

分类号 _____
U D C _____

密 级 _____ 公开
编 号 _____ 10486

武 汉 大 学
硕 士 学 位 论 文

武汉大学LaTeX 硕士论文模板

研 究 生 姓 名： 余 磊

指导教师姓名、职称： 孙 洪 教授

学 科、 专 业 名 称： 信号与信息处理

研 究 方 向： 信号处理

二〇一六年一月

LaTeX Thesis Template of Wuhan University

Lei Yu

Supervisor:
Prof. Hong Sun



School of Electronic and Information
Wuhan University

January, 2016

*Submitted in total fulfilment of the requirements for the degree of M.A.
in Signal and Information Processing*

郑 重 声 明

本人的学位论文是在导师指导下独立撰写并完成的，学位论文没有剽窃、抄袭、造假等违反学术道德、学术规范和侵权行为，否则，本人愿意承担由此而产生的法律责任和法律后果，特此郑重声明。

学位论文作者（签名）：

年 月 日

摘 要

这是一个武汉大学博士学位论文Latex模板……

关键词： 武汉大学，学位论文，Latex模板

Abstract

This is a Latex thesis template of Wuhan University...

Keywords: Wuhan University, Thesis, Latex template.

目 录

摘 要	I
Abstract	II
1 武汉大学论文Latex模板介绍	1
1.1 编译方法	1
1.2 封面设计	1
2 博士论文印制规则	3
2.1 有用的命令	4
2.1.1 定理、例子、注等环境	4
2.1.2 添加插图	5
2.1.3 如何引用参考文献	7
3 画图软件Tikz使用方法	9
3.1 介绍	9
4 电子信息学院博士答辩流程	10
参考文献	11
附录 A 混沌感知矩阵	12
A.1 混沌系统及其统计性质	12
A.1.1 分布	12
A.1.2 相关性	13
A.1.3 统计独立性	13
A.2 混沌感知矩阵	15
A.3 仿真实验	17
A.4 小结	18
附录 B UNIX	22
B.1 UNIX 历史	22
B.2 UNIX 家谱	23
B.2.1 复杂表格	23
B.2.2 其它	25
B.3 参考文献	25
B.4 公式	25

致 谢	27
--------------	----

1 武汉大学论文Latex模板介绍

这是一个武汉大学论文的Latex模版，下面是包含的几个主要文件列表：

表 1.1: 论文模版中的文件说明

WHUthesis.cls	论文的样式文件，包括封面设计、正文格式等等
WHUthesis.cfg	论文中一些基本变量的定义，例如参考文献标题、郑重声明等等
build.sh	生成pdf文档的脚本

注 1. 如果您自认为是一个对Latex比较在行，可以尝试着修改样式文件中的某些设置，已达到你想要的效果。如果您只是一位Latex新手，建议您不要随意改动cls文件和cfg文件。

注 2. 建议您将所有的章节文件都放在命名为chapters的文件夹下，将论文中引用的插图放在命名为figures的文件夹下，参考文献放在命名为bib的文件夹下，然后一些logo图片放在命名为logo的文件夹下。

1.1 编译方法

这个模板是在中科院的博士论文模板的基础上修改得到的，由于作者水平有限，可能会有很多不是很优化的地方。

首先，在具体介绍如何编写文档内容之前，我想简单的介绍一下本论文模板的结构和编译方法。论文模板的结构可以参照表 1.1：样式文件WHUthesis.cls定义了论文的样式（就像C语言中的H文件），其中包括论文的封面设计、正文的风格、字体、页眉页脚、边距、参考文献格式等等，因此如果用户想修改某些设置，则需要先看懂这个文件；基本变量文件WHUthesis.cfg则定义了论文中一些重要的变量（就像C语言中的全局变量），例如论文封面上出现的文字（“武汉大学”、“研究生姓名”、等等）。

1.2 封面设计

- 分类号设置：

```
\classification{}
```


- 密级设置:

`\confidential{}`

- UDC设置:

`\UDC{}`

- 编号设置:

`\serialnumber{}`

- 论文题目设置:

`\title{XXXX论文}`

- 论文作者设置:

`\author{XXX}`

- 论文导师姓名设置:

`\advisor{XX} \advisortitle{教授}`

- 论文作者单位:

`\institute{武汉大学电子信息学院}`

- 学科、专业名称:

`\major{信号与信息处理}`

- 研究方向:

`\field{信号处理}`

- 答辩时间:

`\defenddate{\todaybig}` 或者自己设定 `\defenddate{二零一一年十二月}`

2 博士论文印制规则

（这一段blabla可以直接跳过……）国务院学位办文件规定：研究生学位论文撰写和编印必须符合国家标准局统一编制格式，并将博士学位论文提交北京图书馆和北京科技信息研究所收入国家级图书编目，以便及时向社会提供查阅，促进国内外学术交流。根据文件精神结合我校学位论文归档的要求，对我校博士学位论文印制规格作出如下规定：

（重点部分到了）

论文装订格式的排列顺序：

1. 封面；
2. 论文英文题目（专用一页纸，上方为题目用宋体2号字，下方为研究生姓名宋体4号字、外文专业应有中文题目）
3. 郑重声明（格式和要求见附页一）
4. 学位论文使用授权书（格式和要求见附页二）
5. 博士生自认为的论文创新点
6. 中文摘要
7. 英文摘要
8. 目录
9. 引言
10. 正文
11. 中外文参考文献
12. 攻博期间发表的与学位论文相关的科研成果目录
13. 后记（也可不要此页）

2.1 有用的命令

2.1.1 定理、例子、注释环境

文章中如果要采用定理、例子、注释等环境，可以在文件WHUthesis.cfg中的最后“the theorems definitions”部分中修改和添加。例如，

```
\newtheorem{them}{定理~}[chapter]
```

则定义了定理环境，中括号[chapter]表示该定理按章编号。那么，在正文中定义某个“定理”环境的时候，则只需要进行如下的操作：

```
\begin{them}[男人不等于女人]
```

这是第一个定理的例子。

```
\end{them}
```

通过“generate_pdflatex.cmd”命令编译后的结果就是

定理 2.1 (男人不等于女人). 这是第一个定理的例子。

如果要添加相应的证明过程，就可以使用

```
\begin{proof}
```

男人=男+人； \\

女人=女+人； \\

男 \neq 女； \\

所以：男人 \neq 女人。

```
\end{proof}
```

编译后的结果为：

证明. 男人=男+人；

女人=女+人；

男 \neq 女；

所以：男人 \neq 女人。

□

其他的环境和上述例子相似，这里就不重复了。

2.1.2 添加插图

如果对latex有所了解的同学，这一部分可以直接跳过。

插入图片的基本格式：

```
\begin{figure}[!ht]
\centering
\includegraphics[width=.5\textwidth]{logo.jpg}
\caption{图xxx的简单解释。}
\end{figure}
```

