

欧债危机对全球及中国传染性的测度分析^{*}

——基于复杂网络的模拟研究

庞晓波 王姗姗 陈守东

内容提要 文章基于贸易渠道构建了包含 244 个国家的全球网络,利用复杂网络方法和具有潜伏期的 SEIR 模型对欧债危机传染性进行了模拟分析,并将随机网络与实际网络的传染性进行了对比。结果发现:全球网络具有无标度特征和小世界特征;全球网络的复杂性既表现出对危机的扩散性,又表现出吸收性,全球网络具备稳健性特征;危机传染力在低于扩散阈值时不会对他国构成负外部性,但危机越严重传染范围越广,高于崩溃阈值后传染范围达到最大;中国与美国在全球网络中节点度相同,但在传染模拟中中国先于美国被传染,且危机潜伏期越久此种特征越明显。

关键词 欧债危机 传染 复杂网络 SEIR 模型

作者单位 1、3. 吉林大学数量经济研究中心; 2. 吉林大学商学院

DOI:10.13516/j.cnki.wes.2015.12.004

2009 年 10 月,在欧元发行 10 年后,希腊爆发主权债务危机,虽然采取了救助措施,仍未能使危机缓解。随后在地理、政治和经济制度上有着诸多共性的欧洲四国受到“叫醒服务”(wake-up-call)传染:2010 年 11 月爱尔兰请求欧洲金融稳定基金紧急救援,葡萄牙在 2011 年 4 月也请求救援,随后意大利和西班牙也陷入债务危机,形成了以 PIIGS^①为代表的边缘国国债收益率飙升,德法为代表的核心国家来买单的欧元区格局(Gorea 和 Radev 2013; Arghyrou 和 Kontonikas 2012)。到目前为止,希腊政府的财务警报仍未解除,全球范围内的经济体对其违约的传染性担心仍未完全消除。我国作为当前世界第二大经济体,已饱受金融危机的传染之苦:次贷危机后随着美元贬值我国紧急出台了四万亿刺激计划,导致了楼市疯长和通货膨胀;欧债危机后欧洲消费力疲软,我国当月出口额环比增速不断出现负增长,主要依靠出口拉动的 GDP 亦进入新常态增长。因此,深入分析欧债危机对全球网络的传染性特征及中国的易感性测度,对于未来我国遭受传染性风险的预警和化解,建立防范金融危机传染机制具有重要的理论及现实意义。

一、文献综述

1. 经济计量方法的测度

经济计量方法度量欧债危机的传染性是常见研究方法,国内外学者采用此类方法对欧债危机的传染渠道和传染特征进行了大量研究。国外学者大多基于信息传染渠道,从欧债危机的起因——主权债务角度出发,观察评级消息的传染效应,如 Missio 和 Watzka(2011)使用 DCC-GARCH 模型证明了此现

^{*} 基金项目:国家社会科学基金项目“系统性金融风险与宏观审慎监管研究”(项目编号:12BJY158)。

^① PIIGS 是指葡萄牙(Portugal)、意大利(Italy)、爱尔兰(Ireland)、希腊(Greece)、西班牙(Spain),文中翻译为“欧猪五国”,是国际债券分析家、学者和国际经济界媒体对欧洲五个主权债券信用评级较低的经济体的贬称,这些国家的公共赤字均超过了 3%。

《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社编者注:本文中涉及香港的“国家”均应为“国家(地区)”,“国”均应为“国(地区)”,“countries”均应为“countries(regions)”。

象的存在。Arezki 等(2011)通过向量自回归和事件分析法,利用主权信用违约互换利差、股指、银行业和保险业的分类指数,检验了主权评级消息对于欧洲金融市场的传染效应,发现被降级国家对于其有金融联系的目标国和本国金融市场有很明显的溢出效应,但不同评级机构的溢出效应并不相同。Arghyrou 和 Kontonikas(2012)利用对德国的10年期政府债券利差数据,从金融联系渠道进行传染分析,使用主成分分析方法检验了10个欧元区外围国家与核心国家间的传染效应。Mink 和 Haan(2013)使用回归模型分别检验了希腊经济形势相关消息和希腊救援消息对欧洲银行股价的传染影响,结果发现希腊救援消息影响显著,但葡萄牙、爱尔兰和西班牙作为希腊的主要经济合作国,受“叫醒服务”传染效应,其主权债券价格对于这两种消息都很敏感。“叫醒服务”传染与经济基本面毫无关系的净传染是有区别的,Giordano 等(2013)使用主权利差的面板模型区分了这两种传染,否定了净传染的存在,再次验证了欧猪五国受其中希腊的“叫醒服务”传染效应。除了信息渠道、金融渠道外,贸易渠道也在欧债危机传染渠道中起到重要作用,且传染性强于金融联系,如 Gorea 和 Radev(2013)基于 CIMDO(息多元密度优化)方法观察欧洲13个经济体资产的联合违约概率,认为金融传染渠道只在欧元区外围的危机经济体活跃,而真实的经济联系在欧元区外围国家向核心国家传染中起到关键性作用,与危机中的经济体有更多贸易往来的国家更趋于面临联合违约风险。

国内学者亦采用经济计量方法对欧债危机的传染性进行了研究,如吴新生(2012)通过 Probit 面板模型验证了欧债危机的季风效应、溢出效应与净传染效应,杨飞(2014)基于 DCC-MVGARCH 模型检验了金融渠道下欧债危机对新兴市场国家股指的传染效应,发现传染效应的强弱与全球经济景气密切相关。颜建晔等(2014)在宏观经济变量基础上加入危机传染性变量,基于 Probit 面板模型构建了主权债务危机预警模型。部分国内学者注重从我国角度出发研究欧债危机的传染渠道和传染特征,如张梦露和吴凤(2015)应用时变的动态权重和向量自回归模型检验了欧债危机对中国宏观经济的负面影响发现,在贸易渠道、金融渠道以及非接触途径传染途径中出口贸易最先受到影响。陈浪南等(2015)基于参数变动的 SVAR 模型研究了贸易渠道下欧债危机对我国和其他国家经济增长的传染影响。

2. 网络模拟方法的测度

由于经济计量方法对欧债危机中的间接传染难以度量,大多是针对传染源向经济体的直接传染测度,因此部分学者基于近些年兴起的复杂网络理论采用网络模型体现间接传染途径,使得分析结果更具有实际意义。如 Garas 等(2010)构建了贸易联系的全球网络模型,引入了 SIR 传染模型来研究希腊危机在206个不同国家间的传染,从流行病学角度研究国家处于易感、已感和免疫三种状态的变化过程,将传染概率视为危机严重程度、节点权重和被传染目标节点经济强度的函数,以可变传染概率研究传染过程能更全面地测度欧债危机在国家间的直接和间接传染结果。Glover 和 Richards-Shubik(2014)以金融联系构建了欧洲金融网络模型,模拟发现一个主权违约只会对其他主权产生很小的溢出效应。Mate-sanza 和 Ortégab(2015)亦基于金融联系,进一步构建了动态的欧洲公共债务网络,发现欧债危机后期各国间形成了多样化的子群结构,这种分散化的拓扑形式会由于极端事件的冲击迅速变成更容易遭受传染效应的集中型网络拓扑结构。

