

学士学位论文

THESIS OF BACHELOR



華東師範大學

East China Normal University

# 本科生毕业论文

论文题目： 基于“一带一路”沿线国家汇率风  
险的传导性究

学生姓名：	洪
学生学号：	10165000128
专    业：	统计专业
指导教师：	叶明华教授
学院(系)：	统计系

## 基于“一带一路”沿线国家汇率风险的传导性研究

### 摘要

截至 2020 年 1 月底,中国所发起的“丝绸之路经济带和 21 世纪海上丝绸之路(简称一带一路)”计划已有 123 个参与国,极大促进了世界范围内的经济贸易合作和交流。然而在实际的进程中,沿线国家的经济政治文化差异,基础设施建设和资本流动的增加,不可避免会导致货币汇率的剧烈波动,而这又将反作用于经济和贸易。在经济分析的传统框架下,汇率波动会对实体经济产生重大影响。在国家积极推进“一带一路”倡议的背景下,研究中国与“一带一路”沿线国家汇率风险具有重要的理论意义和现实价值。

本文采用了复杂网络模型对一带一路沿线国家的汇率相关性用进行建模,结合变异系数的统计分析,呈现了沿线国家汇率波动的传导结构和汇率波动情况。经过对数据进一步筛选呈现出来的精简化的复杂网络模型显示,对汇率影响较大的国家地理上呈现分散趋势,并不具备集群性。对各洲筛选出的 4 组邻近国家进行 VAR 建模和格兰杰因果检验后,进一步揭示了地理位置相近并不一定对国家之间的汇率波动带来格兰杰因果性。

**关键词:** 一带一路, 汇率风险, 复杂网络模型, VAR 模型, 格兰杰因果检验

# RESEARCH ON EXCHANGE RATE RISK IN EXPORT CREDIT INSURANCE UNDER THE BACKGROUND OF “ ONE BELT AND ONE ROAD”

## ABSTRACT

By the end of January 2020, China had initiated 123 participating countries in the “The Silk Road Economic Belt and the 21st-century Maritime Silk Road (referred to as the “One Belt and One Road”), which greatly promoted economic and trade cooperation and exchanges worldwide. In the context of the country’s active promotion of the “Belt and Road” initiative, it is of great theoretical significance and practical value to study the exchange rate risk between China and the countries along the “Belt and Road”.

In this paper, a complex network model is used to model the exchange rate correlation of countries along the Belt and Road. Combined with the statistical analysis of the coefficient of variation, the transmission structure of exchange rate fluctuations is presented. The simplified and complex network model presented after further screening of the data shows that the countries that have a greater influence on the exchange rate are geographically dispersed and not clustered. After conducting VAR modeling and Granger causality tests on the four groups of neighboring countries selected by each continent, it is further revealed that geographic proximity does not necessarily bring Granger causality to exchange rate fluctuations between countries.

**Key words:** One Belt And One Road, master thesis, Exchange Rate Risk, Complex Network, VAR, Granger Causality Test

# 目 录

第一章 引言	1
第二章 文献综述	3
第三章 数据分析	5
3.1 数据描述	5
3.2 汇率数据的初步统计分析	5
3.2.1 按不同汇率制度看待变异系数	5
第四章 复杂网络模型	11
4.1 基于复杂网络模型对一带一路国家汇率相关性进行分析	11
4.1.1 复杂网络模型搭建	11
4.1.2 模型结果呈现和分析	12
4.1.3 进一步简化模型	13
第五章 时间序列分析	17
5.1 对地理位置毗邻的重要节点国家时间序列的初步分析	17
5.1.1 平稳性检验	17
5.1.2 进行一阶差分	18
5.2 建立 VAR 模型建模并通过格兰杰因果检验探究是否存在时间上的因果性	18
5.2.1 模型搭建	18
5.2.2 格兰杰因果检验的定义	18
5.2.3 实验结果	19
第六章 总结	23
6.1 结论	23
6.2 政策建议	23
附录 A 时间序列建模代码附录	25
参考文献	27
致 谢	29

插图索引

图 3-1 不同汇率制度国家的变异系数分布 . . . . . 7

图 3-2 不同汇率制度国家的变异系数分布 . . . . . 8

图 3-3 所属不同汇率制度国家的数量占比情况 . . . . . 9

图 4-1 完整的复杂网络模型 . . . . . 12

图 4-2 简化后的复杂网络模型 . . . . . 14

图 4-3 重点关注国家的地理分布 . . . . . 15

图 5-1 4 组国家的时间序列走势图 . . . . . 17

## 表格索引

表 4-1	重点研究国家名单 . . . . .	14
表 5-1	单位根检验 $p$ 值结果 . . . . .	17
表 5-2	苏丹和埃及格兰杰因果检验结果 . . . . .	19
表 5-3	委内瑞拉和智利格兰杰因果检验结果 . . . . .	20
表 5-4	新加坡和缅甸格兰杰因果检验结果 . . . . .	20
表 5-5	俄罗斯和乌克兰格兰杰因果检验结果 . . . . .	21

## 第一章 引言

2013年9月，中国首次发起建立“丝绸之路经济带和21世纪海上丝绸之路（简称一带一路）”计划，围涵盖历史上丝绸之路和海上丝绸之路行经的中国大陆、中亚、北亚和西亚、印度洋沿岸、地中海沿岸、南美洲、大西洋地区的国家。

“一带一路”是在后金融危机时代，作为世界经济增长火车头的中国，将自身的产能优势、技术与资金优势、经验与模式优势转化为市场与合作优势，实行全方位开放的一大创新。通过“一带一路”建设共同分享中国改革发展红利、中国发展的经验和教训。中国将着力推动沿线国家间实现合作与对话，建立更加平等均衡的新型全球发展伙伴关系，夯实世界经济长期稳定发展的基础。截至2020年1月底，中国已经与138个国家和30个国际组织签署了200份共建“一带一路”合作文件。

一带一路计划通过经济和贸易将沿线国家联系起来，在此过程中基础设施建设和资本流动的增加不可避免会导致货币汇率的剧烈波动，而这又将反作用于经济和贸易。在经济分析的传统框架下，汇率波动会对实体经济产生重大影响。汇率在国际贸易中是重要的调节杠杆，因此在考虑跨国的贸易合作时，汇率是一个极其重要的经济变量，近年来人民币汇率不断贬值，波动幅度不断增大，给我国外向型企业带来越来越大的压力，逐渐削弱了我国出口商品的价格的比较优势，对我国外贸发展带来一定影响。不仅如此，一带一路计划中所涉及的大部分国家采取的是浮动汇率制度，在不断加强的经济贸易活动中无疑潜藏着巨大风险。因此在国家积极推进“一带一路”倡议的背景下，研究中国与“一带一路”沿线国家汇率变动具有重要的理论意义和现实价值。