效果图如下：



图 2.1: 图xxx的简单解释。

注 3. 值得一提的是，因为使用pdflatex来编译，该模板支持的图像格式包括：jpg, png, pdf，但是eps格式的图像不能被识别。

另外一种添加插图的方法是采用Tikz宏包直接设计图片，推荐使用Qtikz工具来设计图片，然后Copy到对应的位置。

```
\usetikzlibrary{decorations.pathreplacing}
\usetikzlibrary{arrows,shapes}
\usetikzlibrary{calc}
\begin{tikzpicture}[
parameter/.style={diamond,draw,minimum size=0.8cm,inner sep=0},
latent/.style={circle,draw,minimum size=0.8cm},
youtput/.style={circle,draw,minimum size=0.8cm,fill=black!30},
neighbor/.style={circle,draw,densely dotted,minimum size=0.8cm},
>=latex
]
\matrix[row sep=0.8cm,column sep=1.2cm]{
\node[parameter](ef) {} node [above] at(ef.north) {$e,f$};
```

```

& \node[parameter](ab) {} node [above] at(ab.north) {$a,b$};
& \node[parameter](cd) {} node [above] at(cd.north) {$c,d$};
\\
\node[latent](pi) {} node [right] at(pi.north east) {$\pi_i$};
& \node[latent](alpha) {} node [right] at(alpha.north east) {$\alpha_i$};
& \node[latent](alpha0) {} node [right] at(alpha0.north east) {$\alpha_0$};
\\
& \node[latent](wi) {} node [right] at(wi.north east) {$w_i$};
&
\\
\node[neighbor](zj) [xshift=-0.9cm] {} node [right] at(zj.north east)
    {$z_{\mathcal{J}(i)}$};
\node[latent](zi) [xshift=0.9cm] {} node [right] at(zi.north east)
    {$z_i$};
\path node[draw,rectangle,minimum height=1.7cm,minimum width=3.4cm,dashed,
    opacity=0.4,fill=black!30]
    (bp) at ($(zj)!0.5!(zi)$) {};
\path node[anchor=north west] at (bp.north west) {BP};
& \node[latent](theta) {} node [right] at(theta.north east) {$\theta_i$};
& \node[youtput](y) {} node [right] at(y.north east) {$y_j$};
\\
};

\path[->] (ef) edge (pi)
(pi) edge (bp)
(ab) edge (alpha)
(alpha) edge (wi)
    (wi) edge (theta)
(theta) edge (y)
(cd) edge (alpha0)
(bp) edge (theta)
(alpha0) edge (y);

```

```

\path[draw] ($(\text{bp.south west})+(-0.2,-0.2)$) rectangle
              ($(\text{alpha.north east})+(0.8,0.6)$);
\path node[below,anchor=north] at (\text{theta.south}) {\$i=1,\dots,N\$};
\path node[rectangle,draw,minimum height=2.1cm,minimum width=2.4cm] at (\text{y}) {};
\path node[anchor=north] at (\text{y.south}) {\$j=1,\dots,M\$};

\end{tikzpicture}

```

对应的图片如下图所示：

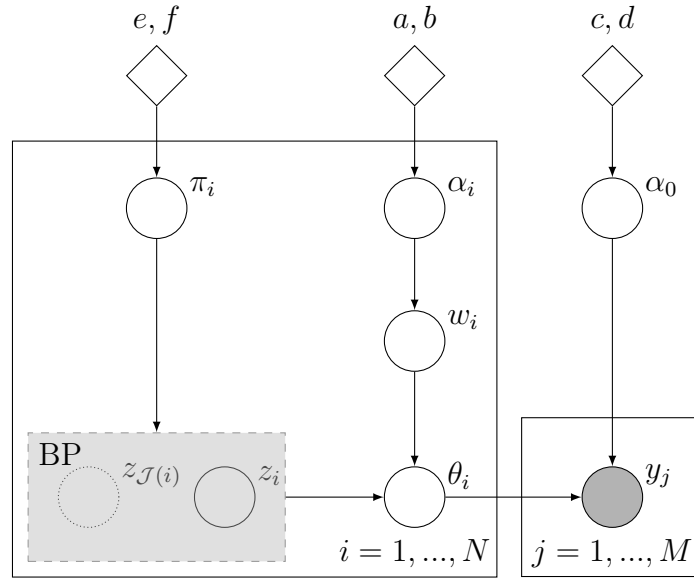


图 2.2: 这是一个Tikz宏包的例子。

2.1.3 如何引用参考文献

参考文献一般采用bib文件单独编辑，格式通常如下：

```

@ARTICLE{Daspremont2011,
  author = {d'Aspremont, A. and El Ghaoui, L.},
  title = {Testing the nullspace property using semidefinite programming},
  journal = {Mathematical Programming},
  year = {2011},
  pages = {1--22},
  owner = {Administrator},

```

```

publisher = {Springer},
timestamp = {2011.09.20}
}

```

将所有的参考文献按照上述格式书写后，存为bib文件（比如all.bib）。然后，通过下面的命令将该bib文件包含到文档中来。

```
\bibliography{bib/all.bib}
```

注 4. 可以将所有相关的参考文献，例如有关于Markov场问题的文献，存为markov.bib文件，而所有关于graphcut的文献则存为graphcut.bib文件，然后文档中如果用到相应的参考文献，我们就可以同时包含两个文件，

```
\bibliography{bib/graphcut.bib,bib/markov.bib}
```

不用担心那些没有用在文档中引用的参考文献会出现在文档中，因为latex可以自动的屏蔽那些没有cite的文献，使其不显示在最后的参考文献中。

参考文献的引用格式如下：

我们要在这里引用一个傻傻的文献\cite{Daspremont2011}，或者采用上标引用的格式\citep{Daspremont2011}。

我们要在这里引用一个傻傻的文献[?]，或者采用上标引用的格式[?]。

注 5. 关于参考文献在文章最后的排列顺序则可以通过如下命令来设置：

如果按照在文章出现的顺序排列，则在\bibliography{bib/all.bib}命令前面加入

```
\bibliographystyle{unsrt}
```

如果按照作者名字的首字母顺序排列，则在\bibliography{bib/all.bib}命令前加

```
\bibliographystyle{plain}
```

本文设置为按照出现顺序排序，参考文献[?]和参考文献[?]出现的顺序。

注 6. 值得提醒的是，一般来说，如果修改一次参考文献，需要编译两次才能得到正确的结果。

3 画图软件Tikz使用方法

3.1 介绍

使用软件Qtikz来预览。

4 电子信息学院博士答辩流程

参考文献

- [1] 邓建松, 彭冉冉, 陈长松. *L^AT_EX 2_ε 科技排版指南*. 科学出版社, 书号: 7-03-009239-2/TP.1516, 北京, 2001.
- [2] 王磊. *L^AT_EX 2_ε 插图指南*. 2000.
- [3] 张林波. 关于新版 *CCT* 的说明. 2003.
- [4] C_T_EX 翻译小组. *lshort* 中文版 3.20. 2003.
- [5] Donald E. Knuth. *Computer Modern Typefaces*, volume E of *Computers and Typesetting*. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1986.
- [6] Donald E. Knuth. *METAFONT: The Program*, volume D of *Computers and Typesetting*. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1986.
- [7] Donald E. Knuth. *The METAFONTbook*, volume C of *Computers and Typesetting*. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1986.
- [8] Donald E. Knuth. *TeX: The Program*, volume B of *Computers and Typesetting*. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1986.
- [9] Donald E. Knuth. *The TeXbook*, volume A of *Computers and Typesetting*. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1986.
- [10] Leslie Lamport. *LaTeX — A Document Preparation System: User's Guide and Reference Manual*. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 2nd edition, 1985.

