波。或者出于某种目的我们想要增强图像的整体或者局部特性，将原来不清晰的图像变得清晰或强调某些感兴趣的特征，扩大图像中不同物体特征之间的差别，抑制不感兴趣的特征，使之改善图像质量、丰富信息量。这些都称为图像处理。

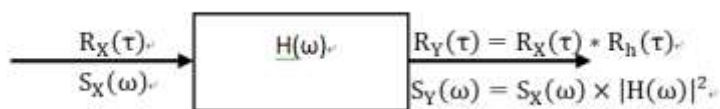
5.1 图像处理与随机过程的关系

图像处理可以看成是一幅图像经过一个系统变换生成的结果：

$$f(x,y) \rightarrow h(x,y) \rightarrow g(x,y)$$

如果系统 $h(x,y)$ 满足一定的条件：齐次性、可加性和时不变性，就成为了线性时不变系统。一般而言，我们都将图像处理系统看成为线性时不变系统，那么所有线性系统的理论都可以拿来使用。

根据前面的分析，图像信号是一个随机信号。再加上一般数字图像处理的计算方法本质上都可以看成是线性的，处理后的输出图像信号可以看成是输入图像信号经加权得到。因此图像处理可以看成是随机过程通过线性系统。



在实际运用中，我们只需要知道我们的目标输出图像信号是什么样的，那么根据输入和输出就可以设计出符合我们要求的线性系统。根据我们学到的随机过程的知识，我们在设计的时候可以利用频谱法和时域法两种方法来辅助设计，时域法在这里对应于二维空间域。

5.2 均值滤波器

均值滤波的方法是对图像上的每一个像素点的灰度值都用其邻域内的灰度值的平均值来代替。其公式如下所示：

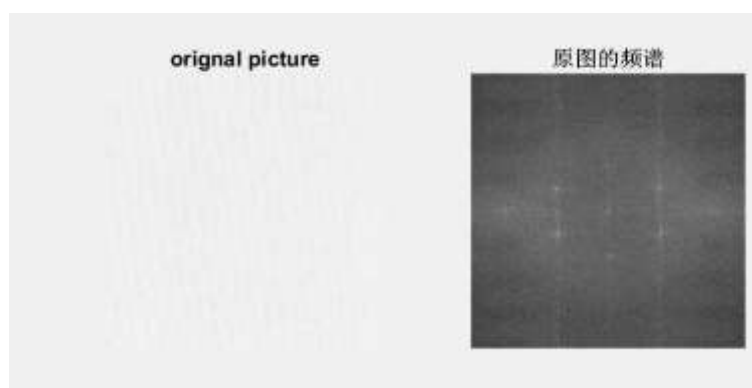
$$g(x, y) = \frac{1}{M} \sum f(x, y)$$

我们先从时域对均值滤波器进行直观感受,然后再从频域通过 matlab 实验对其进行深刻的认识。

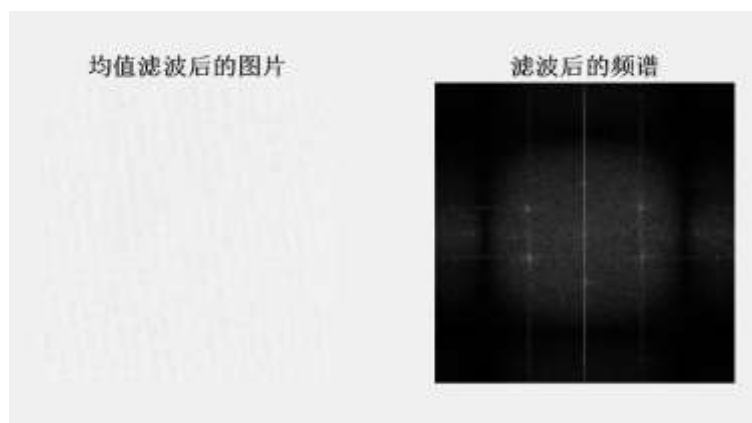
首先从时域进行直观认识。经过思考,我们不难发现如果图像上某个区域灰度值变化缓慢,那么通过均值滤波器处理图片之后,这个区域发生的变化不大。但是如果某个区域灰度值变化剧烈,通过滤波器处理之后就会被平滑掉。由于噪声在图像上变化较快,因此均值滤波器可以较好的将其平滑掉。这样做虽然可以在一定程度上去除噪声,但是有一个显而易见的缺点就是图像上变化较快的边缘区域也会被平滑掉,变得模糊。图像的一部分信息丢失了。

接下来我们通过 MATLAB 仿真,深刻的认识均值滤波器。在二维傅里叶变换中,变换后图像的中心是低频区域,周围是高频区域,明亮部分表示存在频率分量,黑暗部分表示不存在。

首先我们对一张接近白色的图片进行傅里叶变换,得到原图和频谱图如下:



然后对该图片进行均值滤波,观察滤波后的图片和频谱图如下:



通过频域观察，我们很明显可以观察到，图像的高频部分被去除了，低频部分得到了保留。因此均值滤波器是一个低通滤波器。

5.3 利用均值滤波来去除图像噪声

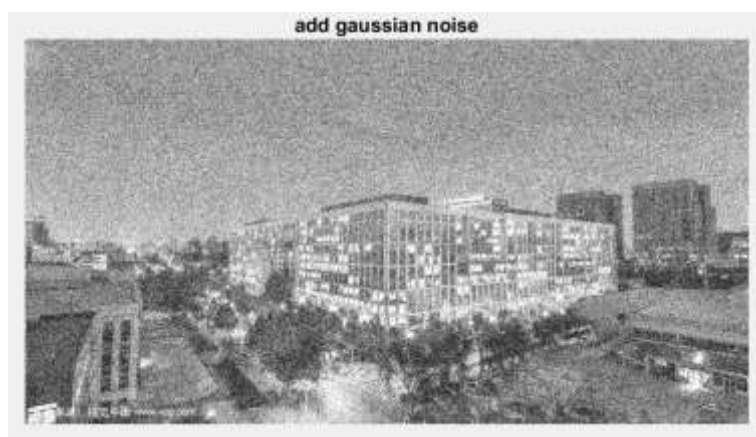
通过上一节的分析，我们已经知道均值滤波是一个低通滤波器。接下来我们来观察均值滤波器对加入高斯噪声和椒盐噪声的北航新主楼照片进行去噪处理后的效果。