国内学者将网络模型用于金融危机的传染性分析偏少,如陈国进和马长峰(2010)对金融危机传染网络理论的研究,但缺乏进一步的实证模拟。更多国内学者是将网络模型用于模拟我国银行间系统性风险传染特征分析,如鲍勤和孙艳霞(2014)基于多主体模拟我国银行间市场结构和银行资产负债表结构对金融风险传染的影响。邓超和陈学军(2014)利用联动力学理论构建了基于随机网络的银行传染风险模型,观察银行网络遭受外部冲击后的传染特征。

本文认为国内的既有研究在以下方面还存在不足:(1)在研究方法上,国内学者大多基于经济计量方法展开对我国的直接传染测度,但作为全球网络中的重要成员国,我国还存在被间接传染的可能,这

在经济计量方法中是较难体现和测度的; (2) 国内文献使用复杂网络理论研究金融问题时大多针对银行系统性风险问题, 尚缺乏使用网络模型分析金融危机在全球范围内的传染分析, 且在方法上更多应用复杂网络方法进行模拟, 缺乏对实际网络的直接应用研究, 使得结论的现实意义不足。鉴于此, 针对欧债危机源于欧洲“去工业化”下资源错配的长期产业失衡和 10 年后欧元区的不彻底“一体化”等具有潜伏期因素的特点, 本文引入了流行病学中带有潜伏期的 SEIR 传染模型来描述欧洲主权债务危机。将希腊作为传染源分析其在全球网络中的传染过程, 观察各国在易感状态、已感状态和免疫状态间的动态变化, 并比较了欧猪五国联合作为传染源的传染范围。同时, 将复杂网络理论模型中的随机网络、无标度网络和小世界网络与全球实际网络的传染性进行了比较, 分析不同网络结构下欧债危机的传染阈值和传染速度。

二、全球网络的特征分析

1. 全球网络的构建

由于欧债危机的严重程度不断加深, 2012 年 5 月希腊联合政府重组失败又加重了民众对希腊退出欧元区的担心, 从而出现民众提款的银行挤兑现象, 此时希腊陷入完全的已感状态。因此, 本文以此刻为始点描述希腊作为传染源对于全球的传染性特征, 由于已有研究文献中发现贸易渠道传染性在欧债危机中更为关键(Garas 等 2010; Gorea 和 Radev 2013; 陈浪南等 2015; 张梦露和吴凤 2015), 因此本文采用各国间贸易进出口数据作为全球网络关系^①。在数据处理中对进口和出口贸易额进行了平均, 从而使两国进出口数据保持一致, 在此基础上构建了全球贸易网络, 如图 1 所示, 越处于中心位置的国家在全球网络中贸易份额越大。其中 (a) 为包含 244 个国家的全球网络图, (b) 为 (a) 图中节点度(连线数) 高于 200 的提取图^②。另外, 对各国所在洲顶点进行了数字标记, (1) 顶点为非洲, (2) 顶点为亚洲, (3) 顶点为欧洲, (4) 为北美洲, (5) 顶点为大洋洲, (6) 顶点为南美洲, (0) 为南极洲和群岛地区。

从图 1(a) 中可以看出, 在当前世界贸易网络格局中, 欧洲国家和大洋洲国家几乎处于全球网络的核心位置, 其次是亚洲、南美洲和非洲国家, 北美洲国家分布分散, 群岛和南极洲国家处于全球贸易网络的边缘。从图 1(b) 中可以发现少量亚洲国家(如中国、中国香港、印度、日本、马来西亚)、非洲国家(埃及和南非)、北美洲国家(加拿大、墨西哥和美国)、大洋洲国家(澳大利亚、新西兰) 和南美洲国家(阿根廷、巴西和智利) 亦处于全球贸易网络核心位置。

2. 全球网络的特征分析

全球网络为有向网络, 其中包含一个欧盟自身的贸易自环, 所以对图 1 进行去环处理, 同时对该有向网络进行对称化处理, 使得入度(指向节点连线数) 与出度(节点指出连线数) 一致以便于分析。从图 1 可以看出全球网络连通性极强, 体现了全球经济贸易一体化特征。对全球网络使用 Pajek 进行网络特征分析, 结果如表 1 所示。

全球网络中共有 9271 个贸易双边关系, 其中贸易最大额为美国和欧盟间的贸易合作, 为 328.6 亿美元。网络中各国平均点度为 76.000, 意味着全球网络中每个国家平均会与 76 个贸易伙伴国有贸易往来。网络直径为 3, 说明即使没有直接贸易往来的国家, 最多通过 3 个国家就能建立起贸易联系, 而网络平均路径长度为 1.70033, 说明全球贸易网络的平均分离程度较小, 显现了小世界效应, 这都意味着欧债危机在网络中极容易扩散。网络聚集系数体现直接相连的邻点对占所有邻点对的比例, 全球网络

^① 数据来源于 2012 年 5 月的 UN Comtrade 数据库中所有国家间出口和进口贸易截面数据, 共 244 个国家。其中包括 52 个非洲国家、45 个亚洲国家、43 个欧洲国家、23 个北美洲国家、11 个大洋洲国家、12 个南美洲国家、58 个群岛地区和南极洲国家。

^② 绘图中使用弹性嵌入程序中 Kamada-Kawai 算法对结果图形进行布局优化, 通过求系统总能量的最小值来确定图中节点的位置, 从而使核心节点位于图的中心。因此, 图 1(a) 中越处于核心位置的国家在全球网络中贸易份额越大。