附录 A 混沌感知矩阵

正如第1章中介绍的，确定一个感知矩阵满足RIP条件，对于在低维测量空间中保留压缩感知原始信号的信息是十分必要的¹。因此，压缩感知理论框架中的其中一个最重要的任务就是构造这样的感知矩阵。在本章中，我们将提出采用混沌序列来构造感知矩阵，称为“混沌感知矩阵”，并且通过理论证明，混沌感知矩阵在很大概率上也满足所谓的RIP条件，这一结果与高斯随机矩阵很相似。

本章的主要贡献在于在混沌序列和压缩感知中建立了一个潜在联系。通过实验表明混沌感知矩阵的性能与高斯随机矩阵和稀疏随机矩阵具有相类似的结果。本章的组织结构如下：在第A.1节，我们将分析Logistic混沌系统的统计特性。第A.2节中我们介绍构造混沌感知矩阵的方法，并给出相应的证明。第A.3节中，我们将通过实验来分析混沌感知矩阵的性能。最后，本章将给出简单的小结。

A.1 混沌系统及其统计性质

考虑下面的二次迭代式：

$$z_{n+1} = rz_n(1 - z_n) \quad (\text{A.1})$$

其中 r 为正的实数。当 $r \in [0, 4]$ 时，式(A.1)就是简单的一维离散混沌系统，称为Logistic映射。特别的，当 $r = 4$ 时，式(A.1)的解为：

$$z_n = \frac{1}{2}[1 - \cos(2\pi\theta 2^n)] \quad (\text{A.2})$$

众所周知，由式(A.1)可以产生非常复杂的序列，而其动态过程却非常简单，因此在实际应用中常常被用做产生随机序列^[7]。在这一节中，我们将分析其统计性质：分布；相关性；与采样距离相关的统计独立性。

首先记作

$$x_n = \cos(2\pi\theta 2^n) \quad (\text{A.3})$$

显而易见，因为序列 z_n 和序列 x_n 之间的线性关系，使得它们具有相似的统计性质：如果 x_n 和 x_m 是统计独立的，相应的， z_n 和 z_m 也是统计独立的。

A.1.1 分布

由方程(A.3)产生的序列满足下面的统计性质^[7]：(a) 0均值；(b) 序列中所有的元素 x_n 满足 $x_n \in [-1, 1]$ ；(c) 具有稳定的统计分布 $\rho(x) = \frac{1}{\pi}(1 - x^2)^{-1/2}$ 。

¹这一部分工作已经发表在期刊*IEEE Signal Processing Letters* ^[7]上。

A.1.2 相关性

由于上述分布的对称性, 容易得到, 其序列的自相关具有如下性质: 所有的奇数阶自相关都为0, 即 $E(x_n^m) = 0$, 当 m 为奇数时; 所有的偶数阶自相关都不为0, 且可以通过计算得到

$$E(x_n^m) = 2^{-m} \binom{m}{\frac{m}{2}}, \quad \text{当 } m \text{ 为偶数时}; \quad (\text{A.4})$$

A.1.3 统计独立性

在文献[?]中, 已经证明由方程(A.3)产生的序列的元素之间是不独立的. 但是通过随机变量之间的高阶相关性, 我们可以衡量两个随机变量之间的统计独立性, 即如果高阶不相关, 则可以看作近似统计独立. 而由方程(A.3)产生的序列中, 元素之间的高阶相关性又和序列的采样距离有关. 因此, 有下面的引理:

引理 A.1. 定义 $X = \{x_n, x_{n+1}, \dots, x_{n+k}, \dots\}$ 为方程(A.3)产生的序列, 其初始点定义为 $x_0 = \cos(2\pi\theta)$, 同时定义正整数 d 为采样距离, 那么对于任意的正整数 $m_0, m_1 < 2^d$, 都有

$$E(x_n^{m_0} x_{n+d}^{m_1}) = E(x_n^{m_0}) E(x_{n+d}^{m_1}). \quad (\text{A.5})$$

证明:

该证明分为两个部分: (1) 当 m_0, m_1 中至少有一个是奇数时, 那么根据上述相关性的分析, 容易得到式(A.5)的右边等于0. 而对于该式的左边而言, 则有

$$\begin{aligned} & E(x_n^{m_0} x_{n+d}^{m_1}) \\ &= \int_{-1}^1 \rho(x_0) x_n^{m_0} x_{n+d}^{m_1} dx_0 \\ &= \int_0^1 \cos^{m_0}(2\pi\theta 2^n) \cos^{m_1}(2\pi\theta 2^{n+d}) d\theta \\ &= \frac{1}{2^{(m_0+m_1)}} \sum_{\sigma} \delta \left(2^n \sum_{i=1}^{m_0} \sigma_{n_i} + 2^{n+d} \sum_{i=1}^{m_1} \sigma_{(n+d)_i} \right) \end{aligned}$$

其中最后一个等式用到了两个条件: a) $\cos \theta = (e^{i\theta} + e^{-i\theta})/2$; b) $\int_0^1 e^{i2\pi\theta k} d\theta = \delta(k)$, 其中 $\delta(k) = 0$ 如果 $k \neq 0$ 否则等于1. \sum_{σ} 表示所有可能多项式展开的组合, 其中 $\sigma_{n_i} = \pm 1$, $\sigma_{(n+d)_i} = \pm 1$.

然后分析式(A.5)的左边的可能的值, 可以有下面两种可能:

- m_1 是奇数, 则 $|\sum_{i=1}^{m_0} \sigma_{n_i}| \leq m_0$, 且 $|\sum_{i=1}^{m_1} \sigma_{(n+d)_i}| \geq 1$, 因此 $2^n \sum_{i=1}^{m_0} \sigma_{n_i} + 2^{n+d} \sum_{i=1}^{m_1} \sigma_{(n+d)_i} \neq 0$, 从而得出式(A.5)的左边也等于0;

- m_1 为偶数, 那么 m_0 一定是奇数(根据之前的假设), 可能出现 $\sum_{i=1}^{m_1} \sigma_{(n+d)_i} = 0$, 但是 $\sum_{i=1}^{m_0} \sigma_{n_i} \neq 0$ (因为 m_0 是奇数), 那么 $2^n \sum_{i=1}^{m_0} \sigma_{n_i} + 2^{n+d} \sum_{i=1}^{m_1} \sigma_{(n+d)_i} \neq 0$, 同样也推出式(A.5)的左边也等于0.