## 第二章 文献综述

汇率风险和贸易之间的关系在学术界已经有很广泛和深入的研究。在经典的经济分析框架中,汇率波动对实体经济具有重大影响<sup>[1-4]</sup>,汇率如果下跌,将有利于促进贸易出口,而同时可能导致进口价格的增加并导致进口通胀,同时汇率贬值将会促使海外投资增加,导致额外的投资风险。因此在考虑国际间的贸易合作时,汇率是一个十分重要的经济变量。一些研究尝试使用历史数据来解释汇率的动态结构,并使用该结构进行未来的预测<sup>[5]</sup>。

影响汇率的因素错综复杂,学术界也尝试用各种模型去拟合,如有学者利用 garch 模型拟合索马里汇率发现宏观经济因素和来自于自身的波动震荡都会使其受到影响,当处于无政府状态缺乏宏观经济监管时,汇率本身也伴随着巨大震荡<sup>[6]</sup>。也同样有利用 garch 模型拟合汇率波动,探究了旅游业与汇率之间的关系<sup>[7]</sup>。也有学者利用两种极端的货币机制情形验证了汇率波动和各种宏观经济总体的关系将取决于货币机制这一观点<sup>[8]</sup>。

而对一带一路沿线国家的汇率风险也已有很多有价值的工作,有学者利用奇异谱分析 (SSA) 解析了一带一路汇率指标 (OBORR) 和人命币有效汇率指数 (CNYX),发现无论从长期还是短期来看,一带一路沿线国家的汇率波动风险都将大于人命币<sup>[9]</sup>。

在实务中有很多因素可以影响汇率的波动。除了从内部的因素进行分析,还可以从外部的表象入手对规律进行探索,从数据角度而言,不同货币种类两两之间的汇率的相关关系为研究汇率的动态网络提供了很好的用来搭建复杂网络模型的材料。<sup>[10-12]</sup>

在经济领域,复杂网络分析已经被应用进股票市场和期货市场用于调查不同资产的相关关系结构<sup>[13]</sup>。汇率市场作为经济市场十分重要的一部分,复杂网络模型在这一领域的应用却相对较少,但复杂网络在处理相关关系和传导机制的具有独特优势。

虽然针对汇率风险研究这一领域成果已丰,但大部分文献所采取的方法都是针对特定的国家汇率进行中长短期分析。基于大样本国家网络的汇率传导机制目前成果较少,郭琨<sup>[14]</sup>采用复杂网络模型对一带一路沿线国家汇率波动的传导结构进行深入分析,并以一带一路计划推出为节点进行分段采样,对比分析一带一路计划对沿线国家的汇率影响,受前辈启发,拟采用复杂网络模型分析型并挖掘在一带一路涉及国家的汇率相关性网络,发掘当中影响力较大国家。进一步对探究地理位置毗邻的国家,利用 VAR 模型和格兰杰因果检验,分析地理位置毗邻这个因素是否会致使汇率波动存在更深的联系。



## 第三章 数据分析

### 3.1 数据描述

截止 2020 年 1 月，一带一路计划已经涉及 138 个国家，分别分布于亚洲，欧洲的中部、南部以及东部、非洲、加勒比地区和南美洲，覆盖范围遍及半个地球。

基于美元具有全球影响力，因此每种货币的兑换对象锚定为美元，如此建立了不同货币之间汇率的联系，方便进行横向比较。

为避免疫情对汇率波动造成额外影响，数据的选取时期是从 2019 年 10 月 10 日到 2020 年 1 月 15 日，避开了这次疫情的影响因素。（数据源来自：<https://cn.exchange-rates.org/>）

数据实际收集过程中，删去了一些无法收集到数据的国家，如蒙古、阿富汗、东帝汶、塔吉克斯坦、马尔代夫等等，还有一些国家并没有独立发行官方货币，如欧元区和一些中非经济共同体国家等。诸如此类原因，包括中国在内，最终确定下来的货币种类个数一共 84 个。从地区分布上，大洋洲一共 3 种货币、北美洲 7 种、南美洲 5 种、欧洲 14 种、亚洲 31 种、非洲 24 种纳入分析范围。

### 3.2 汇率数据的初步统计分析

#### 3.2.1 按不同汇率制度看待变异系数

汇率即为一国货币和其他国家货币的兑换比例，汇率制度是指一国的货币部门在外汇市场管理本国货币与其他货币关系的方式。一国的汇率制度与货币政策通常受共同因素的影响。

传统的经济学分类将汇率制度粗略划分为以下三种：

- 固定汇率：货币与黄金，某种国际性货币（通常是欧元或者美元）之间的汇率被锁定在某一点。
- 钉住汇率：由中央银行维持汇率在某个目标范围或者指定数值附近上下波动。
- 浮动汇率：市场主宰标的货币的汇率变化。
- 其他汇率：非以上三种汇率制度的其他汇率制度。

为了研究上的简洁性，本文对 84 种货币的汇率制度按照传统经济学的分类制度分为了固定汇率制 (hard pegs)、钉住汇率制 (soft pegs)、浮动汇率制 (floating) 和其他类型 (others)

然而各国实行的汇率制度在实务上更加复杂，国际货币基金组织 2006 年对世界各国汇率制度的分类按浮动性分为了以下 8 种：

- 没有分离法币的兑换安排：没有本国的固定货币，而是用其他国家的货币作为本国的主要法币，或者这些国家本身属于某一货币或者通货联盟的成员，如中非经济货币共同体，欧元区等。
- 美元化：一些国家居民同时全面采用外币进行日常交易，或者至少与本国货币平行使用。巴拿马、萨尔瓦多和厄瓜多尔是美元化的典型案例。
- 货币发行局安排：政府通过立法保证，承诺按固定汇率把一指定外币与等价本国货币兑换，并结合对发钞机构对限制以满足法律责任。例子有：香港，文莱