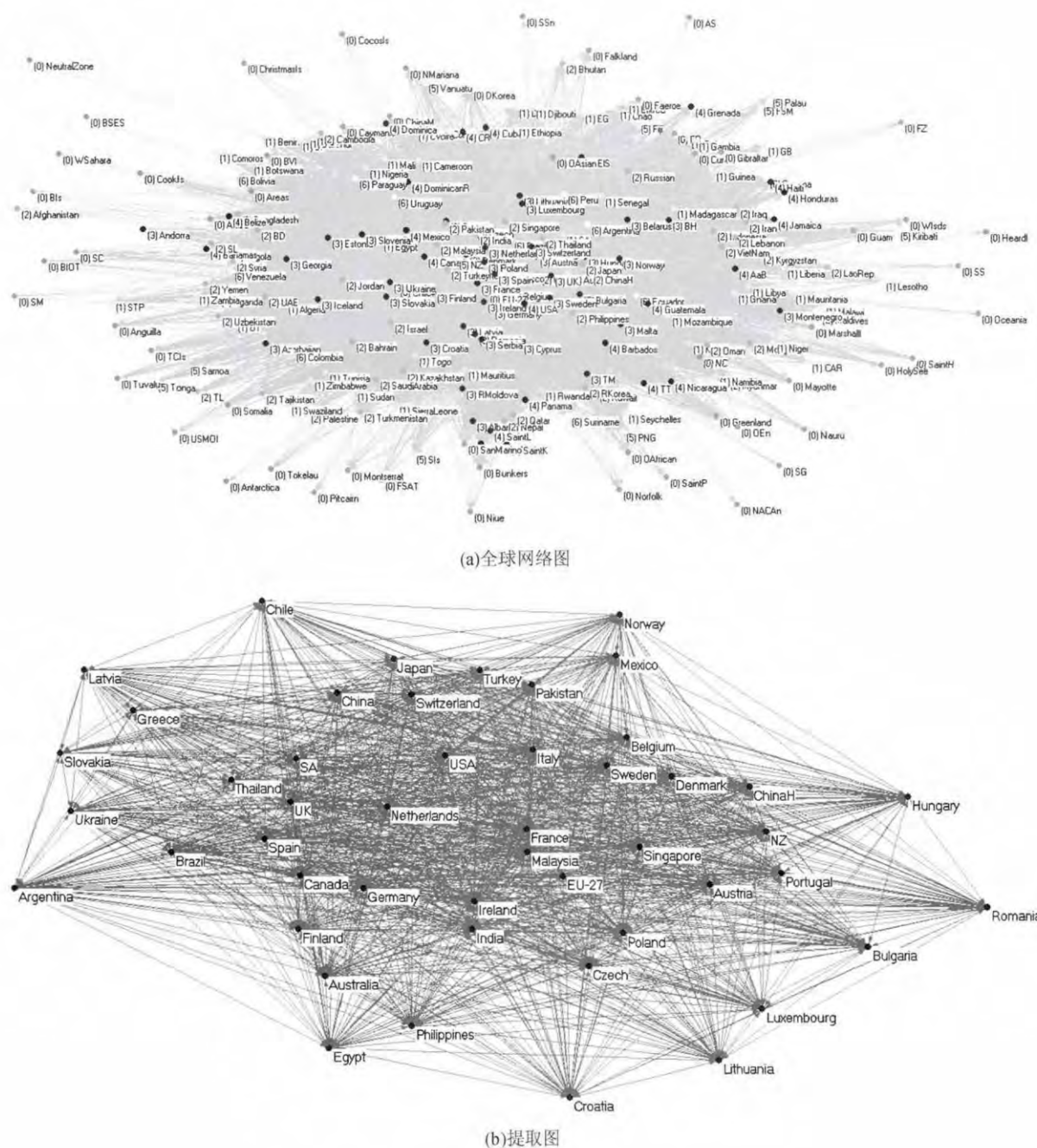


图1 基于 Kamada – Kawai 算法的全球网络

表1 全球网络特征分析

网络特征	网络连线数	网络最大权重(美元)	平均点度	网络直径	网络平均路径长度	网络聚集系数
数值	9271	3.2×10^{10}	76	3	1.70033	0.5649

聚集系数为 0.5649,说明其节点聚集程度高。对于危机传染来说,聚集系数对应于传染的广度,平均路径长度代表的是传染的深度。上述特征系数显示全球网络具有较宽的广度和较小的深度,有利于危机在网络中大范围的快速扩散。

另外,在图1中网络边缘均为在全球贸易关系中占比较小的国家,越核心的国家在全球网络贸易关

系中占比越高,使用 k -shell 方法对网络中心性国家进行了分析,结果如表 2。

表 2 中心性国家的 k -shell 法分析结果

中国	美国	印度	意大利	荷兰	法国	西班牙	英国	比利时	希腊
265	265	264	264	264	263	262	262	260	218

表 2 显示中国和美国占据了同等的核心地位,其次是印度、意大利、荷兰、法国、西班牙和英国,希腊核心地位稍低于这些国家,验证了我国和美国的贸易大国地位,而希腊作为此次债务危机的爆发国在全球网络中也处于较核心位置,因此其传染性较强。

全球网络中各国节点度的频数分布如图 2 所示,对点度分布进行非参数 Kolmogorov-Smirnov 检验,结果如表 3 所示。

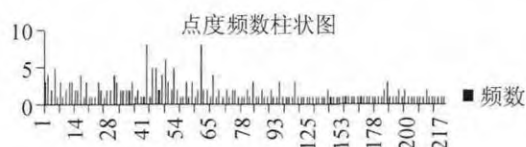


图 2 全球贸易网络点度频数分布

从三个检验结果中发现,原假设成立的双侧检验的显著性 p 值均小于 0.05,因此拒绝原假设,全球网络的点度分布不服从正态分布、泊松分布和指数分布,呈现出偏态分布。利用 R 软件对其进行高度偏态的幂律分布检验,结果如图 3 所示。

幂律拟合结果如下:

```
> power.law.fit(x, xmin = 46)
```

```
$ continuous $ alpha $ xmin $ logLik $ KS.stat $ KS.p
FALSE 2.39493 46 -806.2866 0.106332 0.0600913
```

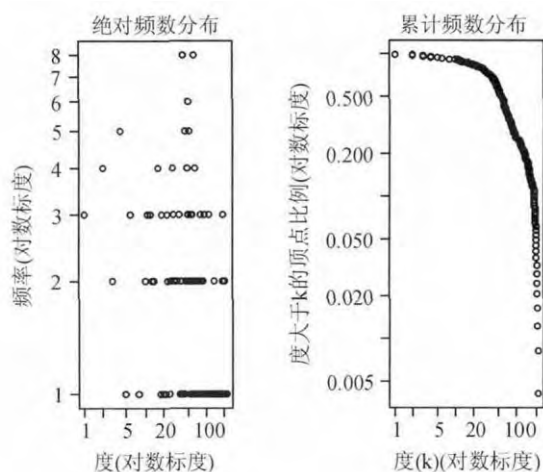


图 3 全球贸易网络的点度双对数坐标分布

图 3 左图显示了全球网络点度频数的双对数坐标分布图,横轴为点度的对数,而纵轴为点度频数的对数。数据点呈斜行下降的趋势,并在高点度区域呈扇形展开,说明高点度顶点分布比较零散。为了消除曲线尾部数据产生的干扰,采用累积频数的对数分布图(右图)。右图中纵轴表示点度大于等于某个值的所有顶点的数量(累积频数)。采用这种分布图就能在曲线右侧尾部看到一条清晰的直线。从幂律拟合结果也可以看出通过了 k_s 检验, p 值大于 0.05,接受原假设,即全球网络点度分布右侧尾部分服从幂律分布,具有无标度网络特征,说明全球网络具有“富者愈富”现象,也就是网络中的国家更倾向于和网络核心国家建立贸易联系。