原图像如下：



北航新主楼黑白照片

对该图片加入均值为 0.2，方差为 0.02 的高斯噪声，



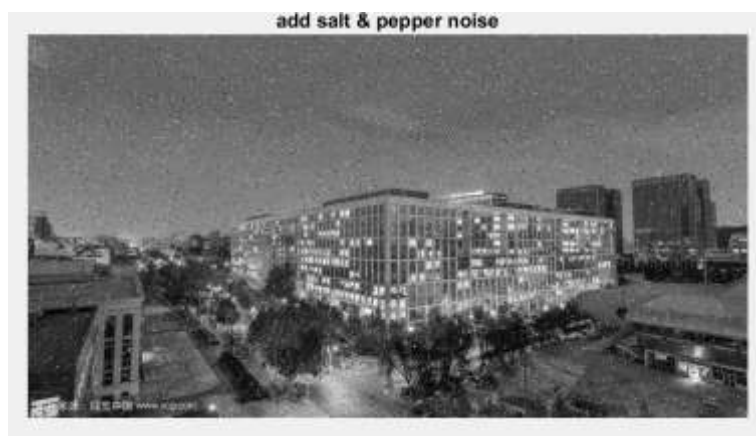
北航校园照片加入高斯噪声

对该图片进行均值滤波:



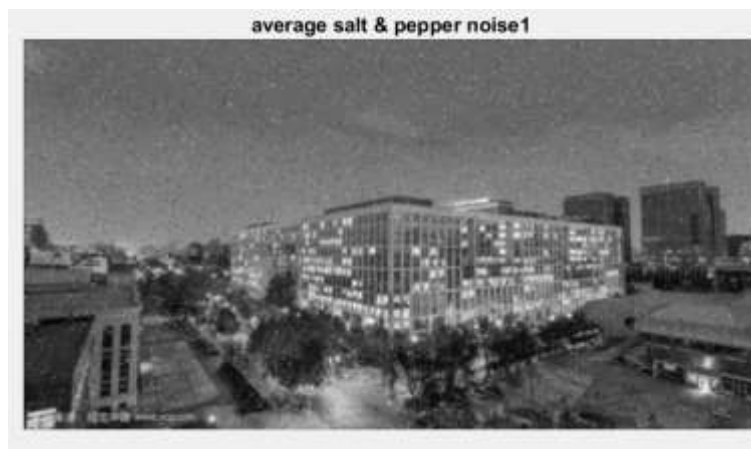
北航校园照片加入高斯噪声后进行均值滤波

对图片加入方差为 0.02 的椒盐噪声:



北航校园照片加入椒盐噪声

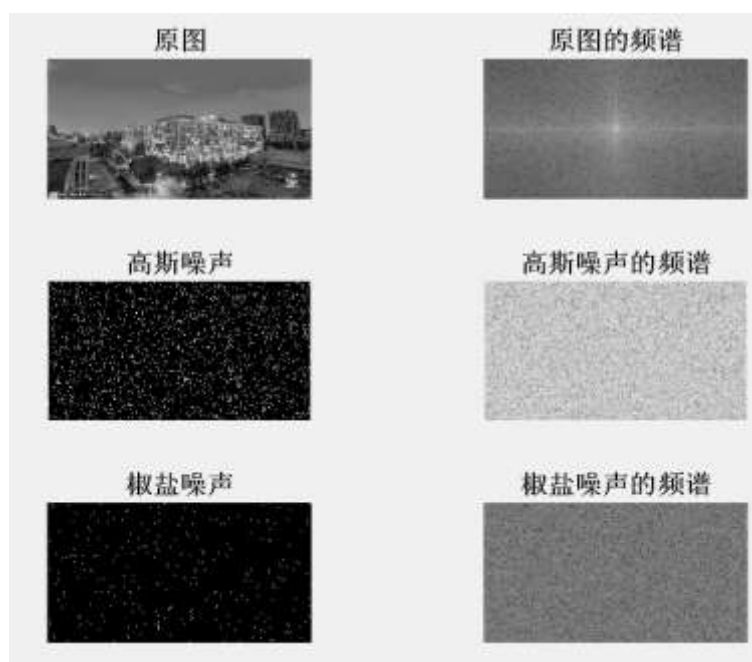
对该图片进行均值滤波：



北航校园照片加入椒盐噪声后进行均值滤波

通过实验我们可以发现，均值滤波对于高斯噪声的去除效果非常的差，对于椒盐噪声的去除效果稍微好一点，但是也不能完全去除。更进一步仔细观察，我们会发现，去噪之后图像的边缘轮廓都变得模糊了。这是为什么呢？要解释这个问题，我们需要对图像和噪声进行频域分析。

我们用 MATLAB 对原图、高斯噪声、椒盐噪声进行频域分析，结果如下：



观察频谱，我们发现，原图中既有高频分量也有低频分量，但主要集中在低频部分。

高斯噪声表现为均匀的频谱。椒盐噪声在低频部分没有分量。结合均值滤波器是一个低通滤波器，我们很容易可以分析出，对于高斯噪声，均值滤波器只能滤除其高频部分。因此均值滤波器对椒盐噪声的处理效果由于椒盐噪声。在滤除两种噪声的同时，均值滤波都会衰减原图中的高频分量，因此图像的轮廓变得模糊。

5.4 小结

现实世界中，很多影响因素导致了模糊现象的发生，我们很难用确定的方式来描述一个物理现象，更多的时候，我们只能使用统计平均。随机过程的理论提炼出了分析统计模型的方法，为人们认识客观世界提供了重要的思维模式和解决问题的方法，极大的帮助人们进一步进行各个不同领域的研究分析。

随机过程是分析图像问题不可或缺的数学工具，是真正把实际问题转换为数学问题的学问，因为它解决的并非纯数学问题，并不是简单的给你一个命题让你去证明，而恰恰是让你去构思命题，进而构建模型来想方设法解决实际问题。而在建模的过程中，我们要抓住对概念的引入和背景的理解，例如均值滤波顾名思义就是求均值，对信号进行局部平均，以平均值来代表该像素点的灰度值。我们还要对引入概念的内涵和相互间的联系仔细推敲，例如高斯函数与高斯滤波，由于高斯函数的傅立叶变换仍是高斯函数，因此高斯函数能构成一个在频域内具有平滑性能的低通滤波器，即可以通过在频域做乘积来实现高斯滤波。

六、青年学者和科研精神

6.1 何恺明

6.1.1 何恺明的成就

我们在之前的数字图像处理实验中，只选择了清晰的图片进行加噪再滤波，但是在生活中，我们拍摄到的照片往往并不那么清晰。

尤其是雾天时，弥漫在空中的雾气和尘埃模糊了人们的视线，使得景物的能见度大幅降低。在雾天条件下的室外获得的图像会受到严重的退化，图像目标的对比度和颜色等特征被衰减，这大大降低了图像的应用价值。

即使在晴朗的天气条件下拍摄的照片，由于大气的散射作用，照片的清晰度同样受到影响。因为在每一个实际的场景中，光线在到达相机之前，都会从物体表面反射出来而且散射在空气中。这是因为空气中存在的浮质，像灰尘、雾和烟等，这些因素导致物体表面颜色变淡和整幅图像的对比度降低。