其他常规固定钉住安排：

- 水平区间钉住：仍由汇率在中心汇率周围的固定范围波动，这些波动通常允许大于 1
- 爬行钉住：货币按周期而少量地在一个固定且预先公开的汇率，或者按某些特定指标作出调节
- 爬行钉住汇率：货币价值维持在按中心汇率的指定波动边际内，按周期在一个固定且预先公开的汇率或者按某些特定指标而作出调节。
- 汇率无迹可循的管理浮动：中央银行活跃地透过在外汇市场的干预影响汇率变化，但不会预告和表明汇率变化的路径。例如：阿根廷、新加坡、泰国、俄罗斯。
- 独立浮动：由市场和政府在外汇市场进行干预所决定，旨在缓和汇率变化和汇率的过度波动，并不是企图将其稳定在一个固定水平。例如：英国、日本、美国、澳大利亚。浮动汇率是最常见的汇率制度。带有政府干预性质的汇率制度会称之为管理浮动或者混浊浮动，反之，则成为洁净浮动。

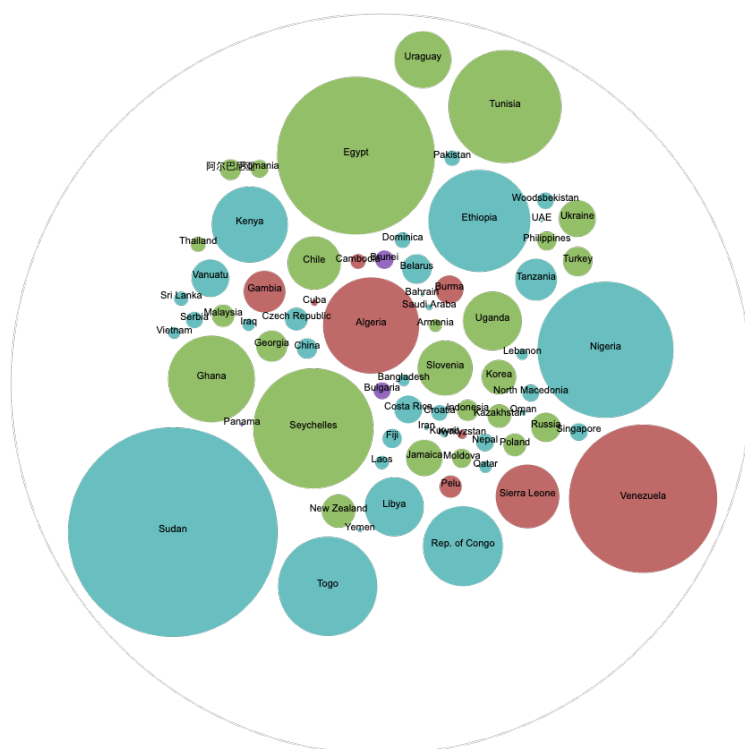
在收集完这 84 个国家的汇率数据后进行了初步分析统计。着重统计了每个国家的变异系数  $C_v$ ，并对每个国家按照汇率制度进行分类后分别计算了 4 类汇率制度国家的变异系数均值，结果如图 ?? 所示

$$c_v = \frac{\sigma}{\mu} \quad (3-1)$$

图 3-1 将一带一路沿线所属不同汇率制度的国家的变异系数进行了可视化，图 a 中的气泡大小和图 b 中不同方块的大小均正比于各个国家变异系数的大小。从国家角度而言，苏丹、埃及、委内瑞拉、尼日利亚、突尼斯、埃塞俄比亚、多哥、阿尔及利亚、加纳、刚果、肯尼亚、塞拉利昂、利比亚、乌拉圭、塞舌尔的变异系数较大。同时可看出除钉住汇率制国家外，其他 3 种汇率制度的国家的波动均较大。

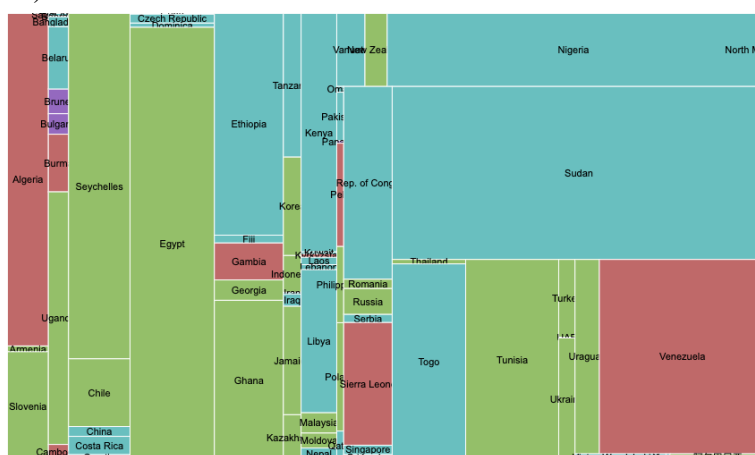
图 3-2 将各个国家按照汇率制度进行划分后，可以看出除钉住汇率制度之外，其余 3 种汇率制度汇率变异系数都比较大。固定汇率制度的国家的汇率并不一定会更加稳定。而实行钉住汇率制度的国家汇率波动相较稳定，但数量较少。

3-2 中的 b 图刻画了 4 种汇率制度国家的汇率的均值情况。除了属于其他汇



a) 不同国家的变异系数可视化图 1

a) Visualization of coefficient of variation in different countries 1



b) 不同国家的变异系数可视化图 2

b) Visualization of coefficient of variation in different countries 2

蓝色：固定汇率制度的国家；紫色：钉住汇率制度的国家  
绿色：浮动汇率制度的国家；红色：其他汇率制度的国家

图 3-1 不同汇率制度国家的变异系数分布

Figure 3-1 Coefficient of variation distribution under different exchange rate systems

a) Visualization of coefficient of variation in different countries 3

b) The average C.V. of different exchange rate

图 3-2 不同汇率制度国家的变异系数分布

第 8 页 共 29 页

率制度国家的变异系数均值较大外，属于固定汇率制度和浮动汇率制度的国家汇率变异系数均值也较大。

属于固定汇率制度的国家一共 51 个。钉住汇率制度的国家一共 4 个，浮动汇率制度的国家一共 30 个，其他汇率制度的一共 14 个。从图中可看出，汇率相对而言稳定的钉住汇率制度的国家在整个国家网络中占比十分少，因此从整个一带一路国家的汇率网络而言，汇率的波动风险较大。