3. 复杂网络方法的模拟

基于上述统计性分析,本文采用复杂网络理论中的伯努利随机图模型、点度条件统一随机图模型、小世界随机图模型和无标度随机图模型^①对全球网络进行模拟,使用蒙特卡洛方法对四种生成图进行 1000 次抽样分布,用于统计检验和计算不同随机图结构下指标的置信区间,从实证角度观察哪个随机图网络模型与全球贸易网络最匹配,结果如表 4 所示。

^① 为了区别复杂网络理论中随机网络模型和全球实际网络的区别,在下文的描述中对复杂网络中随机网络模型一律以“图”命名,即随机图、无标度图和小世界图,从而与实际网络即全球网络的未加权关系网络与加权网络进行区分。

表 4 蒙特卡洛模拟计算置信区间

	全球贸易网 (对称化)	伯努利随机图模型		点度条件统一随机图模型		小世界随机图模型		无标度随机图模型	
		2.5%	97.5%	2.5%	97.5%	2.5%	97.5%	2.5%	97.5%
组元	1	1	1	1	1	1	1	1	1
最大组元规模(%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100
直径	3.0000	2.0000	2.0000	4.0000	4.0000	3.0000	3.0000	3.0000	4.0000
平均距离	1.7003	1.6817	1.6925	1.8288	1.8436	1.6957	1.7063	1.8090	1.8870
聚集性	0.5649	0.3069	0.3182	0.4064	0.4175	0.6461	0.6611	0.2702	0.3312

从蒙特卡洛模拟结果中可以看出小世界随机图的直径、平均距离和聚集性三个指标最为接近全球网络,体现了全球网络的聚集性。由于小世界随机图体现了“居住的邻近的人更容易具有社会联系”的原则,因此,在本文构建的全球网络中,希腊爆发危机后更易于向贸易联系紧密的合作国传染。

三、欧债危机在全球网络中的传染分析

1. SEIR 模型设定

由于欧债危机实为一种病态,其在全球的传染过程与传染病具有很强的相似性,因此本文使用流行病学中具有潜伏期的 SEIR 传染模型模拟该危机的扩散。该模型将传染过程分为四个离散时期:易感期、暴露期、已感期和免疫期。最初在网络中只有希腊爆发危机,处于已感期,作为唯一传染源,传染与其贸易往来的邻居国家,使这些贸易合作国以一定的概率进入潜伏期;处于潜伏期的国家暂时还不能传染给其贸易合作国,经过潜伏期后会以一定的概率进入已感状态,处于已感状态的国家将成为传染源再去传染其贸易邻国;被感染的国家会迅速进行宏观政策调控,从而具备抵抗力,进入免疫状态,进而对欧债危机不再易感。SEIR 传染模型通常假设 t 时刻系统中处于易感状态、潜伏状态、已感状态和免疫状态的个体密度分别为 $s(t)$ 、 $e(t)$ 、 $i(t)$ 和 $r(t)$,SEIR 模型的传染过程可以表示为以下的微分方程组:

$$\begin{cases} \frac{ds(t)}{dt} = -\alpha e(t) s(t) \\ \frac{de(t)}{dt} = -\alpha e(t) s(t) - \beta e(t) \\ \frac{di(t)}{dt} = \beta e(t) - \gamma i(t) \\ \frac{dr(t)}{dt} = \gamma i(t) \end{cases} \quad (1)$$

不同于以上仅使用微分方程描述每个状态个体数未知的简单模型,本文使用网络模型来研究 SEIR 的传染过程。网络中每个节点代表一个国家,节点间的边对应两个国家间贸易联系强度,边的加权值即为两个国家间贸易联系的强度量化指标。

在本文的模拟中依据 SEIR 模型将所有国家在欧债危机的传染过程中所处状态视为一个离散状态集合 I_n ,其中任意数 L 表示潜伏状态和已感状态($n=1, \dots, L$),对应国家所处的状态阶段。这些阶段由实参数 α_n 表示,称其为传染性指标,该参数决定一个国家所处阶段影响另一个“易感国家”的概率。为了更好地比较模型中不同参数的结果,经常将传染性“标准化为 1”(即 $\sum_{n=1}^L \alpha_n = 1$)。危机传染力用实参数 k 表示,量化欧债危机的严重程度。这样做的目的是能够观察随着危机严重程度的加深时会发生不同的传染结果(I_n 固定 k 改变),还可以比较危机不同潜伏期下的传染结果(k 固定 I_n 改变)。

模拟包括以下步骤:

(1) “易感国家” i 的状态定义为 0,以传染概率 $p(i)$ 进入已感状态(其状态变为 I_1),该概率为“易

感国家” i 的所有已感邻居传染力值的加权和,也就是:

$$P_{\text{传染}}(i) = k \sum_j w_{ij} \alpha_s(j) \quad (2)$$

其中 $s(j)$ 为国家 j 目前所处欧债危机的阶段, w_{ij} 为 i 国与 j 国之间连线的权重,即贸易强度。 $w_{ij} = E_{ij} = I_{ji}$, E_{ij} 为 j 国到 i 国的出口权重, I_{ji} 为 j 国从 i 国的进口权重,均由各国间进出口贸易额除以各国总贸易额并标准化处理得来。其中,危机传染力参数 k 可以理解为“已感国家” j 在达到免疫阶段前传染其邻居 j 的概率:

$$1 - \prod_{n=1}^L (1 - k \alpha_n w_{ij}) \approx \sum_{n=1}^L k \alpha_n w_{ij} = k w_{ij} \quad (3)$$

所以,如果边的权重为 1 或者为 0,那么 k 就可以简单地表示成在某个时间点欧债危机从一个国家到其邻居的传染概率,当其极限 $k \rightarrow 0$ 时则欧债危机爆发后不会在网络中传染。

(2) “已感国家”会从 I_n 到 I_{n+1} 不断改变其状态,直至 $n = L$ 时进入免疫状态。

(3) “免疫国家”不再受感染,免疫状态定义为 -1。

2. 传染模拟分析

(1) SEIR 模型参数设定

欧债危机的传染力通过参数 k 来度量,除了观察该参数变化时的传染结果外,均将 k 设为 0.1,此时欧债危机不会弱到不能在网络中扩散,也不会强到将网络中所有国家感染。潜伏期通过传染性向量 $(\alpha_1, \dots, \alpha_L)$ 来度量,除了比较不同潜伏期下的传染结果外,均将传染性向量设为 $(0.000, 0.0000, 0.025, 0.075, 0.175, 0.225, 0.250, 0.250)$,描述具有短期潜伏期逐渐开始却迅速停止的危机。网络规模为 244 个国家,平均度为 76。将希腊(网络中第 92 个节点)设为唯一传染源。SEIR 模型的传染模拟过程均使用 matlab 软件进行编程。