(2)当 m_0, m_1 都为偶数时, 可以经过简单的计算得到,

$$E(x_n^{m_0} x_{n+d}^{m_1}) = 2^{-(m_0+m_1)} \begin{pmatrix} m_0 \\ m_0/2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} m_1 \\ m_1/2 \end{pmatrix}$$

比较式(A.4), 可以得到式(A.5). ■

引理A.1说明当 $d \rightarrow \infty$ 时, x_n 和 x_{n+d} 是趋近于统计独立的, 这个结果正好和文章[?]的结果相对应. 因此, 如果我们取 $d = 15$ 或者更大, x_n 和 x_{n+d} 的任意阶(这时 m_0, m_1 小于 $2^d = 32768$)矩, 都是不相关的. 这时, 可以近似的将 x_n 和 x_{n+d} 看作是统计独立的, 如图 A.1所示.

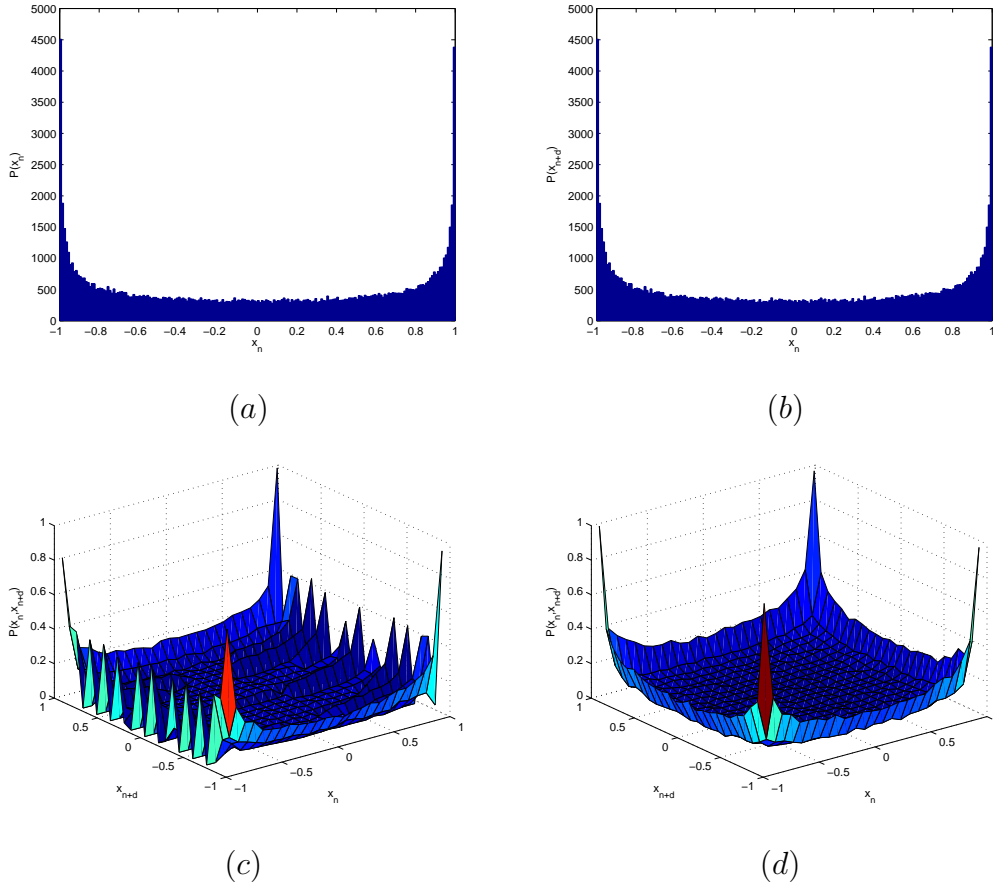


图 A.1: (a) x_n 的概率密度; (b) x_{n+d} 的概率密度; (c) $d = 5$ 时, x_n 和 x_{n+d} 的联合概率密度; (d) $d = 15$ 时, x_n 和 x_{n+d} 的联合概率密度

A.2 混沌感知矩阵

定义混沌序列 $Z(d, k, z_0) = \{z_n, z_{n+d}, \dots, z_{n+kd}\}$ 为从Logistic映射(A.1)由初始值 z_0 产生的一组序列中经过采样之后得到的序列, 其采样距离定义为 d , k 为采样点个数. 另外, 定义 $x_k \in X(d, k, x_0)$ 为对应的规则化之后的序列

$$x_k = 1 - 2z_{n+kd} \quad (\text{A.6})$$

不难看出, $X(d, k, x_0)$ 对应式(A.3), 且 $x_0 = 1 - 2z_0$, 因此序列 $X(d, k, x_0)$ 满足上节讨论的统计性质.

为了构造混沌压缩感知矩阵 $\Phi \in \mathbb{R}^{M \times N}$, 首先产生采样的Logistic序列 $X(d, k, x_0)$, 其中 $k = MN$, 然后将序列 $X(d, k, x_0)$ 按逐列的方式构造 Φ 如下

$$\Phi = \sqrt{\frac{2}{M}} \begin{pmatrix} x_0 & \dots & x_{M(N-1)} \\ x_1 & \dots & x_{M(N-1)+1} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{M-1} & \dots & x_{MN-1} \end{pmatrix} \quad (\text{A.7})$$

其中, $\sqrt{\frac{2}{M}}$ 为正则化因子. 根据上节分析的结果, 可以选择采样距离 $d = 15$ 来保证序列 $X(d, k, x_0)$ 中元素之间的独立性, 那么矩阵 Φ 中的元素两两之间都是近似独立同分布的, 其分布满足 $\rho(x)$. 可以很容易的计算出矩阵 Φ 满足 $E(\Phi^T \Phi) = I$, 其中 I 为单位矩阵.

下面我们来分析混沌压缩感知矩阵的RIP性质, 首先给出定理如下

定理 A.2. 定义混沌压缩感知矩阵 $\Phi \in \mathbb{R}^{M \times N}$ 如式(A.7), 那么在很大概率上, Φ 满足 s 阶常数为 $\delta > 0$ 的RIP条件², 如果 $s \leq O(M/\log(N/s))$.

不难看出, 矩阵 Φ 是一个近似独立同分布的亚高斯矩阵, Candès, Pajor等^[7, 8]已经证明了所有的亚高斯矩阵都满足RIP条件. 尽管如此, 在本文中, 我们将根据Baraniuk的思想^[9], 给出对定理 A.2的简单证明. 同时, 我们将看到, 引理 A.1对后续证明的影响.