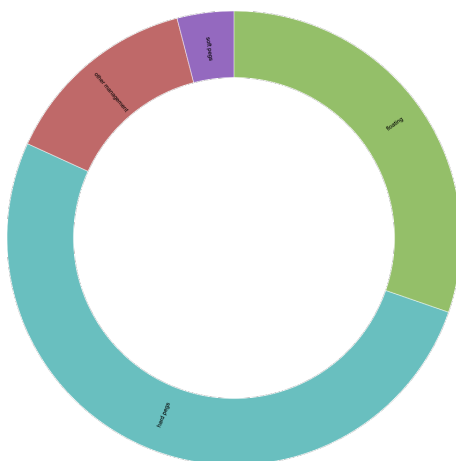


图 3-3 所属不同汇率制度国家的数量占比情况

Figure 3-3 Proportion of countries with different exchange rate systems

将收集到的所有国家按照汇率制度进行统计，当中属于固定汇率制度的国家一共 51 个，钉住汇率制度的国家一共 4 个，浮动汇率制度的国家一共 30 个，其他汇率制度的一共 14 个。图 3-3 描绘了不同汇率制度国家在整个一带一路沿线国家的占比情况，可看出，汇率相对而言稳定的钉住汇率制度的国家在整个国家网络中占比十分少，仅为 4%。而波动相对较大的其余三种汇率制度国家占比有着绝对优势。因此从整个一带一路国家的汇率网络而言，汇率的波动风险较大。

## 第四章 复杂网络模型

### 4.1 基于复杂网络模型对一带一路国家汇率相关性进行分析

一带一路从 2013 年正式发起截止 2020 年, 已有 138 个国家的参与。沿线国家数量众多, 国情和汇率制度差异极大。随着沿线各国贸易活动和资本流通的不断增加, 所面临的汇率风险也无疑越来越大。本文收集了沿线各国流通的 84 种货币从 2019 年 10 月到 2020 年 1 月的数据, 通过计算两两之间的相关关系探究沿线国家的汇率波动传导结构, 想探索是否存在具有主导影响力的国家。由于产生的数据量巨大而且彼此之间相互联系, 为了对数据进行更好的探索和挖掘, 采取复杂网络模型, 并用软件 `gelpi` 对该网络模型分析结果进行了可视化。

#### 4.1.1 复杂网络模型搭建

复杂网络的基本元素由节点和边组成。每个节点是所研究的世界的真实个体的一种抽象表达, 而边则是象征着节点之间的相关关系, 关系的深浅可通过定量赋予权重来衡量。 $w_{ij}, i, j = 1, 2, 3, \dots, n$  代表节点  $i$  和节点  $j$  之间的边的权重,  $n$  指整张网络的全部节点数, 且对于无方向的复杂网络而言

$$w_{ij} = w_{ji} \quad (4-1)$$

在本文中, 每个节点对应一种货币实体, 而边则代表两种货币之间的关系。由于各国汇率数据的差异过大, 因此需要将原始各币种汇率  $\{X_{it}, i = 1, 2, 3, \dots, n; t = 1, 2, \dots, T\}$  标准化, 即

$$Y_{it} = \frac{X_{it} - \bar{X}_i}{std(X_i)} \quad (4-2)$$

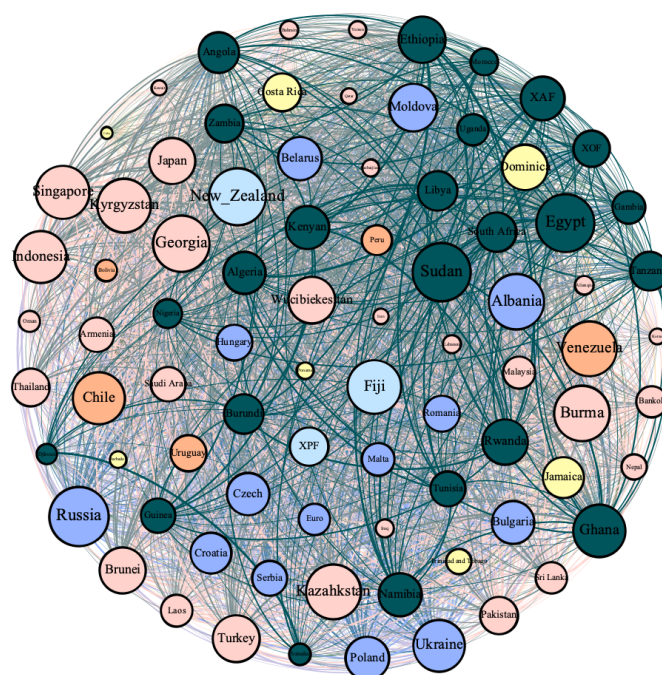
$dw_i$  是用来衡量第  $i$  个节点的重要性的量

$$dw_i = \sum_{j \in v(i)} w_{ij} \quad (4-3)$$

当中  $v(i)$  是和节点  $i$  相连的点的集合。 $dw_i$  越大, 则代表这个节点越重要。

在一带一路国家汇率相关性的复杂网络分析中, 边的权重被定义为两种货币之间汇率时间序列的相关系数值

$$w_{ij} = \rho_{ij} = \langle Y_{it} \cdot Y_{jt} \rangle \quad (4-4)$$



1. 墨绿色：非洲国家
2. 金黄色：北美洲
3. 粉色：亚洲国家
4. 橙黄色：南美洲国家
5. 深蓝色：欧洲国家
6. 淡蓝色：大洋洲国家

图 4-1 基于全部样本的复杂网络模型图

Figure 4-1 The correlation network of the full sample

#### 4.1.2 模型结果呈现和分析

应用软件 gephi 得到全部样本国家汇率相关系数所构成的复杂网络模型。如图 4-1 所示，这 84 个国家按所属大洲染上了不同颜色，

在图中， $dw_i$  的大小正比与节点大小，对于  $n$  个国家组成的复杂网络而言，每个国家都会和其余国家产生一个  $\frac{n*(n-1)}{2}$  个相关关系。所以节点越大，表明该国在整张汇率传导网络的影响力也越大。

从这张图看来，重点关注的前 24 个国家有：

- 亚洲：新加坡、缅甸、格鲁吉亚、哈萨克斯坦、伍兹别克斯坦、印度尼西亚、日本
- 欧洲：俄罗斯、阿尔巴尼亚、乌克兰、摩尔多瓦
- 大洋洲：新西兰、斐济
- 南美洲：智利、委内瑞拉
- 北美洲：哥斯达黎加、多米尼加、牙买加
- 非洲：苏丹、加纳、埃塞俄比亚、卢旺达、埃及