(2) 五种网络结构下的传染过程模拟

为了观察欧债危机在全球网络中爆发后各国随时间变化的过程,分别对无标度图、随机图、小世界图、关系网络和加权网络进行了 20 次模拟,结果如图 4 所示。

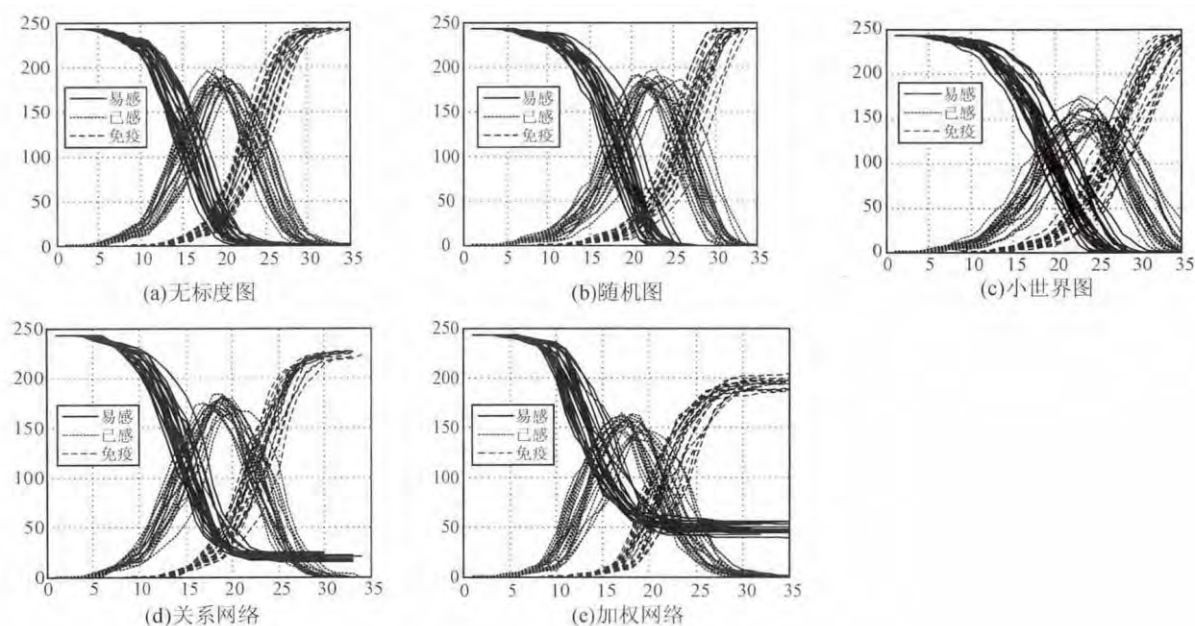


图 4 欧债危机在网络中的传染变化过程

图 4 中可以看出五种网络结构均显示了希腊作为传染源的情况下,全球网络中剩余国家均处于易

感状态,被感染国家数呈现先增加后减少的过程,并随着各国双边贸易政策、货币与汇率政策和宏观审慎监管政策调整等“适应性免疫”措施(庞晓波等,2015),先后进入免疫状态。不同的网络结构下传染趋势也会出现不同,例如,在复杂网络的三种随机图(a)、(b)、(c)中“已感国家”数出现峰值的时间点在不断右移,在相同时间点时无标度图已感个数高于随机图,随机图又高于小世界图,而且出现“已感国家”数的峰值中小世界随机图的峰值也是最低的,而实际网络的关系网和加权网又出现了不同的特征,但哪种网络结构传染性最强,不同潜伏期下会有什么样的传染变化,全球网络的实际网络结构传染性如何尚且不能定论。

为此,比较不同潜伏期下各网络结构的传染特征。除了上文中使用的短潜伏期的传染性向量(0.000 0.000 0.025 0.075 0.175 0.225 0.250 0.250)外,本节将另外两个向量(0.25 0.25 0.25 0.25)、(0.00 0.00 0.00 0.25 0.25 0.25 0.25)(这行里有8个零)分别对应无潜伏期的危机、长时间潜伏期的危机。无潜伏期的金融危机事实上并不存在,只是理想化的比照参考,在三种随机图和另外关系网络与两种实际网络结构中进行欧债危机传染模拟,每种情形分别使用蒙特卡洛模拟进行1000次抽样,结果如图5所示。其中,国家受影响比例为网络中“已感国家”出现最多时的数值,即图3中峰值出现时的“已感国家”数在网络中所占比例,并比较了每种情形下的均值和标准差(见表5)。