证明定理 A.2之前, 利用上节中的混沌序列相关性性质和高斯随机变量的二阶稳定性, 可以得到类似文献^[9]的结论

引理 A.3. 对于 $h \in]0, 1/2[$,

$$E[\exp(hQ^2)] \lesssim \frac{1}{\sqrt{1-2h}}$$

²为了后续表示方便, 这里省略了 δ_s 的下标.

$$E[Q^4] \lesssim 3$$

其中 $Q = \langle \mathbf{x}, \mathbf{u} \rangle$, \mathbf{x} 为矩阵 Φ 的任意行向量, \mathbf{u} 为任意的单位矢量.

引理 A.3 中的符号 \lesssim 表示近似小于, 且当采样距离 $d \rightarrow \infty$ 时, 为严格的小于等于 \leq .

定理 A.2 的证明:

根据 Baraniuk 的思想, 可以将证明分为两个部分, 首先证明矩阵 Φ 的任意子矩阵 Φ_T 满足 J-L 性质^[7], 其次通过排列组合理论可以很容易的得出最后的结论.

(1) J-L 性质:

定义 Φ_T 为矩阵 Φ 的任意列子矩阵, 且选择的列数目 $|T| = s$, s 为信号稀疏度. 那么根据 Chernoff 定理, 对于任意的单位矢量 $\mathbf{u} \in \mathbb{R}^s$, 给定正的常数 h , 则

$$\begin{aligned} & \Pr [\|\Phi_T \mathbf{u}\|^2 \geq 1 + \delta] \\ & \leq \exp(-hM(1+\delta)) E[\exp(hM\|\Phi_T \mathbf{u}\|^2)] \\ & \approx \exp(-hM(1+\delta)) (E[\exp(hQ^2)])^M \\ & \lesssim \exp(-hM(1+\delta)) \left(\frac{1}{\sqrt{1-2h}} \right)^M \\ & \lesssim \exp\left(-\frac{M}{2}(\delta^2/2 - \delta^3/3)\right) \\ & = \exp(-c_1(\delta)M) \end{aligned}$$

其中最后一项不等式是根据泰勒展开, 且将 $h = \frac{1}{2} \frac{\delta}{1+\delta}$ 得到的³. 另外, $c_1(\delta) = \delta^2/4 - \delta^3/6$.

同理, 我们可以得到其下界

$$\begin{aligned} & \Pr [\|\Phi_T \mathbf{u}\|^2 \leq 1 - \delta] \\ & \leq \exp(hM(1+\delta)) E[\exp(-hM\|\Phi_T \mathbf{u}\|^2)] \\ & \approx \exp(hM(1+\delta)) (E[\exp(-hQ^2)])^M \\ & \lesssim \exp(hM(1-\delta)) \left(1 - h + \frac{3}{2}h^2 \right)^M \\ & = \exp(-c_2(\delta)M) \end{aligned}$$

这时取 $h = h_{opt} = \frac{-2-\delta+\sqrt{4+8\delta-5\delta^2}}{3(1-\delta)}$, 且 $c_2(\delta) = h_{opt}(1-\delta)(1-h_{opt}+3h_{opt}^2/2)$.

取 $c(\delta) = \min\{c_1(\delta), c_2(\delta)\}$, 最终得到

$$\Pr [|\|\Phi_T \mathbf{u}\|^2 - 1| \geq \delta] \leq 2 \exp(-c(\delta)M) \quad (\text{A.8})$$

³取 h 的极值点.

(2) RIP:

对于某一种可能的 s -稀疏的信号 \mathbf{v} , 记 T 为非零值元素的坐标集合, 那么 $|T| = s \ll N$. 那么可以根据这个坐标集合 T 构造相应 Φ 的子矩阵 Φ_T , 因此 Φ_T 满足式(A.8). 定义事件 \mathcal{E}_s 为

$$\mathcal{E}_s = \{|\|\Phi_T \mathbf{u}\|^2 - 1| \geq \delta\}$$

事件 \mathcal{E} 为所有可能的 \mathcal{E}_s 的集合, 即

$$\mathcal{E} = \bigcup_{\kappa=1}^s \mathcal{E}_s$$

那么有

$$\begin{aligned} \Pr[\mathcal{E}] &= \bigcup_i \Pr[\mathcal{E}_{T_i}] \lesssim 2 \binom{N}{s} \exp(-c(\delta)M) \\ &\leq 2(eN/s)^s \exp(-c(\delta)M) \\ &= \exp(\log 2 - c(\delta)M + s(\log(N/s) + 1)) \end{aligned}$$

其中, 设常数 $c_3 > 0$, 只要 $s \leq c_3 M / \log(N/s)$, 上式的上界则只含有指数项且其指数满足 $\leq -c_4 M$, 其中 $c_4 \leq c(\delta) - c_3[1 + 1/\log(N/s)]$. 并且, 能找到合适的常数 $c_3 > 0$ 足够小, 以至于 $c_4 > 0$.

因此, 矩阵 Φ 满足RIP条件的概率至少为 $1 - \Pr[\mathcal{E}] \gtrsim 1 - 2e^{-c_4 M}$. ■

A.3 仿真实验

本节将对比混沌压缩感知矩阵和高斯随机矩阵, 伯努利随机矩阵, 稀疏随机矩阵性能. 实验中用到的混沌压缩感知矩阵 Φ 都是根据上节介绍的构造方法, 定义采样距离 $d = 15$ 构造的; 稀疏信号 \mathbf{v} 只有 ± 1 非零值, 且非零值的位置和正负号都是随机给定的; 测量信号 \mathbf{y} 则直接是稀疏信号 \mathbf{v} 在感知矩阵上的映射. 实验中用到的重建算法, 都采用的是由Donoho等开发的SparseLab^[7], 且定义信号可恢复的标准为 $\|\mathbf{v}^* - \mathbf{v}\| < 0.1$, 其中 \mathbf{v}^* 是稀疏信号 \mathbf{v} 的恢复.

可以将实验分为下面几个部分:

1. 稀疏度和测量长度, 稀疏度和信号长度之间的关系: 首先, 固定信号长度 $N = 800$, 令测量长度 M 从100到500变化, 重复实验1000次, 记录下都可恢复的最大稀疏度 s , 如图 A.2所示; 其次, 固定测量长度 $M = 200$, 令信号长度 N 从300到1000变化, 重复实验1000次, 记录下都可恢复的最大稀疏度 s , 如图 A.3所示. 图 A.4为图 A.2的

更为细节的表示.

2. 固定信号长度和测量长度, 各种稀疏度下, 信号的可恢复概率: 固定信号长度 $N = 100$, 测量长度 $M = 50$, 重复实验1000次, 记录下对应每个稀疏度的可恢复概率, 如图 A.5所示.