在观察全部数据节点大小并进行比对后，可看出较大节点分布密度较高的地区有亚洲和非洲，所以从某种角度而言，亚洲国家和非洲国家对整个汇率网络的影

响较大。

就地域集群性而言,从图 4-1 中还可以看出,有国家存在该现象,但不具备普遍性。比如和中国相关性较强的前四个国家分别是智利 (0.771)、乌克兰 (0.757)、卢旺达 (0.705)、委内瑞拉 (0.676),分别分布于南美洲、欧洲和非洲,并不具备地理群聚性的关系。而与南非相关度最高的国家为非洲的纳米比亚 (0.857),其次有突尼斯 (0.53) 和埃塞俄比亚 (0.51),由此看来,该复杂网络也虽有一定地域集群性。

#### 4.1.3 进一步简化模型

由于该复杂网络一共有 3486 条边,因此在众多交错复杂配对国家汇率的相关关系中很难推断出起绝对作用的一些边。而且总图反映的是一个整体性的信息,更倾向于一个衡量平均影响力的情况。比如有些国家的货币和某些国家货币的汇率波动彼此之间相关性很强,和其他国家的相关性很弱,这样平均之后所呈现的结果在整体的比较里并不占优势,而本文更想探究的恰恰是那些彼此之间影响力很强的国家的特殊关系,并不偏重平均水平。因此在总图的基础上。接下来拟通过一定步骤,针对每个国家和其他国家的汇率关系尽行筛选简化,找到对汇率具有主导影响力的国家并进一步进行分析。

由公式 (3-5) 知 84 种货币两两之间所产生的 3486 对相关系数的平均值为 0.246, 80% 分位数的位置得出结果是 0.435, 因此最终将要达到的相关系数的选在了 0.5, 以保证至少可以过滤掉至少 80% 的冗余数据。

$$\bar{\rho}_{ij} = \bar{w}_{ij} = 0.246 \quad (4-5)$$

经过筛选后,原有 3486 条边的复杂网络成功减至仅剩 504 条, 84 个节点数也降至了 71 个, 减少了 3 个北美洲国家, 1 个南美洲南美, 8 个亚洲国家, 1 个非洲国家。下图 4-2 反映出了经过简化后的复杂网络模型

图中的节点的颜色深浅程度和大小反映了每个节点的加权重度大小, 所以节点颜色越深越大, 代表在汇率上和周边国家联系越紧密。而边的颜色深浅和粗细则体现了两种国家货币之间联系的相关性大小。该国汇率的波动性同其他国家联系越紧密, 相关系数越大, 则与该国的连接的边颜色越深, 厚度上也越厚。具体的节点数据参加附录 S2。

根据度、加权重度、以及特征向量中心度三项指标排位前十的国家取并集后得到了需要重点研究国家名单, 如表 ?? 所示。

从地理分布而言, 下图 4-3 体现了各个国家的地理分布。可见在一带一路沿线国家的汇率传导的复杂网络中有较大影响力的国家在地理上的联系并不是很紧密。除北美洲外, 其他 5 大洲均有分布, 并无特殊之处。也可看出在汇率传导结构中影响较大的国家并没有集群的趋势。



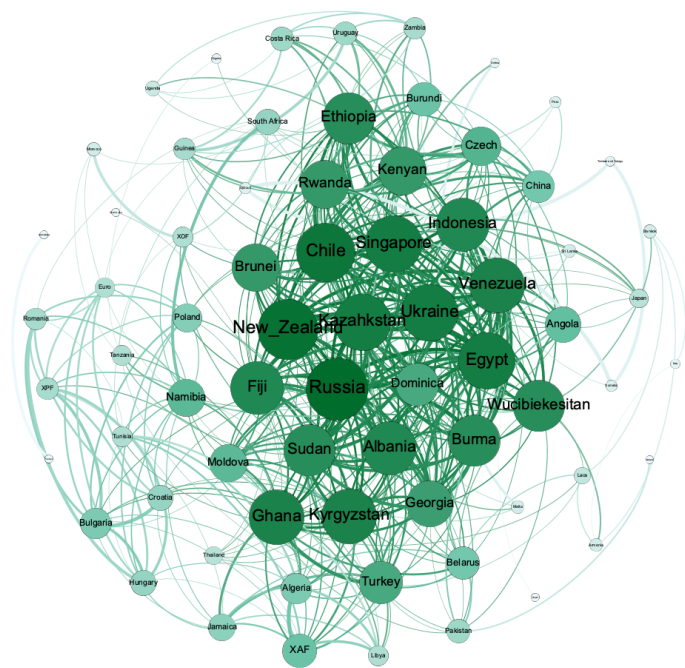


图 4-2 基于高度相关样本的复杂网络模型图  
Figure 4-2 The correlation network of the highly correlated sample

表 4-1 重点研究国家名单

大洲	分区	国家
非洲	北非	埃及、苏丹
	西非	加纳
欧洲	南欧	阿尔巴尼亚
	中欧和东欧	乌克兰、俄国
亚洲	西亚	哈萨克斯坦
	东南亚	缅甸、新加坡
南美洲		委内瑞拉、智利
大洋洲		新西兰

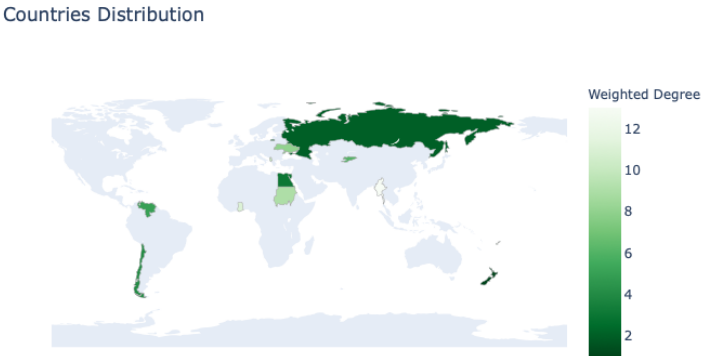


图 4-3 重点关注国家的地理分布

Figure 4-3 Regional distribution of the highly correlated Countries

## 第五章 时间序列分析

### 5.1 对地理位置毗邻的重要节点国家时间序列的初步分析

#### 5.1.1 平稳性检验

在对选出的重要节点国家进行地理区分后，得到了 4 组在地理分区上毗邻的国家，分别是位于欧洲的乌克兰和俄罗斯、位于亚洲的缅甸和新加坡、位于非洲的苏丹和埃及以及位于南美洲的委内瑞拉和智利。下组图是这四组国家的时间序列走势