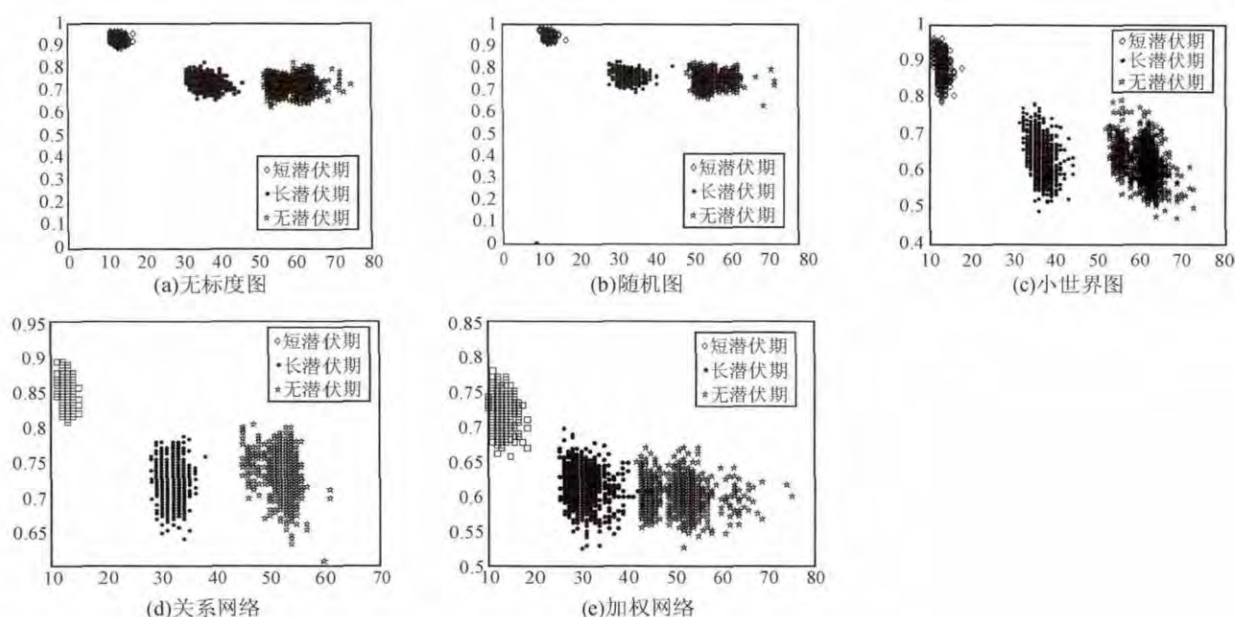


图5 希腊为传染源下不同潜伏期下网络中受影响比例

表5 不同潜伏期下的均值和标准差

	随机图		无标度图		小世界图		关系网络		加权网络	
	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差
无潜伏期	0.9493	0.0136	0.9354	0.0324	0.8896	0.0312	0.8505	0.0146	0.7186	0.0190
短潜伏期	0.7605	0.0319	0.7442	0.0234	0.6365	0.0490	0.7221	0.0235	0.6120	0.0245
长潜伏期	0.7365	0.0302	0.7194	0.0447	0.6229	0.0510	0.7310	0.0276	0.6007	0.0223

从图5和表5中可以看出,各网络结构下标准差都很小,说明模拟结果稳定。在五种网络结构下,随着潜伏期的加长,网络中受影响范围均在降低,说明欧债危机的潜伏期越久,给各国防范危机传染的准备时间越充足,越不容易被感染。同时,不管潜伏期长短,随机图结构下传染范围都是最大的,而加权网均处于最低值,说明全球网络具有稳健性,当网络中某个节点发生危机时不仅具有扩散危机的功能,

还具有吸收危机的功能,验证了 Haldane(2009)对全球网络稳健性的看法。在复杂网络模型中小世界图的传染范围最低,而在对实际网络的模拟中也是小世界图最为匹配,再次验证了全球网络的稳健性。在实际网络的关系网和加权网的比较中,关系网的传染范围均高于加权网,说明欧债危机的传染不仅取决于两国间是否有贸易关系,更取决于两国间的贸易强度。

随着欧债危机严重程度的加深,葡萄牙、意大利、爱尔兰、希腊和西班牙均陷入主权债务危机中,因此本文还将五国作为传染源进行了不同潜伏期下的关系网和加权网的传染分析(见图6),并计算了每种情形下的均值和标准差(见表6)。

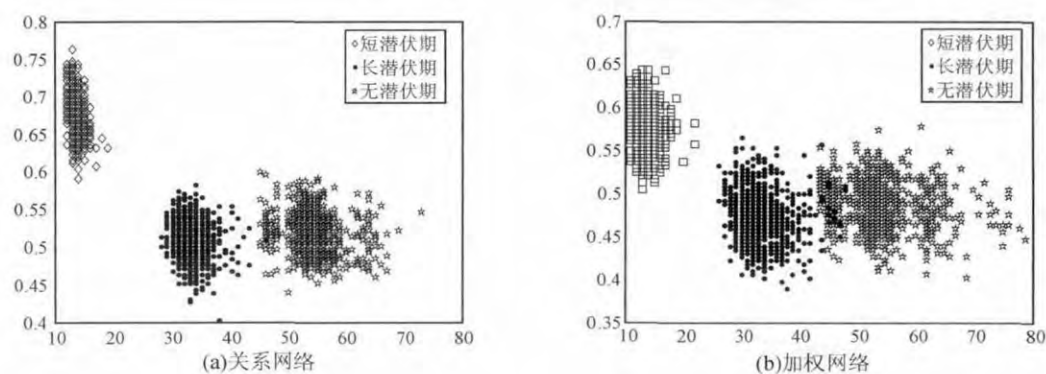


图6 欧猪五国为传染源时不同潜伏期的比较

表6 欧猪五国为传染源时不同潜伏期的受影响比例的均值和标准差

	关系网(希腊)		加权网(希腊)		关系网(五国)		加权网(五国)	
	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差
无潜伏期	0.8505	0.0146	0.7186	0.7186	0.6755	0.0263	0.5776	0.0284
短潜伏期	0.7221	0.0235	0.6120	0.5102	0.5102	0.0255	0.4725	0.0284
长潜伏期	0.7310	0.0276	0.6007	0.6007	0.5170	0.0257	0.4864	0.0267

从图6和表6中发现,当网络中传染源变为五国后,全球网络的关系网和加权网的受影响范围均出现降低趋势。这一方面说明其余四国在希腊作为传染源时必定被传染,验证了四国的“叫醒服务”传染,因此在五国成为传染源后,降低了网络中受影响比例;另一方面也说明四国与希腊同处在欧元区,对全球网络的传染具有区域性,对于经济合作关系不密切网络边缘国家影响与希腊为传染源时类似,欧猪五国联合作为传染源并不会加大在全球范围内的危机传染。标准差显示了结果的稳健性。

(3) 传染阈值

从2009年希腊爆发主权债务危机,到随后爱尔兰、葡萄牙、意大利和西班牙也无法承担高赤字和高负债,将欧债危机推至了风口浪尖,如今,欧债危机下的出口下滑、不断延期的高负债依旧对发达经济体与新兴市场国家产生着负的外部性,欧债危机的传染力在此过程中也发生着变化。

为了观察欧债危机传染力变化对全球传染的影响,将 k 值从0到2.0的均匀分布中随机取值,分别观察传染时间和国家受影响比例两个受影响参数的变化,使用蒙特卡罗模拟方法进行了1000次抽样,在图7中分别显示了随机图、无标度图和小世界图三种复杂网络模型,以及关系网和加权网两种网络结构下欧债危机的传染时间和国家受影响比例随 k 值变化的结果。

从图7可以明显地看出随机图模型传染速度最快,传染范围最广,而全球网络的加权网传染速度最慢,传染范围最小。同时可以从图中观察到当欧债危机传染力高于0.2后,五种网络结构下的传染范围几乎不再变化,整个网络此后受影响范围达到最大,网络出现崩溃,因此全球网络的崩溃阈值位于0.2附近。在0点附近危机最开始并没有扩散,因此全球网络具有扩散阈值,只有高于扩散阈值后,随着欧