这给工业生产及人们的日常生活带来了很大影响。例如城市交叉路口图像监视系统，在恶劣天气条件下得到的退化图像会对判断车辆信息和监控交通情况造成极大的困难；在军事侦察或监视中，退化图像对信息的识别与处理会造成偏差，而这种偏差的后果是非常严重的；遥感探测中退化图像同样会对后续的信息处理产生很大的干扰。因此许多领域都要用到去雾算法。有雾图像特征清晰化的研究具有非常重要的意义。

在探讨如何有效地对图像进行去雾处理时，我们注意到了一位年轻有为的科学家：何恺明。他发表的《Single Image Haze Removal Using Dark Channel Prior》这篇文章，获得了 CVPR 2009 的最佳论文奖。

这篇论文研究的问题是图像的去雾技术，它可以还原图像的颜色和能见度，同时也可以利用雾的浓度来估计物体的距离，这些在计算机视觉上都有重要应用，例如三维重建、物体识别。但是之前人们还没找到简单有效的方法来达到这个目的。在这篇论文里，何恺明找到了一个非常简单的，甚至说令人惊讶的统计规律，并提出了有效的去雾方法。

与之前的方法不同，何恺明把注意力放到了无雾图像的统计特征上。在无雾图像中，每一个局部区域都很有可能会有阴影，或者是纯颜色的东西，又或者是黑色的东西。因

此，每一个局部区域都很有可能有至少一个颜色通道会有很低的价值。何恺明把这个统计规律叫做 **Dark Channel Prior**。直观来说，**Dark Channel Prior** 认为每一个局部区域都总有一些很暗的东西。这个规律很简单，但在我们研究的去雾问题上却是本质的基本规律。

由于雾总是灰白色的，因此一旦图像受到雾的影响，那么这些本来应该很暗的东西就会变得灰白。不仅如此，根据物理上雾的形成公式，我们还能根据这些东西的灰白程度来判断雾的浓度。因此，何恺明提出的 **Dark Channel Prior** 能很有效地去除雾的影响，同时利用雾的浓度来估算物体的距离。

6.1.2 何恺明的人生经历

CVPR 2009 并不是何恺明唯一的荣耀时刻。

2003 年，何恺明以高考满分的成绩，摘得广东高考状元。不过在高考之前，何恺明已经被保送清华。在当年的报道中，何恺明谈到学习秘诀时说：“不知道啊，很多人都问过这个问题，但（自己）一直都不太清楚，可能是（自己）悟性好”。

2007 年，尚未本科毕业的何恺明以实习生身份，进入微软亚洲研究院。在孙剑的指导下开始研究工作。尝试很多方向未果之后，有天何恺明打游戏时，受到雾气场景启发，认为存在一种方法可以去除图像中的雾气。运气和实力再次眷顾了何恺明，他很快找到简单高效的解决办法。但导师孙剑却并没有急于让恺明将方法写成文章发表，而是让他继续研究，找到成功背后的本质原因。于是何恺明又带着问题重新开始研究，既然局部暗对象检测去雾是成功的，那么就说明去雾后图像的每个局部确实有暗对象存在，这也就意味着在没有雾的图像中有相应的统计规律。为此，何恺明统计了超过 5000 幅图像，验证了猜想的规律，从先知道怎么办再理解为什么，何恺明总算是完成了完整的研究，提出了 **Dark Channel Prior** 的高效的去雾算法理论。最后何恺明写出了论文 **Single Image Haze Removal Using Dark Channel Prior**。但在论文写作的过程中，何恺明却经常和自己吵架，反复质问自己的观点是否正确，是否合理。好不容易说服了自己，还会遭到孙剑的再度质疑。就在这样挣扎着的循环中，这篇优秀的论文总算是成文了。正是这样苛刻的要求，才会有令人骄傲的成果。最终，何恺明的这篇论文被评为 **CVPR 2009 最佳论文**。这篇论文得到了三个审稿人最高的评分，同时何恺明在迈阿密的演讲被观众认为是那届 CVPR 上最有趣的演讲，这份 **Best Paper Award** 的奖项来得当之无愧。这也是中国

人首次在 CVPR 获此殊荣，实为华人的骄傲。

本科毕业后，何恺明进入香港中文大学读研。期间继续在微软亚洲研究院参与研究。2015 年，何恺明所在的团队凭借 Deep Residual Learning for Image Recognition 在 ImageNet 上傲视群雄。随后这篇论文被 CVPR 2016 评为最佳论文。随后 ResNets 也在 AI 领域得到了广泛的应用，包括机器翻译、语音合成、语音识别，以及最新的 AlphaGo Zero。

2017 年，在 ICCV 2017 何恺明为一作的 Mask R-CNN 论文获评最佳论文。另外，何恺明参与的另一篇论文：Focal Loss for Dense Object Detection，也被大会评为最佳学生论文。

6.1.3 何恺明对我们的启示

何恺明的生活经历带给了我们很多思考。他沉稳耐心的性格是成就他成功的一个重要因素。他在做任何事情时都态度坚决、踏实又认真。就算是自己犯了什么小错误，也会认真地进行自我反省，避免下次再犯同样的错误。他会比其他人付出更多的努力，他总能做到在困难来袭时不退缩，不达目的不放手。他在微软亚洲研究院的光景，一直是抱着学习的心态，细读大量论文，不断提高英语水平，反复推敲自己的成果。正是这种谦逊的秉性造就了他如今的成绩。

这种学习态度是需要我们慢慢修炼的。对于学习生活发生中没做到或做不到位的事情，我们要找到问题的根本原因并进行思考。同时我们做什么事情都要养成有条不紊和井然有序的习惯。学习中要经常有自己独到的见解和别人没有发现的问题，同时要在自己的薄弱环节进行自我提升，补缺补弱，跟上进度步伐。

另外，我们还注意到了虽然后来何恺明转向研究计算机视觉，但是他在大学期间学习的是数学专业。

其实我们在学习数学的时候，我们最后真正得到的是两个层次的东西。第一个层次是这个学科非常具体的内容，比如数学公式、解题技巧。这类东西通常可以被写在教科书上，也容易用语言描述出来。第二个层次是在学习这个学科的过程中带给我们的影响或者学到的一些思维方式、思维习惯或者其他一些微妙而隐晦的东西。这类东西一般很难用语言表述出来，甚至我们在掌握这些知识、习惯之后，自己并不会意识到自己已经“学会了”它们。