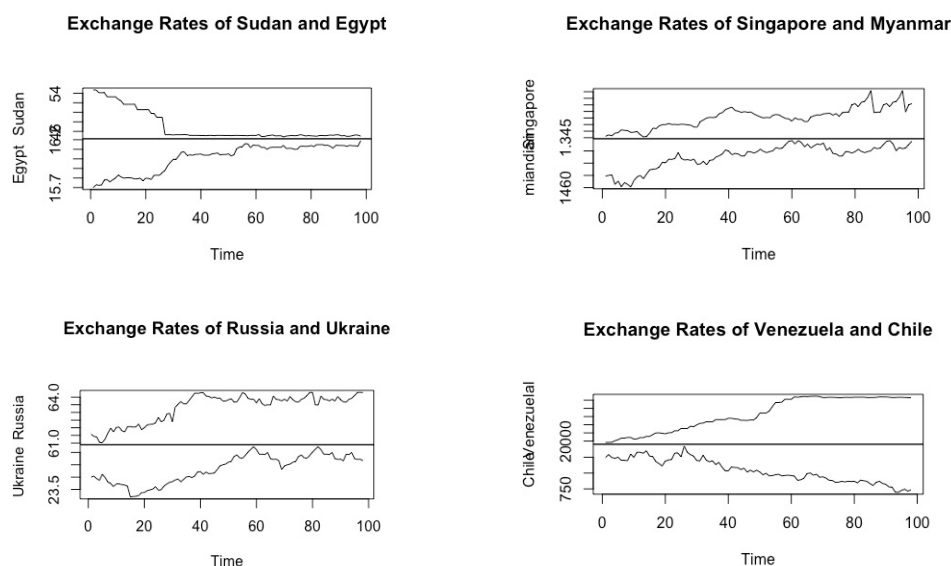


图 5-1 4 组国家的时间序列走势图

Figure 5-1 Time series charts of 4 groups of countries

观察各国货币汇率的时序图预，显然都含一定趋势，在经单位根检验后，均为非平稳过程。

利用 R 包 fUnitRoots 的 `adftest()` 函数对这 8 种货币的时间序列进行单位根检验，得到的 p 值如表 5-1 所示：

表 5-1 单位根检验 p 值结果

国家	苏丹	埃及	委内瑞拉	智利	新加坡	缅甸	俄罗斯	乌克兰
p 值	0.99	0.01317	0.6482	0.9532	0.7624	0.9122	0.9521	0.99

在 0.01 的置信水平下均不显著，即表明各国时间序列均不平稳，为单位根过程。

### 5.1.2 进行一阶差分

在进行一阶差分后所得到 8 国货币汇率增长率的时间序列数据，继续进行单位根检验，得到的  $p$  值  $\ll 0.1$ ，显著，表明经一阶差分后得到的各国货币汇率增长率的时间序列均不含单位根，为平稳序列。因此得出初步结论，该 8 国的货币汇率时间序列均为一阶单整。

## 5.2 建立 VAR 模型建模并通过格兰杰因果检验探究是否存在时间上的因果性

一带一路计划极大促进了经济全球一体化，与此同时也增强了沿线国家金融市场的相关性。各个国家的汇率变动的影响很有可能相互扩散，因此选用多元时间序列模型 VAR 对此进行分析。

### 5.2.1 模型搭建

考虑如下阶数递进的 VAR 模型：

$$\mathbf{r}_t = \boldsymbol{\phi}_0 + \boldsymbol{\Phi}_1 \mathbf{r}_{t-1} + \cdots + \boldsymbol{\Phi}_p \mathbf{r}_{t-p} + \mathbf{a}_t \quad (5-1)$$

令  $\hat{\boldsymbol{\phi}}_j^{(i)}$  是  $\boldsymbol{\phi}_j$  的最小二乘估计， $\hat{\boldsymbol{\phi}}_0^{(i)}$  是  $\boldsymbol{\phi}_0$  的最小二乘估计。残差为

$$\hat{\mathbf{a}}_t^{(i)} = \mathbf{r}_t - \hat{\boldsymbol{\phi}}_1^{(i)} \mathbf{r}_{t-1} - \cdots - \hat{\boldsymbol{\phi}}_i^{(i)} \mathbf{r}_{t-i} \quad (5-2)$$

当  $i = 0$  是，定义  $\hat{\mathbf{a}}_t^{(0)} = \mathbf{r}_t - \bar{\mathbf{r}}$ ，其中  $\bar{\mathbf{r}}$  是  $\mathbf{r}$  的样本均值。残差的方差估计为

$$\hat{\Sigma} = \frac{1}{T - (k+1)i - 1} \sum_{t=i+1}^T \hat{\mathbf{a}}_t^{(i)} \left[ \hat{\mathbf{a}}_t^{(i)} \right]^T \quad (5-3)$$

$k$  为残差协方差矩阵阶数，而 VAR(i) 模型在正态假定下的 AIC 定义为

$$\text{AIC}(i) = \ln \left| \hat{\Sigma} \right| + \frac{2k^2 i}{T} \quad (5-4)$$

### 5.2.2 格兰杰因果检验的定义

格兰杰因果检验用于探究一个变量的变化是否是另一个变量变化的原因。是一种经济变量间的因果检验法。因果关系 (causal relation) 最早是由 Granger 提出来的，Granger 因果性只体现了时间上的领先和滞后关系，重在影响方向的确认，而并非完全的因果关系。而格兰杰因果检验的基本思想是，如果变量  $X$  是引起变量  $Y$  变化的原因，则  $X$  的变化应发上在变量  $Y$  之前。且  $X$  应有助于预测  $Y$ 。

### 5.2.3 实验结果

以二维向量  $r_t = \begin{bmatrix} r_{1t} \\ r_{2t} \end{bmatrix}$  代表非洲国家苏丹、埃及的时间序列向量, 以此类推,  $s_t = \begin{bmatrix} s_{1t} \\ s_{2t} \end{bmatrix}$ ,  $u_t = \begin{bmatrix} u_{1t} \\ u_{2t} \end{bmatrix}$ ,  $v_t = \begin{bmatrix} v_{1t} \\ v_{2t} \end{bmatrix}$  分别代表其他三组维内瑞拉和智利、新加坡和缅甸、俄罗斯和欧洲的汇率波动的时间序列向量各个模型参数用 OLS (最小二乘) 方法进行估计。根据 AIC 准则, 并对参数显著性进行限制后得到结果如下