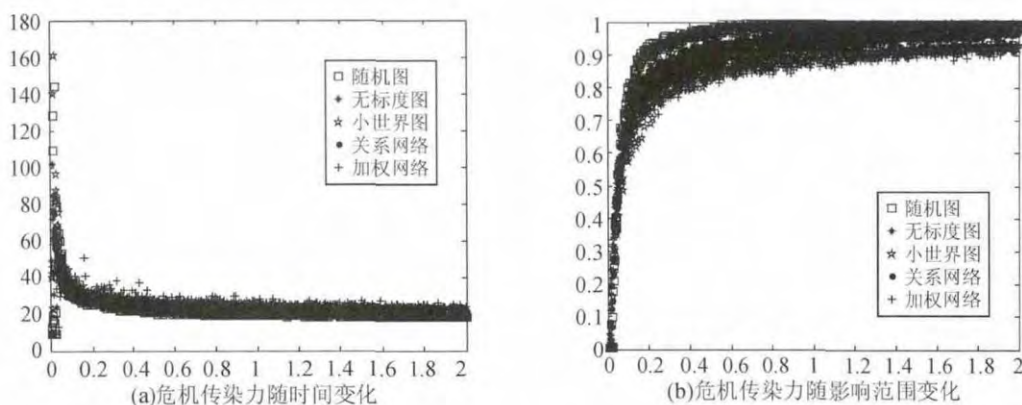


图7 欧债危机传染力不断增强的传染结果

债危机严重程度的加深,才会有更多的国家受影响。为了观察扩散阈值,将 k 值从0到0.1的均匀分布中随机取值,观察网络中国家受影响比例的变化,进行了1000次模拟,结果如图8所示。

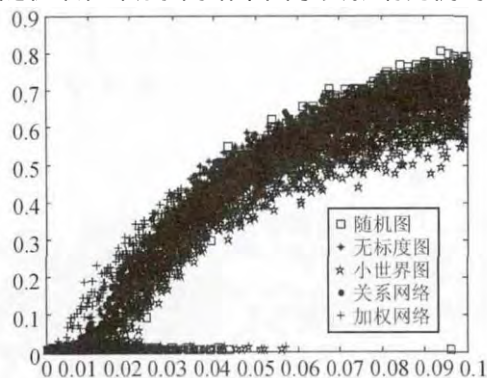


图8 不同网络结构下扩散阈值的观察比较

从图8中可以明显地看出五种网络结构的扩散阈值均在0.01附近,加权网络的扩散阈值最低,在0.005附近,而随机图的扩散阈值在0.015附近。由上述分析可以推断,欧债危机在全球网络的扩散阈值在0.01附近,崩溃阈值在0.2附近。

扩散阈值可以由下面的参数理论解释:简化起见,以随机图模型为例进行说明。假设欧债危机传染力为国家间传染概率,平均度为 d 。传染源国家平均有 d 个贸易联系国,每个国家被传染的概率为 k (假设 $k < 1$)。这意味着在第二代传染中受影响国家平均数为 kd ,在无限大随机图中两个已感个体有同一个易感邻居的概率为0,此时只有 $d-1$ 个邻国能被感染,则第三代为 $kd \times [k(d-1)]$,第四代为 $kd \times [k(d-1)]^2$,第五代为 $kd \times [k(d-1)]^3$,以此类推,在第 k^{th} 代中“已感国家”数均值为:

$$kd[k(d-1)]^{k-2} \quad (4)$$

令 $\lambda = 1/d - 1$, μ 为扩散阈值, ρ 为崩溃阈值。这个序列会在 $k > \lambda$ 发散, $k < \lambda$ 则会趋近于0。因此临界值为 $k_m = \lambda$ 将传染序列趋势进行了分离,也就是在低于此值时虽然网络中存在传染源,但整个网络发生危机传染的可能性趋近于0。对于全球网络来说可以得到精确值 $k_m = 0.013$ 。

崩溃阈值也可由(4)式大致推出,但由于传染概率还包括两国双边贸易权重、潜伏期等因素,无法计算出精确值。

3. 中国和美国的易感性测度

在上文使用 k -shell方法对网络中心性国家的分析中可以发现,中国和美国处于全球网络的核心位置,中国和美国节点度的中心性相同,说明此阶段中国和美国在全球贸易关系中贸易合作伙伴数量相同,均为全球贸易大国。因此全球网络的关系网中两国受传染特征相同,而模拟结果也证明了这点,因此舍去关系网结构下的两国被感染结果,只提取希腊为传染源时不同潜伏期下全球加权网络中中国和美国传染状态作分析,并进行了100次抽样模拟,结果见图9。此外,在模拟次数不断增加后,结果都未发生实质性变化,说明模拟结果是稳健可靠的。

从图9中可以看出中国和美国都经历了从易感状态(0)进入潜伏状态(大于0),在潜伏状态达到最

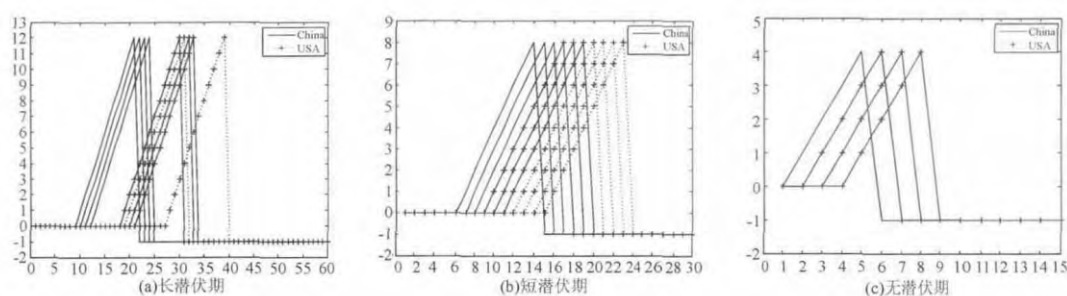


图9 中国和美国受欧债危机感染的状态变化过程

大值后进入已感状态,最后进入免疫状态(-1)的被感染变化过程,且不同潜伏期斜率不同。结果发现,只有在无潜伏期时中国和美国同时受到欧债危机传染,而短潜伏期下和长潜伏期下中国均先于美国被感染,且在长潜伏期下这种现象更明显。一方面,中国与希腊的贸易强度确实高于美国与希腊的贸易强度,中国与希腊当月贸易额度为1.77亿美元,美国与希腊当月贸易额度为7299.80万美元,图9的结论再次验证了易感性更取决于贸易联系强度的结论;另一方面,本文中SEIR传染模型的使用不仅能测度希腊的直接传染,还能体现其他国家对于中美的间接传染,即希腊的邻居合作国被感染后亦成为传染源,再传染其邻居合作国,因此中国早于美国被感染并非完全由于与希腊的贸易强度所致。同时,图9的结论说明在当今全球贸易网络中中国虽然已跻身大国行列,但由于还处于发展中国家行列,相对美国来说,中国金融稳定和经济贸易相关政策尚待完善,对于金融危机的免疫措施仍需加强。