比如，在科学史上，古希腊哲学家泰勒斯的一句“万物源于水”被认为是早期科学诞生的重要标志之一。但是我们知道万物源于水这句话实际上在科学上并不正确。那为什么他的话还会流传至今呢？原因在于，虽然这句话在物质层次上不正确，然而这句话背后却隐含着这样一种思维逻辑：即人类第一次对世界的规律问题做了从自然自身寻找答案的尝试，而不是简单地将其托付于超自然力的原因，这一点正是科学的核心思想之一。而这个触动实际上对当时认可这句话的人们起的作用远比其显性知识来得作用要大。虽然这句话本身是错的，确使接受这句话的人在以后的问题中会更倾向于使用非神秘主义的方法来认识这个世界，科学也由此逐渐在人类文明中诞生。

由此可见，基本知识的运用往往是有条件、有范围的，而思维发展虽然不容易被发现和察觉，但其作用 and 影响却可以作用于人的一生、乃至整个人类文明的发展轨迹。

数学本身给我们带来的基础知识可能对于大多数从事工科专业技术工作的人来说只是一种工具。然而我们多年来学习的数学，实际上塑造了我们一种理性的、条理的、系统化的思维方式。这种思维方式在我们解决自己一生中遇到的诸多问题时，都有非常重要的作用。比如慎密的思考、分类的思想、排序的思想、统计的分析等。很多东西其实都带有学习数学这个过程产生的影响，只是由于其作用方式非常隐晦，也不容易被追溯其源头，我们平时不容易注意到罢了。

因此对于我们这些将要从事工科专业技术工作的人来说，真正学到，有益的的是那些思维方式，而正是这些思维方式将极大地影响我们在一生中做出的许多关键的抉择。

6.1.4 暗通道去雾算法仿真实现

何凯明博士经过分析上千张图片的像素值规律发现：自然景物的照片，总会存在一些像素具有很低的值。换句话说，就是光强度很小，图片体现为很暗。这些暗像素值的存在可能是由于影子的存在、红黄蓝三色中暗色的存在等等。

为何这些像素的存在能够称为图像去雾的算法的关键呢？原因在于，这部分数值在计算的过程中，可以视为极小值，趋于零。因此，将有雾图像的模型取最小值，就可以简化计算，最终实现图像去雾。下面对于其具体的实现原理进行简单的分析。

在计算机视觉领域，雾图像的经验公式表示为：

$$I(x) = J(x)t(x) + A(1 - t(x))$$

其中,

$I(x)$ 是待去雾图像;

$J(x)$ 是去雾后的真实图像;

$t(x)$ 是待去雾图像的光透射率;

A 是全球大气光成分。

$I(x)$ 、 A 是已知量, $J(x)$ 是未知量。因此要求解 $J(x)$, 就要求解 $t(x)$ 。

将公式两边同除 A 后, 进行两次取最小值运算, 所得结果如下:

$$\min_{y \in A(x)} \left(\min_c \frac{J^c(y)}{A^c} \right) = \tilde{t}(x) \min_{y \in A(x)} \left(\min_c \frac{J^c(y)}{A^c} \right) + 1 - \tilde{t}(x)$$

将暗原色的先验理论带入:

$$\min_{y \in A(x)} \left(\min_c \frac{J^c(y)}{A^c} \right) = 0$$

可以求解出来透射率 $\tilde{t}(x)$ 。

$$\tilde{t}(x) = 1 - \min_{y \in A(x)} \left(\min_c \frac{J^c(y)}{A^c} \right)$$

求解出 $\tilde{t}(x)$ 后, 则可以用如下恢复公式获取去雾后图像。

$$J(x) = \frac{I(x) - A}{\max(t(x), t_0)} + A$$

使用 Matlab 实现上述算法, 进行图像去雾, 得到的效果图如下:



图 1:原始图 图 2: 暗通道 图 3:暗通道导向图 图 4: 去雾后结果

6.2 淦创

6.2.1 淦创的成就

在了解图像去雾处理的过程中，我们发现近几年图像处理的研究热点在于利用卷积神经网络等深度学习的方法进行图像识别。在了解图像识别的过程中，我们发现了一位毕业于北航的学长——淦创。他在利用深度学习进行图像识别方面做出了巨大的贡献。

淦创，2009 年通过自主招生来到北京航空航天大学电子信息工程学院就读。在校期间，他发表了两篇论文，《基于 3D 体感技术的动态手势识别》与《光电产品的可靠性仿真试验》。其中，《基于 3D 体感技术的动态手势识别》在中国知网的下载量达到了 874 次。

2014 年，在美国国防部组织的国际视频事件检测比赛中，获得了世界第一名。同年前往 Carnegie Mellon University 做访问学者。

2015 年，前往 University of Southern California 做访问学者。

2016 年，淦创 10 名计算机领域的优秀博士生中脱颖而出，成为 2016 年新晋“微软学者”，获得微软亚洲研究院提供的 10000 美元资助，以及为期 3 个月的学术访问机会。同年获得“百度学者”的称号。

2017 年，淦创荣获 2017 年清华大学研究生特等奖学金。

6.2.2 淦创的研究经历

淦创的研究领域为视频处理与深度学习，涉及视频字幕处理、图像识别、视频分类等等，如 2015 年他在 CVPR 发表了关于深度学习用于多媒体事件检测的论文，17 年在 CVPR 发表的 StyleNet: 用样式生成有吸引力的视觉标题的等等。淦创科研成果丰富，从 13 年起，每年都有论文发表。在 15 年，有 4 篇顶级国际会议论文，到了 16 年，有多达十三篇论文发表（其中六篇为第一作者），17 年有十篇论文发表（其中四篇为第一作者）。其中，大多数论文发表于知名国际会议——计算机视觉方面的三大国际会议 ICCV、CVPR 与 ECCV 上。淦创的科研成果的质量和数量是十分令人瞩目的成就。

学术成果井喷的背后，其实有着很多的心酸。一路走来，淦创学长的研究之路曲折坎坷。

2013 年，淦创本科毕业，直博至清华大学交叉信息研究院。然而，他的博士阶段并非一帆风顺。

在刚入学的时候，淦创便接到原导师即将离职的消息。在当时的情况下，淦创面临的问题是，在未来几年可能没有导师指导，没有资金资助，甚至在没有师兄讨论和帮助下，自己去探索一个未知的领域。

为了追求自己喜爱的研究方向——多媒体与深度学习，淦创坚持不选导师，这一坚持就是两年。在最困难的时候，他自己研究方向没有资金支持，为了做实验，淦创自己从生活费中省出了部分，自掏腰包组装了第一台实验机器。

转机出现在外方导师投来的橄榄枝，接受了 offer 的淦创由于生活不适应等问题，在国外的学术却并不顺利，当同学们都发表 A 类论文的时候淦创还是颗粒无收。在“做最好的系统”的信念支持下，淦创发表了一篇 A 类论文；信心大增之后，又陆续发表了