3. 不同初始状态下产生的混沌压缩感知矩阵的性能对比: 对应不同的初始状态, 即设置系统(A.1)的初值为 $z_0 \in \{0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9\}$, 分别构造不同的混沌压缩感知矩阵, 然后重复部分2的实验, 如图 A.6所示.

实验表明, 基于混沌系统产生的感知矩阵可以达到和高斯随机矩阵几乎等同的效果; 另外, 混沌系统不同初始状态, 对重构算法的性能几乎没有影响.

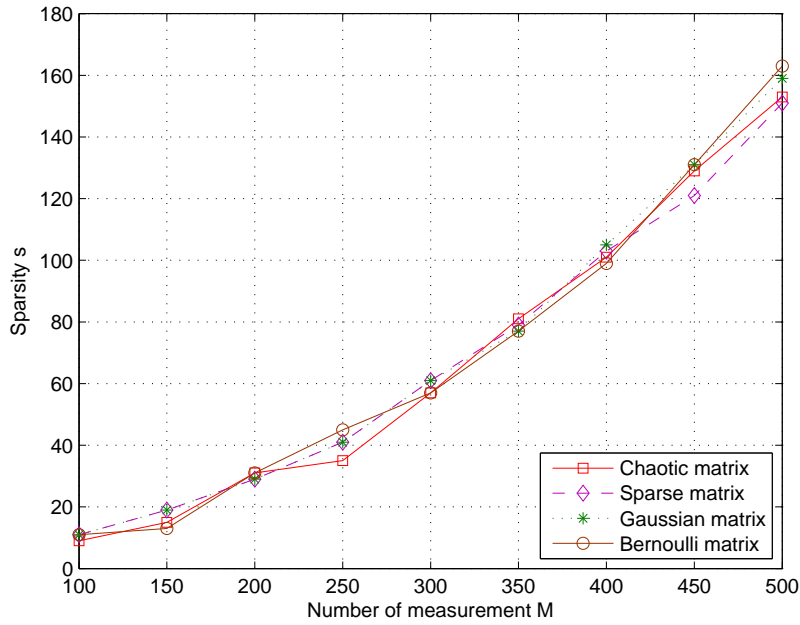


图 A.2: 固定信号长度 $N = 800$, 不同测量长度 M , 可恢复的最大稀疏度 s

A.4 小结

本文提出了用混沌系统(确切的说, Logistic映射)产生压缩感知矩阵, 并通过理论分析得到, 如果给定足够长的采样距离, 可以确保混沌序列的统计独立性, 从而保证了混沌压缩感知矩阵在很大概率上满足RIP条件. 用混沌的方法产生压缩感知矩阵相比其他随机方法, 其动态过程简单, 因此硬件实现容易. 其次, 由于采用的是确定性的非线性系统, 因此后续的针对性的恢复算法是可能的. 最后, 通过实验可以看出, 混沌压缩感知矩阵具有同高斯随机矩阵等感知矩阵同样的效果.