#### 5.2.3.1 苏丹和埃及

对苏丹和埃及的汇率波动时间序列数据进行建模, 所得 VAR (5) 模型如下

$$r_t = \begin{bmatrix} 438.172 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ -0.0984 & 0 \end{bmatrix} r_{t-1} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ -0.00892 & 0 \end{bmatrix} r_{t-3} + \begin{bmatrix} 0.27215 & 0 \\ -0.00845 & 0 \end{bmatrix} r_{t-5} + \varepsilon_t \quad (5-5)$$

$$\text{Var}(a_t) = \begin{pmatrix} 0.177 & -0.00015 \\ -0.00015 & 0.00033 \end{pmatrix} \quad (5-6)$$

进行格兰杰因果检验得到的卡方统计量值和 p 值分别为

表 5-2 苏丹和埃及格兰杰因果检验结果

国家	卡方统计量	p 值
苏丹	6.89	0.29
埃及	10.65	0.059

如表 5-2 所示, 在 0.05 的水平下, 结果 p 值均不显著, 说明苏丹和埃及都不是彼此的格兰杰原因

#### 5.2.3.2 委内瑞拉和智利

委内瑞拉和智利的 VAR(1) 模型如下

$$s_t = \begin{bmatrix} 438.172 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.232 & 0 \\ 0 & -0.235 \end{bmatrix} s_{t-1} + \varepsilon_t \quad (5-7)$$

$$\text{Var}(a_t) = \begin{pmatrix} 0.184 & -0.00036 \\ -0.00036 & 0.00037 \end{pmatrix} \quad (5-8)$$

进行格兰杰因果检验得到的卡方统计量值和 p 值分别为 如表 5-3 所示, 在 0.05 的水平下, 结果 p 值均不显著, 说委内瑞拉和智利都不是彼此的格兰杰原因

表 5-3 委内瑞拉和智利格兰杰因果检验结果

国家	卡方统计量	p 值
委内瑞拉	0.628	0.43
智利	0.0745	0.785

### 5.2.3.3 新加坡和缅甸

新加坡和缅甸的 VAR(13) 模型如下:

$$u_t = \begin{bmatrix} -0.199 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} u_{t-1} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0.206 \end{bmatrix} u_{t-3} + \begin{bmatrix} -0.233 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} u_{t-4} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 346 & -0.425 \end{bmatrix} u_{t-6} \\ + \begin{bmatrix} -0.286 & 0 \\ 528.745 & 0 \end{bmatrix} u_{t-7} + \begin{bmatrix} 0.494 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} u_{t-10} + \begin{bmatrix} 0.43 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} u_{t-13} + \varepsilon_t \quad (5-9)$$

$$\text{Var}(a_t) = \begin{pmatrix} 6.73e-06 & -6.2e-04 \\ -6.2e-04 & 15.393 \end{pmatrix} \quad (5-10)$$

进行格兰杰因果检验得到的卡方统计量值和 p 值分别为 如表 5-4所示在

表 5-4 新加坡和缅甸格兰杰因果检验结果

国家	卡方统计量	p 值
缅甸	21.811	0.058
新加坡	11.54	0.566

0.05 的水平下, 结果 p 值均不显著, 说新加坡和缅甸都不是彼此的格兰杰原因

### 5.2.3.4 俄罗斯和乌克兰

俄罗斯和乌克兰的 VAR (4) 模型如下

$$v_t = \begin{bmatrix} -0.237 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} v_{t-2} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0.134 & 0 \end{bmatrix} v_{t-3} + \begin{bmatrix} 0 & 0.451 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} v_{t-4} + \varepsilon_t \quad (5-11)$$

$$\text{Var}(a_t) = \begin{pmatrix} 0.053 & -0.003 \\ -0.003 & 0.0126 \end{pmatrix} \quad (5-12)$$

进行格兰杰因果检验得到的卡方统计量值和 p 值分别为

如表 5-5所示在 0.05 的水平下, 结果 p 值均显著, 说明乌克兰是俄罗斯的格兰杰原因。

表 5-5 俄罗斯和乌克兰格兰杰因果检验结果

国家	卡方统计量	p 值
俄罗斯	9.714	0.0408
乌克兰	9.977	0.518

## 第六章 总结

### 6.1 结论

随着一带一路计划的不断推进，一些问题越来越需要予以重视。如外汇储备不足和沿线国家财政系统相对脆弱。一旦有外部经济震荡和刺激发生，国际层面或者企业层面都将受到极大影响。

1、在此篇论文中，采用了复杂网络模型对一带一路沿线国家的汇率相关性进行建模，从复杂网络模型所呈现的结果来看，对于整个关系网络影响较大的国家有新西兰、俄罗斯、乌克兰、新加坡、缅甸、委内瑞拉、智利、苏丹、埃及、加纳、阿尔巴尼亚、哈撒克斯坦等等。这些国家近年来汇率波动较大，一定程度上导致了整个网络的汇率动荡，从对汇率网络影响较大的国家的地理分布情况来看，亚非国家的占比更大。在进一步研究一带一路沿线国家的汇率风险时，上述国家应该建议予以重点关注，一旦这些国家的汇率发生波动，将极易传导至相关的其他国家。

2、基于复杂网络模型筛选出来的汇率高度相关的国家中，结合地理位置重点分析了4组位于不同大洲的相邻国家的汇率数据建立了VAR模型后分别进行的格兰杰因果检验的情况来看，只有俄罗斯和乌克兰呈现出了时间上的因果性。

3、综合来看，基于一带一路沿线国家的汇率背景下，地理位置的毗邻并没有对国家之间的汇率波动在时间上的因果性带来很大影响。

### 6.2 政策建议

基于上述的结论，可以提出一些相应的政策建议。

1、建议加强国际之间的汇率波动的监测和早期预警机制。尤其针对在上文提及的整个汇率相关性网络中影响力较大的国家。与宏观经济中有关汇率长期预测的指标相结合，可以为风险管理决策制定提供很有价值的支持。