两篇 A 类论文的淦创感受到了学术带来的成就感。面临着回国或留洋的抉择的淦创，毅然选择了回国深造，并幸运地被姚期智院士接收为博士生。

6.2.2 淦创对我们的启示

韩愈曾经说过，“业精于勤而荒于嬉，行成于思而毁于随”。学长的博士生涯如此成功，正是这句话的现实写照。

学长取得成就最重要的因素，是学长的勤奋。在学长评选 2017 年清华大学研究生特等奖学金的宣传稿中写到，“读博四年来，他每周科研至少 80 个小时，四年多回家时间不足一个月，从未在家中过国庆节和中秋节，仅有 1 次春节在家里度过。”成功的背后，往往是常人难以想象的付出。科研，从来都不是一蹴而就的。学长在没有经费支持、没有导师指导的恶劣条件下，还能够一步一步的走向成功，比常人付出了更多的努力。一分耕耘，一分收获，学长在自己的研究领域投入了巨大的时间和精力，最终成就了学长。

淦创学长最出色的地方是坚持。在导师离职的黑暗时光里，他坚持选择不换导师，不换研究方向。事实上，在网上搜索相似的案例，大多数人在不能跟随导师一起离开的时候，选择在原学校找另外的导师。而淦创学长并没有选择将就，而是听从自己的真实研究兴趣，选择了独自坚持自己的研究方向。在没有导师和师兄的情况下，淦创学长在进行科研的时候，面对的艰难可想而知。面对困难，学长依然可以坚持初心，这是学长难得的成就。

学长特别提到了兴趣对于自己的驱动。纵然科研如此辛苦，淦创甘之如饴，他喜欢科研，热爱自己的研究方向，他说“我最幸运的一点是我找到了并且愿意投入时间去做这个世界上我最热爱的研究领域——深度学习及多媒体。每次科研的小进展和发现都会让我兴奋到睡不着觉。”常言道，兴趣是一个人最好的老师。正是在科研兴趣的驱动下，学长一路如此坚定的在科研的路上向前迈进。

李世民曾经说过：“夫以铜为镜,可以正衣冠,以史为镜,可以知兴替,以人为镜,可以知得失。”淦创学长曾经也与我们一样，懵懵懂懂的来到大学，成为了北航电子信息学院的一名学生。而转眼十年过后，学长已经脱胎换骨，成为了“微软学者”、清华大学特等奖学金获得者。从学长身上，我们能学到的很多——治学的勤奋、初心的坚持、兴趣的

激励等等。

尽管每个人的人生轨迹都有所不同，我们可能很难达到学长的高度，但是我们依然可以通过践行学长的优良品格，变成更好的自己。

七、感想总结

7.1 小组总结

在选题阶段，我们十分迷茫，每个题目看上去都陌生而晦涩，不知从何入手。经过交流，我们最终选定了随机过程在各学科之中的应用这一主题，其原因有三，一是我们几个人对这部分有着浓厚的探究兴趣；二是老师上课时常常以此引入新内容，向我们介绍探究性学习的主要内容，也给了我们一些启发；三是对于我们综合性全面学习发展有很大帮助。在确定题目后，我们先自行上网大概了解了随机过程的主要应用，为之后的小组讨论做准备。

在对题目有了基本的认知之后，我们开始着手准备初稿。在此之前，小组内部召开了一个简单的会议，将选题的内容分为六个部分：通信工程、图像处理、微电子、系统评估、信息论与信号处理。并由陈璐怡、李友祺、袁玉霖分别负责每两个部分的撰写。

由于在选题之前，我们对所研究的内容并没有足够的涉猎，因此撰稿的第一步就是查资料、找论文。从知网、维基、等平台上，我们阅读了大量的材料，努力将其进行整合和梳理。虽然说第一稿已经可以说是初见雏形，可是大家总觉得有种没有触及实质的感觉。在第二稿中我们对之前工作中的不完善之处做了许多修改，首先将原本的六个方面缩减到了三个具有代表性的领域，图像处理、语音信号处理以及网页排序，其次我们添加了三个有特点、有深度、可以体现出随机过程理论知识的仿真实例：滤波（均值滤波和中值滤波）的方法处理噪声（高斯噪声与椒盐噪声）、语音信号的噪声谱分析、网页排序。但是还没有达到我们预期中的效果，文章的材料仅仅是百度查阅，看不到自己的研究工作，仿真可视化说明程度不高，并不能展示随机过程的价值

于是几天之后，我们和张有光教授进行了一次约谈。经过这次约谈，我们才醍醐灌顶。在第一稿的呈现中，我们所展示的是一个探索的过程，但也仅仅是一个探索的过程。换言之，所写下的大多数话语都可以在百度上找到相同的话。我们大量地吸收了别人的东西，却没有把它化为自己的内涵，而这正是我们所欠缺的、一篇真正文章的灵魂所在。为此，我们再度讨论，确定了下一步第二稿的方针：把参考的文献读精、读透，用自己的语言重新表述，并加入各自对自己负责板块的学习体会以及小组总结和感悟。

三稿的下一步则是展示。选定了演示文稿的模板后，我们先是制作出自己的部分，

然后整合、修改，一起排练。这时我们遇到了另一个问题：展示不同于论文，它所要求的不仅仅是内容的丰富与翔实，更体现在一种讲者与听者之间的“互动”上。怎样的背景能够看起来简洁大方又不失时代感，怎样的字体可以看起来舒服不费劲，而又不显得过于花哨，语言又该如何进行重新编排和组织，从而听起来逻辑通顺、引人入胜、容易理解。

我们还遇到了时间掌控上的问题。大家总想把自己研讨的收获更充分地展示给同学们，不舍得删掉任何一个部分，于是第一遍排练的计时长达十二分钟。对于我们而言这又是一个新的挑战：如何精简、筛选、压缩、取其精华，使得最少的时间能够呈现最精的内容。我们要删内容，但又不能乱删，精简的结果必须是留下每一部分最核心的思想，同时又使得各个部分之间能够衔接顺畅合理。经过我们小组连续几天反复排练之后，把时间和内容都控制在了满意的程度。

这次展示总体来说完成的效果还是不错的，但是仍有很多可以改进的地方。首先我们觉得大部分小组包括我们的一个问题是展示的连贯性和衔接，因为这次展示是多人完成的，所以展示的章节很容易出现断层感，没有很好地联系起来。尽管我们前期准备时已经做了一些工作，这种情况还是难以消除。像其他小组，在展示时因为没有协调好时间导致严重超时没有很好的展现出他们的工作，原本以他们小组的实力不应该如此，这值得我们引以为鉴。