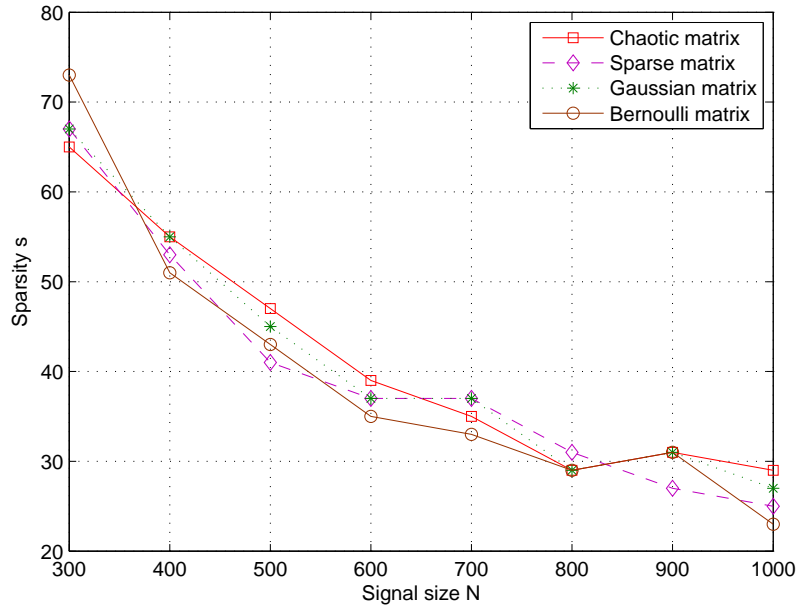


图 A.3: 固定测量长度 $M = 200$, 不同信号长度 N , 可恢复的最大稀疏度 s

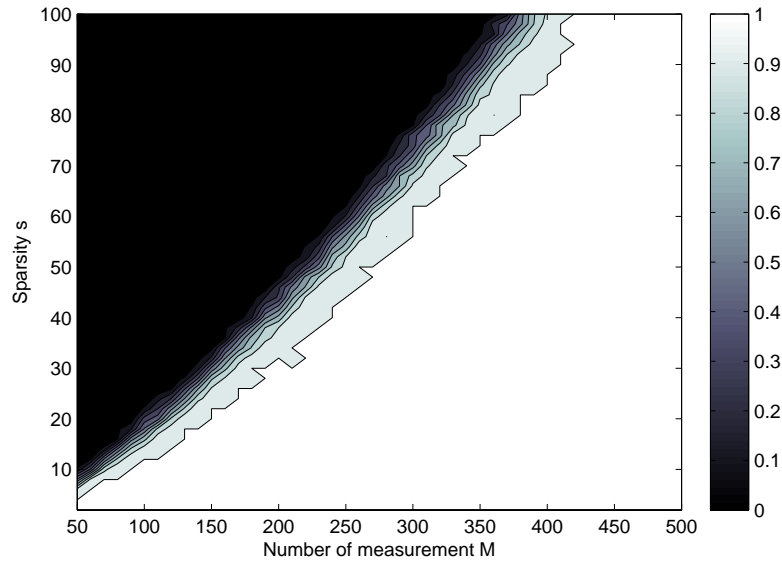


图 A.4: 固定信号长度为 $N = 1000$, 不同测量和不同稀疏度下, 可恢复概率

在压缩感知理论框架中, 构造感知矩阵仍然是一个很开放的问题。在很多方面, 例如Toplitz感知矩阵和结构化感知矩阵等等, 都需要更深层的研究。尽管在

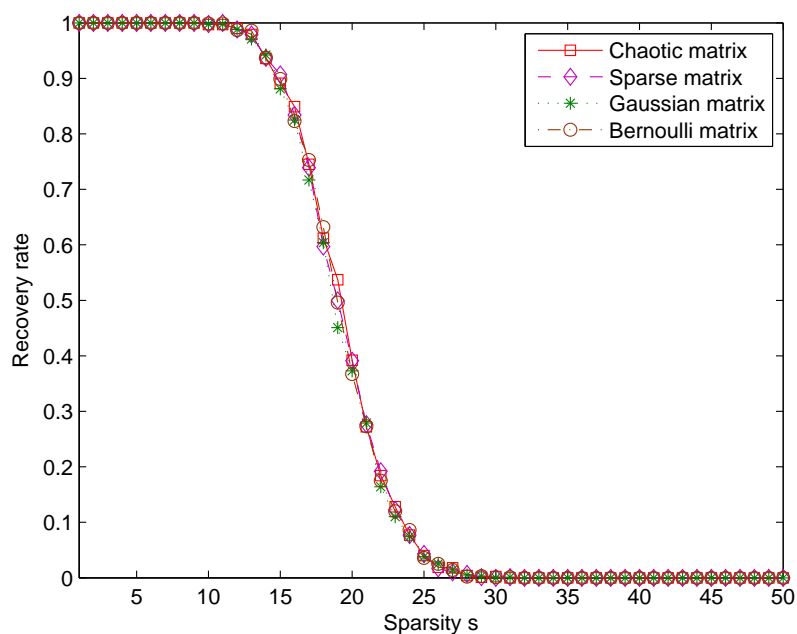


图 A.5: 不同感知矩阵的可恢复概率

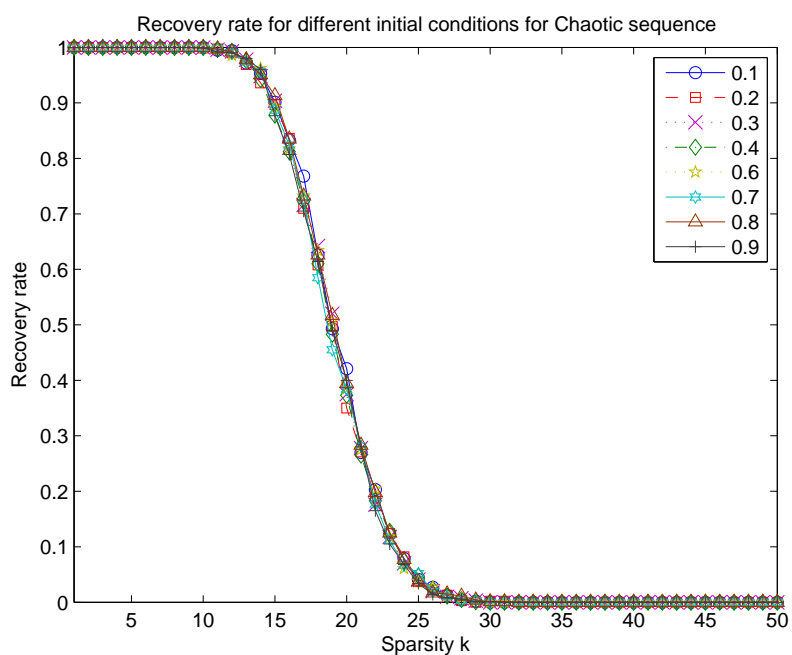


图 A.6: 不同初始状态的混沌压缩感知矩阵的可恢复概率

本章中提出了一种确定性（从某种意义上）的方法，即采用混沌序列来构造感知矩阵，以后的工作还可以从下面的几个方面来考虑：

1. 其他类型的混沌感知矩阵，例如部分Toplitz矩阵（这一部分的初步工作已经发表在论文[?]中）或者循环矩阵；
2. 采用其他类型的混沌系统，例如circle map或者tent map等等^[?]；
3. 混沌感知矩阵在安全传输方面的潜在应用。

附录 B UNIX

UNIX 操作系统 (UNIX)，是美国 AT&T 公司 1971 年在 PDP-11 上运行的操作系统。具有多用户、多任务的特点，支持多种处理器架构，最早由肯·湯普遜 (Kenneth Lane Thompson)、丹尼斯·里奇 (Dennis MacAlistair Ritchie)。和 Douglas McIlroy 于 1969 年在 AT&T 的贝尔实验室开发¹。

Linux 操作系统 (Linux)，是一类计算机操作系统的统称。Linux 操作系统的内核的名字也是 “Linux”。Linux 操作系统也是自由软件和开放源代码发展中最著名的例子。严格来讲，Linux 这个词本身只表示 Linux 内核，但在实际上人们已经习惯了用 Linux 来形容整个基于 Linux 内核，并且使用 GNU 工程各种工具和数据库的操作系统（也被称为 GNU/Linux）。基于这些组件的 Linux 软件被称为 Linux 发行版。

Linux 内核最初只是由芬兰人林纳斯·托瓦兹 (Linus Torvalds)，在赫尔辛基大学上学时出于个人爱好而编写的，当时他并不满意 Minix 这个教学用的操作系统，部分因为只能在有限硬件上运行。最初的设想中，Linux 是一种类似 Minix 这样的一种操作系统。Linux 的第一个版本在 1991 年 9 月被大学 FTP server 管理员 Ari Lemmke 发布在 Internet 上，最初 Torvalds 称这个内核的名称为 “Freax”，意思是自由 (“free”) 和奇异 (“freak”) 的结合字，并且附上了 “X” 这个常用的字母，以配合所谓的 Unix-like 的系统。但是 FTP server 管理员嫌原来的命名 “Freax” 的名称不好听，把内核的称呼改成 “Linux”，当时仅有 10000 行代码，仍必须运行于 Minix 操作系统之上，并且必须使用硬盘开机；随后在 10 月份第二个版本 (0.02 版) 就发布了，同时这位芬兰赫尔辛基的大学生在 comp.os.minix 上发布一则消息

B.1 UNIX 历史

UNIX 的历史开始于 1969 年 ken Thompson, Dennis Ritchie (即著名的 K&G, C 语言的发明人) 与一群人在一部 PDP-7 上进行的一些工作，后来这个系统变成了 UNIX。

主要大事件：

¹摘自中文维基百科

- V1(1971): 第一版的UNIX, 以 PDP-11/20的汇编语言写成。包括文件系统, fork、roff、ed 等软件。
- V4(1973): 以 C 语言从头写过, 这使得 UNIX 修改容易, 可以在几个月内移植到新的硬件平台上。最初C语言是为 UNIX 设计的, 所以 C 与 UNIX 间有紧密的关系。
- V6(1975): 第一个在贝尔实验室外(尤其是大学中)广为流传的 UNIX 版本。这也是 UNIX 分支的起点与广受欢迎的开始。1.xBSD (PDP-II) 就是由这个版本衍生出来的。
- V7(1979): 在许多UNIX玩家的心目中, 这是“最后一个真正的 UNIX,” 这个版本包括一个完整的 K&RC 编译器, Bourne shell。V7 移植到 VAX 机器后称为 32V。

B.2 UNIX 家谱

目前开发 UNIX (System V) 的公司是 Unix System Laboratories (USL)。USL 本为 AT&T 所有, 1993年初被 Novell 收购。Novell 于1993年末将 UNIX 这个注册商标转让给 X/Open 组织。