2、根据结果，乌克兰是俄罗斯的格兰杰原因，在进一步探究因果性的情况下，可以用来改善对俄罗斯的汇率预测。对针对俄罗斯汇率波动的进一步研究，乌克兰的汇率波动也很有探究价值。

3、建议各国相关金融分支机构可以制定有效的汇率风险对冲产品，在一定程度上帮助相关企业对冲一带一路计划进程中所可能遭受的汇率风险。

4、综合以上，建议在一带一路计划中推进使用人名币的结算协议，可以有效规避双向的汇率风险并有效提升人民币的国际化进程。



## 附录 A 时间序列建模代码附录

```

library(MTS)
library(zoo)
#查看图像
chickegg <- read.csv(file.choose())
head(chickegg)
ts.afr <- ts(as.matrix(chickegg[,c('Sudan','Egypt')]))
ts.afrr <- diff(ts.afr)
#画图呈现序列
ts.Raotbl3 <- ts(chickegg)
plot(ts.Raotbl3[,2:3], type="l",
      multi.panel=FALSE, theme="white",
      main="Exchange Rates of Sudan and Egypt",
      major.ticks="day",
      grid.ticks.on = "day")
#检验是否为单位根过程
a<-chickeggSudanb <- -chickeggEgypt
fUnitRoots::adfTest(a)
fUnitRoots::adfTest(b)

fUnitRoots::adfTest(diff(a))
fUnitRoots::adfTest(diff(b))
#一阶差分后平稳，都是I(1),可做协整
library(urca)
summary(ca.po(chickegg[,2:3], type="Pz", demean="constant"))
#手动看一看它们的协整关系
eglm1 <- lm(a~b, data=chickegg); summary(eglm1)
eglm2 <- lm(b~a, data=chickegg); summary(eglm2)
fUnitRoots::adfTest(residuals(eglm1), lags=1, type="c")#有点显著，因此为单位根过程
fUnitRoots::adfTest(residuals(eglm2), lags=1, type="c")#不显著，因此为单位根过程
Z <- coredata(ts.afrr)
#格兰杰因果检验
GrangerTest(Z, p=5, locInput=1)##不显著，非格兰杰因果关系
GrangerTest(Z, p=5, locInput=2)##不显著，非格兰杰因果关系
#VAR模型AIC定阶
m1.afr3r <- VARorder(Z)#AIC定阶到5
m1.afr <- VAR(ts.afrr, 5)
#残差检验
resi<-m1.afr$residuals
mq(resi,adj=2^2*5)
#看看系数的显著性
VARchi(Z, 5, thres=1.645)
VARchi(Z, 5, thres=1.96)##有40多个系数是可以为0的
cat("===== Full model:\n")
mods1.afr <- VAR(Z, 5)

```

```
cat("\n\n===== Restricted model:\n")
mods2.afr <- refVAR(mods1.afr, thres=1.96)
##根据AIC判断
```

## 参考文献

- [1] BAHMANI-OSKOOEE M. Nominal and real effective exchange rates of middle eastern countries and their trade performance[J]. Applied Economics, 2001, 33: 103-111.
- [2] P. K. Pricing To Market When The Exchange Rate Changes.[J]. Nber Working Papers, 1986: 183518.
- [3] CHIT M M, RIZOV M, WILLENBOCKEL D. Exchange Rate Volatility and Exports: New Empirical Evidence from the Emerging East Asian Economies[J]. The World Economy, 2010, 33: 239-263.
- [4] CAGLAYAN M, DEMIR F. Firm Productivity, Exchange Rate Movements, Sources of Finance, and Export Orientation[J]. World Development, 2014, 54: 204-219.
- [5] FRANKEL J F K. Exchange Rate Forecasting Techniques, Survey Data, and Implications for the Foreign Exchange Market. Nber Working Papers[J]. Nber Working Papers, 1990.
- [6] NOR M I, MASRON T A, ALABDULLAH T T Y. Macroeconomic Fundamentals and the Exchange Rate Volatility: Empirical Evidence From Somalia[J]. SAGE Open, 2019, 10: 158244019898841.
- [7] NOR M I, MASRON T A, ALABDULLAH T T Y. The impact of third-country exchange rate risk on international air travel flows: The case of Korean outbound tourism demand[J]. Transport Policy, 2020, 89: 66-78.
- [8] LAI L, GU K. The performance of one belt and one road exchange rate: Based on improved singular spectrum analysis[J]. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 2017, 483: 299-308.
- [9] FOON N, LEAN H H, SALIM R. The impact of China's one belt one road initiative on international trade in the ASEAN region", journal = "The North American Journal of Economics and Finance[J]. The North American Journal of Economics and Finance, 2019: 101089.
- [10] ALBERT R, BARABÁSI A L. Rev. Mod. Phys.[J]. SIAM Review, 2002, 74: 47-97.
- [11] NEWMAN M E J. The Structure and Function of Complex Networks[J]. SIAM Review, 2003, 45: 127-156.

- [12] RAVASZ E E, BARAB ASI A L A O. Hierarchical organization in complex networks[J]. Phys. Rev. E, 2003, 67: 026112.
- [13] KUMAR S, DEO N. Correlation and network analysis of global financial indices[J]. Applied Physics Letters, 2012, 86: 026101.
- [14] LIAO Z, WANG Z, GUO K. The dynamic evolution of the characteristics of exchange rate risks in countries along “The Belt and Road” based on network analysis[J]. Applied Physics Letters, 2007: 183518.
- [15] HELPMAN E, RAZIN A. The role of saving and investment in exchange rate determination under alternative monetary mechanisms[J]. Journal of Monetary Economics, 1984, 13: 307-325.
- [16] MAURI M, ELLI T, CAVIGLIA G, et al. RAWGraphs: A Visualisation Platform to Create Open Outputs[C]//Proceedings of the 12th Biannual Conference on Italian SIGCHI Chapter. Cagliari, Italy: [s.n.], 2017.

## 致 谢

在华东师范大学四载匆匆而过，感谢各位老师的悉心栽培和孜孜不倦的教诲。老师们的言传身教如春风化雨，偶尔的鼓励也让我感觉劲头十足。这四年来感谢在大学结识的益友，他们对我的不断鞭策和鼓励，是我前进的不竭动力。我们彼此度过的时光也成为了我的本科阶段里最耀眼的风景。2020 毕业的我们是特殊的一届，岁寒然后知松柏之后凋也，感谢一路前行的师长同窗。