第二个不足是在介绍噪声的数字特征时，没有很好的了解整理研究的背景，而只有生硬的语言很难令人理解。展示是对他人一种视觉和听觉在短时间的表现，如何浅显易懂的展示出核心内容是我们今后也要努力的方向。通过背景故事引入，通过生动的例子进行描述，通过图片等视觉信息进行展示，以求达到最佳效果。

还有就是在展示过程中还是过于依赖文本，没有将核心概念完全提取出来，导致最后虽然展示的内容很多，但是同学们不能完全理解，很难抓住重点。如果要改进的话我们认为在每一部分只留一个核心观点，介绍它的含义，引入，和拓展会比较好，我们自己也更容易掌握展示时的内容，更容易脱离文本。

在这次探究性学习的过程中，我们能充分体会到探究性学习所带给我们的发展与进步。探索钻研、实际应用、分工协作——这些都是将来我们科学研究必备的技能，我们

在做大作业的过程中能够很好的体验到这些的重要性。我想这也是老师提出探究性学习这一学习形式的目的，做大作业确实辛苦，但我们也有许多乐趣与收获。我们认为，在不久的将来，这一学习形式一定能卓有成效地培养我们的学术思维。

7.2 李**个人总结

通过本次探究随机过程在数字图像处理中的应用。我感触颇深，一方面我认识到了确定信号分析的局限性以及随机过程的重要性。另一方面我感受到认识随机过程应用的过程其实也是认识遇到问题该如何分析、处理和解决的过程。其实我们学到的知识只是处理问题的工具，更多的时候难点在于处理问题的思想，而不是工具。这让我深刻的反思了大学该怎么去读。

探究随机过程在数字图像处理中应用的过程，是认识问题逐渐深入的过程。在进行探究之前，尽管我们已经认识到了对通信系统的输入输出分析可以在时域和频域两个方面来考虑。但是那时，我认为输入系统的信号是一个确定的信号，用信号与系统学到的知识就已经足够了。因此我并不理解随机过程能用来做什么，也不理解为什么要学习随机过程。但随着探究的深入，我认识到输入到一个系统的信号由于各种影响（最广泛而突出的影响就是噪声），并不是一个确定的信号而是一个随机过程。用信号与系统学到的那套确定性信号的分析理论来分析是不准确的，应该用随机过程学到的理论来进行分析，这就是随机过程的重要性之所在。因此通过探究我对输入系统的信号以及处理认识的更加全面，更加深入了。这符合人类认识自我、认识自然的、认识科学的步骤。在最开始，我们总是只看到了问题的一个方面就以为全面地认识了问题，犹如盲人摸象，摸到腿的人认为大象像柱子，摸到耳朵的人认为大象像蒲扇，摸到尾巴的人认为大象像鞭子，实际上每个人的认识虽然都不是错误的，但也不全对。这个时候，聪明的人会思考，首先他会思考别人的见解与自己有哪些不同，然后他会想别人是基于什么情况提出那样的见解，接下来他就会亲自实践验证别人说的对不对，自己说的对不对。这样问题就逐渐认识的全面了。

探究随机过程在数字图像处理中应用的过程，是将问题从理想化的分析转向从实际出发的分析的过程。尽管我们对问题的认识要深刻，但这并不意味着一开始的片面认识是无意义的。因为实际问题往往过于复杂，我们先忽略一些次要的因素，抓住问题的关键先进行分析往往可以将问题简化，待我们在理想情况下认清了事情的本质之后，再加

入次要因素进行分析。如果一开始我们就考虑到输入系统的信号是一个随机过程，那么系统的分析就会很复杂，不知从何下手。所以我们先假设输入系统的信号是一个确定信号，然后建立起完备的系统分析过程：例如信号的描述、系统的描述、信号通过系统的时域分析法、频域分析法。这个时候我们再考虑噪声的干扰，按照前面已经非常熟悉的描述方法和分析方法对系统和信号的描述进行修正就会显得容易得多。这种从理想到实际的思想在工程类的很多学科中都有体现。一个非常典型的例子就是信息论。我们都知道实际的信源发出的信号往往是连续的，且不同时刻发出的信号之间往往是相互影响的，不互相独立的。信道往往也是有噪、连续、非马尔科夫的。这样对信源和信道的分析就非常的困难。信息论的创始人香农，并没有一开始就研究如此复杂的信源和信道，而是从最简单的电报系统入手，并且假设电报不同时刻发出的电码是相互独立的进行分析，一步步的建立了事件信息量的描述，不同信源之间信息量的关系，信道的描述等等，将这个最简单的问题分析透彻之后，再用类似的方法分析复杂的连续有记忆信源的问题从而建立了信息论，开启了信息时代的大门。因此这次探究更重要的是让我体会到了一种处理问题的方式。对问题进行理想化的分析并不是无用的，往往理想化的分析能让我们快速的抓住问题的本质和分析方法，从而为实际问题的分析铺路。

探究随机过程在数字图像处理中应用的过程，让我深刻的反思了大学该怎么读。在随机过程的学习中我们很容易就可以发现随机过程这门学科对我们来说其实并不陌生，它所用到的知识都是我们之前学过的概率论和信号与系统的知识。在探究其应用的过程中我们发现问题不在于知识的应用，在于如何把问题转换成可以用我们学到的知识来解决的形式。这启发我们在学习的时候，不应该只记公式、会算题，而应该去尝试将学过的知识联系起来、挖掘其背后深刻的物理意义、并且体会其背后处理和解决问题的思想和方法。只有这样我们才能触类旁通、灵活的运用我们学到的知识来解决问题。比如冲激函数狄拉克函数，我们应该认识到他是一种理想化的模型，表达的意义是只在某一时刻有值，在其他时刻没有值。与它相似的概念还有物理中的点电荷、质点等等。除此之外狄拉克函数与任何函数相乘具有采样的功能。理解到这个程度还不够，因为我们如何去实现狄拉克函数呢？再进一步思考，狄拉克函数非常像一个开关，它只在特定的时刻有值意味着只在特定的时刻开关闭合，然后其它时刻开关是断开的，这样就可以采样了。因此狄拉克函数可以用开关来实现。

我们强调在学习的过程中重要的学习解决问题的方法和思想以及知识点背后的意义并不意味着我们学习的知识是不重要的。因为知识的储备量往往决定了我们看问题的高度和深度。这就是我们所说的“要站在巨人的肩膀上”来看待问题。如果没有这些知识储备，即便学到了再多处理问题的思想，问题仍旧无法得以解决。因此我们的学习当然要学习课本上的知识，而且要学好！但是我不应该仅仅局限于学好课本知识的层面上，应该在学好的同时，挖掘背后的思想。