详细的 UNIX 编年史<http://www.levenez.com/unix/>。

首先来看一个最简单的表格。表?? 列举了本模板主要文件及其功能。请大家注意三线表中各条线对应的命令。这个例子还展示了如何在表格中正确使用脚注。由于 \LaTeX 本身不支持在表格中使用`\footnote`, 所以我们不得不将表格放在小页中, 而且最好将表格的宽度设置为小页的宽度, 这样脚注看起来才更美观。

B.2.1 复杂表格

表 B.1: 这是一张奇怪的表格

学生信息			
班级	姓名	学号	性别
1 班	Ch'en Meng	001	Male
	Sarah Brightman	002	Female

cell1 dummy text dummy text dummy text	cell2	cell3
cell1 dummy text dummy text dummy text	cell5	cell6
cell7	cell8	cell9

此外，表 ?? 同时还演示了另外两个功能：1) 通过`tabularx` 的`|X|` 扩展实现表格自动放大；2) 通过命令`\backslashbox` 在表头部分插入反斜线。

为了使我们的例子更接近实际情况，我会在必要的时候插入一些“无关”文字，以免太多图表同时出现，导致排版效果不太理想。第一个出场的当然是我的最爱：风流潇洒、骏马绝尘、健笔凌云的了。

李白，字太白，陇西成纪人。凉武昭王暠九世孙。或曰山东人，或曰蜀人。白少有逸才，志气宏放，飘然有超世之心。初隐岷山，益州长史苏颋见而异之，曰：“是子天才英特，可比相如。”天宝初，至长安，往见贺知章。知章见其文，叹曰：“子谪仙人也。”言于明皇，召见金銮殿，奏颂一篇。帝赐食，亲为调羹，有诏供奉翰林。白犹与酒徒饮于市，帝坐沉香亭子，意有所感，欲得白为乐章，召入，而白已醉。左右以水颰面，稍解，援笔成文，婉丽精切。帝爱其才，数宴见。白常侍帝，醉，使高力士脱靴。力士素贵，耻之，摘其诗以激杨贵妃。帝欲官白，妃辄沮止。白自知不为亲近所容，恳求还山。帝赐金放还。乃浪迹江湖，终日沉饮。永王璘都督江陵，辟为僚佐。璘谋乱，兵败，白坐长流夜郎，会赦得还。族人阳冰为当涂令，白往依之。代宗立，以左拾遗召，而白已卒。文宗时，诏以白歌诗、裴旻剑舞、张旭草书为三绝云。集三十卷。今编诗二十五卷。

B.2.2 其它

有的同学不想让某个表格或者图片出现在索引里面，那么请使用命令`\caption*{}`，这个命令不会给表格编号，也就是出来的只有标题文字而没有“表 XX”，“图 XX”，否则索引里面序号不连续就显得不伦不类，这也是L^AT_EX里星号命令默认的规则。

迢迢牵牛星，皎皎河汉女。纤纤擢素手，札札弄机杼。终日不成章，泣涕零如雨。河汉清且浅，相去复几许。盈盈一水间，脉脉不得语。

如何引用定理??呢? 加上`label` 使用`ref` 即可。妾发初覆额，折花门前剧。郎骑竹马来，绕床弄青梅。同居长干里，两小无嫌猜。十四为君妇，羞颜未尝开。低头向暗壁，千唤不一回。十五始展眉，愿同尘与灰。常存抱柱信，岂上望夫台。十六君远行，瞿塘滟滪堆。五月不可触，猿声天上哀。门前迟行迹，一一生绿苔。苔深不能扫，落叶秋风早。八月蝴蝶来，双飞西园草。感此伤妾心，坐愁红颜老。

B.3 参考文献

当然参考文献可以直接写`bibitem`，虽然费点功夫，但是好控制，各种格式可以自己随意改写。

本模板推荐使用BIB_TE_X，样式文件为`tongjibib.bst`，基本符合学校的参考文献格式（如专利等引用未加详细测试）。看看这个例子，关于书的[? ? ?]，还有这些[? ? ?]，关于杂志的[? ? ?]，硕士论文[? ?]，博士论文[? ?]，标准文件[?]，会议论文[? ?]，技术报告[?]。中文参考文献[?]应增加`lang='zh'` 字段，以便进行相应处理。另外，这个`bst` 对中文文献[?]的支持并不是十全十美，如果有不如意的地方，请手动修改`bbl` 文件。

B.4 公式

贝叶斯公式如式 (B.1)，其中 $p(y|\mathbf{x})$ 为后验； $p(\mathbf{x})$ 为先验；分母 $p(\mathbf{x})$ 为归一化因子。

$$p(y|\mathbf{x}) = \frac{p(\mathbf{x}, y)}{p(\mathbf{x})} = \frac{p(\mathbf{x}|y)p(y)}{p(\mathbf{x})} \quad (\text{B.1})$$

论文里面公式越多，T_EX 就越happy。再看一个`amsmath` 的例子：

$$\det \mathbf{K}(t = 1, t_1, \dots, t_n) = \sum_{I \in \mathbf{n}} (-1)^{|I|} \prod_{i \in I} t_i \prod_{j \in I} (D_j + \lambda_j t_j) \det \mathbf{A}^{(\lambda)}(\bar{I}|\bar{I}) = 0. \quad (\text{B.2})$$

前面定理示例部分列举了很多公式环境，可以说把常见的情况都覆盖了，大家在写公式的时候一定要好好看`amsmath` 的文档，并参考模板中的用法：

$$\begin{aligned} \int_a^b \left\{ \int_a^b [f(x)^2 g(y)^2 + f(y)^2 g(x)^2] - 2f(x)g(x)f(y)g(y) dx \right\} dy \\ = \int_a^b \left\{ g(y)^2 \int_a^b f^2 + f(y)^2 \int_a^b g^2 - 2f(y)g(y) \int_a^b fg \right\} dy \end{aligned}$$

其实还可以看看这个多级规划：

$$\left\{ \begin{array}{l} \max_x F(x, y_1^*, y_2^*, \dots, y_m^*) \\ \text{subject to:} \\ G(x) \leq 0 \\ (y_1^*, y_2^*, \dots, y_m^*) \text{ solves problems } (i = 1, 2, \dots, m) \\ \left\{ \begin{array}{l} \max_{y_i} f_i(x, y_1, y_2, \dots, y_m) \\ \text{subject to:} \\ g_i(x, y_1, y_2, \dots, y_m) \leq 0. \end{array} \right. \end{array} \right. \quad (\text{B.3})$$

这些跟规划相关的公式都来自于刘宝碇老师《不确定规划》的课件。

默认列表环境上下间距很大，模板将其重定义为`paralist` 中的压缩环境，看起来要好一些。如果还是不满意，自己也可以调`\itemsep` 的。`paralist` 还可以方便的指定标签的样式。

致 谢

值此论文完成之际，我要感谢……