这就是我通过本次探究受到的启发。在探究之后，我不仅认识到了随机过程的重要性和实用性，还认识到了学习到底应该学什么、怎么学。这使我印象深刻、受益匪浅。

7.3 袁**个人总结

第一次小组讨论后，我们选定了随机过程的应用这一课题。我认为随机过程作为一门理论基础课，我们学习的往往是冷冰冰的公式，它的很多概念是非常抽象的，难以直观理解的，想要深刻理解它的内涵，则需要在实际应用中寻找实例，尤其是工程应用方面。随机过程的应用非常广泛，但显然能写的东西多不代表题目很容易。倘若仅仅是堆砌资料，拼凑出一篇流水文章，结果只能是囫圇吞枣，应付了事毫无价值。因此我们决定将课题分成三部分，数字图像处理、语音信号处理与网页检索，先收集资料，加深理解，再确定主题。

有了主题便有了发力的角度，经过三个人的分工写作，一稿很快定了下来。但第一次课堂展示后与院长的讨论让我们发现了一稿的很多缺陷。就每个人而言，缺乏对现实生活的联系，尽管写了不少理论原理，但不切实际。对文章总体而言，我们的合稿好像单独的三篇文章，尽管有主题，但这更像是一种硬贴标签，我们的一稿还缺少一以贯之的脉络与相互之间的联系。

再次讨论之后，我们认为这三部分内容涉猎太广，以我们目前的能力无法同时驾驭。要想达到研究的深度，就必须减少研究的广度。于是我们决定深入探究一个方面，因为数字图像处理这门课我在本学期的学习过程中已经有一些涉猎，所以我们最终选定的主题是随机过程在数字图像处理中的应用，希望借助现有的知识实现更深刻的理解，同时对于数图的学习也有帮助。在我们反复地阅读课本、熟练掌握数图课程内容之后，我们又在图书馆借阅了相关书籍，并仔细阅读查阅到的资料，逐句理解、筛选内容、提炼观

点，并努力将我们所要展示的内容与我们随机过程理论的课堂内容相联系，做到源于课本又高于课本，在大作业中以大家能够接受的方式进行分析而不是简单堆砌大把的数学公式。

经过进一步的讨论之后，我们将行文脉络定为随机过程在图像数字化、噪声分析以及图像处理中的应用。为了展现出不同噪声的特点以及不同处理方法的优劣性，我们运用了大量的 MATLAB 仿真，通过仿真可视化的说明体现随机过程方法在数图中的价值。所谓研究性学习课程，课程的内容不仅局限于课本的内容本身，而是在教学中把每一部分的知识点都与工程联系在了一起，让我们切实的感受到了我们工程学科的特点，也对数字图像处理有了更直观具体的感受。另外，这次的大作业有了更浓重的实践气息，我们不再是仅仅进行理论的研究，还需要自行进行模拟仿真。

我负责的是对所需要用到的数图知识进行理论分析描述，在数图课本中寻找随机过程应用的痕迹，并仔细思考两门学科之间的联系。经过对图像的噪声与定性定量分析，我选择用概率密度函数来描述图像噪声的统计模型。同时要抓住对概念的引入和背景的理解，例如均值滤波顾名思义就是求均值，对信号进行局部平均，以平均值来代表该像素点的灰度值。还要对引入概念的内涵和相互间的联系仔细推敲，例如高斯函数与高斯滤波，由于高斯函数的傅立叶变换仍是高斯函数，因此高斯函数能构成一个在频域内具有平滑性能的低通滤波器，即可以通过在频域做乘积来实现高斯滤波。

一个完整的大作业要求我们在整理资料的基础上，对这样一门基础学科的延伸，一门应用学科的实践有自己的感悟与理解，并将这种感悟展示给大家，而不是简单的介绍内容。当我们站在巨人的肩膀上，我们欠缺的是什麼，我们的方向又是什么；以史为鉴，可以知兴替，作为一个科学的追求者，我们该如何去思考，如何去应用，如何去面对未知的事物，这是随机过程大作业带给我们的思考。

在我们和张有光教授的讨论中，老师提到，这样一个创新性的探索过程是很有意义的，但也是痛苦的，因为我们必须要具备克服未知事物的勇气和从零开始学习的耐心。的确如此。经过了选题、找论文、初稿、修改再修改、定稿这样的过程后，我感到自己思考问题的方式已经发生了变化。当然这么说可能有些过于抽象，具体地说，有了这样一段自主学习的经历，以后再面对一项可以说是完全陌生的新事物时便不会再焦躁不安、不知所措，而是能够以较高的热情和效率，去学习，去感悟，去达到一个未曾触及

的更高的高度。

从一无所知到一知半解，从打磨修改到心领神会，这一痛并快乐着的探究过程，使我受益匪浅。这并不是我第一次参加这样的讨论课，在大一期间的新生研讨课中，我们已经初步接触了研讨学习这一与中学完全不同的学习方法和思考模式。而进入了北斗实验班以后，和更多的同学一起、在老师更加精心的指导和真情投入之下，我的收获又远非大一时可比。在这次学习的过程中，我们能充分体会到探究性学习所带给我们的发展与进步。探究性学习注重过程，特别是对于我们的题目来说，可能最后的报告只是浅尝辄止，但重要的在于学习的过程、思维方法的学习和思维水平的提高。探究性学习的目的是发展运用科学知识解决实际问题的能力，这是它与一般课程学习的根本区别。所谓勤于实践，学以致用，只有把理论付诸于实践，并在实践中得到升华，这才是所谓“学到了真正的知识”。同时，探究性学习还注重合作，每组都面临着一个复杂的综合性的问题，这就需要成员分工协作，逐个击破仿真难题，再配合讨论，互相交流，共同完成对问题的思考。研究性的课程模式很好地体现了“学生是主体”的思想，比起老师照本宣科、学生刷分刷题的传统教学，我们收获的不仅仅是知识储备，更是一种思维方式和解决问题的能力，这是之前未曾触及的一个更高的高度，十分宝贵，又难以描述。

7.4 陈**个人总结

刚看到题目“探究随机过程在通信工程、图像处理、系统评估、信息论的应用”的时候，我感觉这个题目是非常简单的，因为可以写的相关内容太多了。因为，在我们三年的大学课程学习中，随机过程的概念几乎随处可见。在数字图像处理的课程中，我们学到随机过程被用来进行数字图像的描述、噪声的描述、图像变换等等；在通信工程的课程中，我们了解到数字基带信号使用随机过程进行描述、使用扰码将信号随机化以达到减小干扰等等；在信息论的课程中，我们将信息视为随机过程进行分析，使用随机过程中的平稳性、各态历经等定义对信源与信道的性质进行分析等等。因此，我们可以写的内容是非常丰富的。另一方面，相关资料的获取也非常的方便。网络搜索、图书馆借书，都可以轻松的找到相关的应用随机过程方面的知识，不用担心没有内容可以挖掘。

然而，随后我们发现在探究问题的过程中，选择一个有代表性的点，进行深入的探讨，才能完成更高质量的探究。在我们的三次修稿中，我们从六个选题，缩减到了三个方面，最终针对于图像信号处理进行了深入的分析研讨。回想我们的删改过程，我想到

人生学习的过程。从小学到中学，我们学习的领域不断的在缩小，但是学习的知识难度在不断的提升，专业性不断的提升。吾生有涯，学海无涯。在有限的时间和精力中，我们只能选择一个小小的点进行深入的研究，进行完美的阐述和分析，才能够出类拔萃。贪多嚼不烂，在学习中，这是亘古不变的真谛。

初稿，我们选择分领域进行讨论，我选择的领域是通信工程和图像处理。在查找资料的过程中，同时随着通信工程的课程的讲解不断深入，我发现通信工程中，随机过程最重要的价值就是给随机信号分析提供了相应的方法。在最初学习通信工程的先修课中，比如信号与系统、数字信号处理，我们大多是从理论的角度，分析确定性信号特性以及处理方法。而在具体的应用中，信号具有不确定性。具体体现就是，信源发出信号的幅度和初相位是不同的，因此，针对于信号直接进行傅立叶变换，进行频域分析，是不可行的。但是，引入随机过程对于信号进行描述后，就可以使用统计特性对于这一簇信号进行描述，使用功率谱来表示随机信号的频域特性。通过引入随机过程，使得原本无法分析的问题可以采用原有的理论进行分析。

很多时候，理论无法联系实际，是因为理论体系建立在过于理想化的条件下。进行理想化，使得问题的关键清楚明确，可以给解决问题指明方向。但是，具体在工程领域应用的时候，就需要考虑到实际的情况。在信号处理中，实际情况由于干扰的存在，理论存在一定的不确定性。因此，作为一名工程师，理论与实践相结合是非常重要的。如果没有科学理论作为指导，只是单纯的动手操作，那么很可能一路沿着错误的方向进行探索；如果只有科学理论的分析，无法联系实际或者没有去动手实践，那么理论很可能只是空中楼阁，甚至毫无意义。工程学科特点，就是要用理论寻找正确的大方向，用实践来探索实现的真方法。

尽管我们的探究刚刚攀登到半山腰，前面还有很长的路要走，我已经从中收获良多。从泛泛而谈到具体专注与一个角度；从不接地气的理论分析，到具体的实例分析论证；从表面的理论，到逻辑严明的分析论证，在探究中，我逐渐静下心来，开始了独立思考。

八、版本更替

8.1 第一版

根据对题目的理解，我们初步完成了文章整体结构的构建，将文章整体分为以下几个主要部分：通信工程、图像处理、微电子、系统评估、信息论与信号处理。我们试图从学科之间的联系出发，探讨了随机过程在各个学科之间的体现。

初稿完成后，我们收到了张老师的评价：“不要面面俱到”，“要有趣同时要有深度”，“可以提现随机过程的重要性”。

经讨论后，我们认为初稿的问题主要在三个方面：

（1）由于可写的内容多，使得我们的探究非常浮于表面，没有深度。六个学科，每个学科都是很简单的一笔带过，导致我们严重的缺乏探究的深度。简略的介绍不足以体现我们个人对于随机过程理论知识的理解，使得我们的探究论文非常缺乏自己的内容。

（2）我们的探究过程没有通过实例来侧面佐证，全部是对于学科的介绍与简单的理论分析，不具体不形象。我们小组选择的题目，应用随机过程探究，应该更多的使用仿真来体现随机过程的作用，简单的文字内容是不充分的。

（3）我们的分工使得小组三人之间只对于自己的研究方面有所了解，使得我们每个人相互交流非常少。小组探究问题，可以弥补个人的逻辑漏洞。在探究过程中，我们应该多相互交流，思想的碰撞能够带来更好的成果。

8.2 第二版

第一稿中对于各种定理、概念的叙述，大多基于收集所得的资料复述而成，而缺乏自己的个人见解。在与老师的交流讨论之后，对之前工作中的不完善之处做了许多修改，修改如下：（1）将原本的六个方面缩减到了三个具有代表性的领域，图像处理、语音信号处理以及网页排序。（2）添加了三个有特点、有深度、可以体现出随机过程理论知识的仿真实例：滤波（均值滤波和中值滤波）的方法处理噪声（高斯噪声与椒盐噪声）、语音信号的噪声谱分析、网页排序。

完成第二版后，我们收到的评价是，“材料仅仅是百度查阅，看不到自己的研究工

作”，“不一定非要选择三个方面，可以在一个问题上下功夫”，“仿真可视化说明展示随机过程的价值”。

在收到老师的评价后，我们在第一时间进行了小组讨论，分析了我们在第二版探究过程中存在的问题。

第一，我们选择的实例缺乏代表性。很多实例都是网上找到的，无法体现我们自己对问题的思考。仿真实例的价值，不体现在使用的实例有多么的高大上，使用了多么深奥的理论，而是在于我们能不能具体全面的体现随机过程理论的价值。我们不能仅仅停留在照搬原有实例的层面上，应当添加我们个人的思考，同时针对于体现随机过程的应用，对于实例分析进行相应的调整。

第二，探究的深度不够。我们选择了三个方面，还是会使得探究深度不够深入。时间和精力是有限的，因此，我们在一个研究阶段，应该着重于一个领域进行深入的研究。同时针对于三个方面的研究，分散了我们的精力，使得探究的结果并不好。

8.3 第三版

在第二稿的基础上，解决了大部分上一稿遗留下来的问题，具体如下：

（1）着重于图像处理领域，追根溯源，从图像处理的最基本理论开始分析，探究随机过程在图像处理方面的应用体现，使得文章逻辑清晰，思考更加全面深入。（2）针对图像数字化描述、图像的噪声分析以及图像处理三个方面进行了理论与实例紧密结合的分析讨论。（3）针对于小组针对于问题个人思考，我们个性化的调整了应用实例，比如对比随机信号与确定性信号等等，使之能更好的体现随机过程在图像处理领域的应用。（4）添加了我们个人的思考，使得文章的行文语言风格更加平易近人，极大的增加了探究论文的可读性。（5）在文章的每个主要部分增加了小结，用于总结每个主要部分的思路以及成果。添加了版本更替以及个人感想。（6）将文章整齐的排版，整理了文章各个部分的标题，为图片和图表进行编号，使得文章条理分明。

8.4 第四版

在第三稿的基础上，我们在研究一些科学家的图像去雾成果的同时，探究了他们研究问题的思路。并从中学习了他们身上的科学家精神。

- (1) 加入了何恺明的成就——暗通道去雾法的诞生过程，以及他身上的科学家精神。
- (2) 加入了淦创的成就、成长历程以及他身上的科学家精神。