四、结 论

随着《马斯特里赫特条约》的缔结,欧元区成为货币政策统一的地区,但区内各国财政政策的各自为营使得欧债危机的后危机时代一直在延续,欧债危机的警报仍未完全解除。

本文在经济一体化背景下,依据各国间进出口贸易关系构建了全球贸易网络,从全局视角出发,利用复杂网络理论对全球网络进行模拟,并构建了全球网络的关系网和加权网,弥补了已有单纯使用复杂网络模型的不足,使得分析结果也更具有现实意义。在此基础上使用传染病学中具有潜伏期的SEIR传染病模型模拟欧债危机在全球网络的传播情况,得出以下结论:第一,全球网络节点度具有幂律特征和聚集特征,符合无标度网络模型和小世界网络模型,显示了全球网络的“富者愈富”效应,即各国更倾向于与网络核心国家建立贸易联系,因此当希腊(较核心国家)发生危机后更容易在全球网络中传染。蒙特卡罗模拟结果显示小世界随机图模型对全球网络最为匹配,而小世界图与随机图和无标度图相比传染速度最慢,这与后文分析中实际网络的加权网结论类似,足以说明虽然随着经济一体化的进程,全球各国结成了一张密不可分的复杂网络,但该网络不仅能扩散危机,还能吸收危机,具有稳健性。第二,欧债危机在全球网络中的扩散阈值在0.01附近,随着欧债危机传染力度的加大,全球网络被感染范围不断加大直至崩溃,崩溃阈值在0.2附近,因此,应在希腊爆发主权债务危机后迅速解决,而不是在财政利益的博弈下拖延放任,导致危机蔓延至爱尔兰、意大利、葡萄牙和西班牙,甚至对其他发达经济体和新兴市场国家产生负的外部性。第三,欧债危机的传染范围不仅取决于两国间是否有贸易关系,更取决于两国间贸易联系强度,欧猪五国联合作为传染源时并不会加大在全球范围内的危机传染,验证了欧债危机区域性的特点。同时,欧债危机潜伏期越长,网络中受影响范围越小,传染速度越慢。这说明各国早发现危机的重要性,从而有足够的时间调整货币政策、汇率政策等免疫措施来抵抗危机传染,进而维持自身金融系统的稳定性,并避免金融危机传染力度的增大,从而防止对全球经济造成毁灭性灾难。第四,在全球网络中两个处于同等核心位置的中国和美国,在欧债危机的传染模拟中,中国早于美国被传

染,且潜伏期越长,领先时间越早,这表明我国虽与美国在全球贸易合作关系中地位相当,但我国尚处于发展中国家行列,宏观审慎监管与汇率政策等适应性免疫政策仍需完善,加之我国处于新常态时期,更需制定危机防范策略,警惕外来冲击对我国经济环境的影响。

参考文献

- [1] Arezki R., Candelon B., Sy A. N. R.. Sovereign Rating News and Financial Market Spillovers: Evidence from the European Debt Crisis [R]. International Monetary Fund, Washington D. C. Working Paper, No. 11, 2011.
- [2] Arghyrou M. G., Kontonikas A.. The EMU sovereign-debt crisis: Fundamentals, expectations and contagion [J]. Journal of International Financial Markets, Institutions & Money, 2012 (4): 658-677.
- [3] Garas A., et al.. Worldwide spreading of economic crisis [J]. New Journal of Physics, 2010 (11): 30-43.
- [4] Giordano R., Pericoli M., Tommasino P.. Pure or Wake-up-Call Contagion? Another Look at the EMU Sovereign Debt Crisis [J]. International Finance, 2013 (2): 131-160.
- [5] Glover B., Richards-Shubik S.. Contagion in the European Sovereign Debt Crisis [R]. NBER Working Paper, No. 20567, 2014.
- [6] Gorea D., Radev D.. The Euro Area Sovereign Debt Crisis: Can Contagion Spread from the Periphery to the Core? [R]. Gutenberg School of Management and Economics Discussion Paper, No. 1208, 2013.
- [7] Haldane A. G.. Rethinking the Financial Network [R]. Speech delivered at the Financial Student Association, Amsterdam, 2009.
- [8] Matesanza D., Ortegab G. J.. Sovereign public debt crisis in Europe. A network analysis [J]. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 2015 (15): 756-766.
- [9] Mink M., Haan J. D.. Contagion during the Greek Sovereign Debt Crisis [J]. Journal of International Money and Finance, 2013 (34): 102-113.
- [10] Missio S., Watzka S.. Financial Contagion and the European Debt Crisis [R]. CESifo, Munich, Germany, Working Paper, No. 3554, 2011.
- [11] 鲍勤,孙艳霞.网络视角下的金融结构与金融风险传染.系统工程理论与实践[J]. 2014(9): 2202-2210.
- [12] 陈国进,马长峰.金融危机传染的网络理论研究述评.经济学动态[J]. 2010(2): 116-120.
- [13] 陈浪南,赵旭,罗融.欧洲主权债务危机对我国经济增长影响的实证研究——基于经济全球化的视角[J].国际金融研究, 2015(2): 45-54.
- [14] 邓超,陈学军.基于复杂网络的金融传染风险模型研究[J].中国管理科学, 2014(11): 11-18.
- [15] 庞晓波,王姗姗,王克达.金融危机国际传染研究述评——基于传染病学视角[J].浙江社会科学, 2015(8): 130-139.
- [16] 吴新生,季风效应、制度空间依赖与欧债危机传染——基于空间面板数据模型的经验研究[J].世界经济与政治论坛, 2012(3): 96-105.
- [17] 颜建晔,杨小玄,殷琳.主权债务危机预警模型及跨国传染效应——基于probit面板估计[J].浙江社会科学, 2014(12): 18-29.
- [18] 杨飞,次贷危机和欧债危机对新兴市场的传染效应研究——基于DCC-MVGARCH模型的检验[J].国际金融研究, 2014(6): 40-49.
- [19] 张梦露,吴凤.欧债危机对中国经济的影响——基于欧债危机演进测度的研究[J].武汉大学学报, 2015(3): 80-85.

(责任编辑:朱 颖)

Contents & Abstracts

International Flow of Production Factors and Mechanisms of Globalized Economy: The Bases and Theoretical Logics of World Economics Study

Zhang Youwen(3)

This article brings up an innovative theory that the international flow of production factors is the essential characteristics and micro base of the contemporary global economy. As the flow of production factors determines the fundamental mechanism of global economy , the Global Economics should base on the analysis of it. This article analyzes the causes and effects of the international flow of production factors , and concludes that: The investment has surpassed the trade and become the decisive force for the growth of world economy; The multinational companies has become the organizer of production factors; And , there are three markets-commodities , services and factors , which determine the change and trend of world economy. Based on this judgment , the state development strategy of developing countries requires being re-examined and revised.

The Microscopic Mechanism and Empirical Evidence of RMB Exchange Rate on Stock Price

Jiang Chun Si Dengkui Li Xiaolin Zhao Yanping(12)

It is of great theoretical significance to predict stock price volatility and promote market-oriented reform of RMB exchange rate for studying the micro mechanism and regime changing of exchange rate expectation. We firstly analyze the theoretical transmission mechanism from three channels of capital , cost and aggregate demand , then further adopt the data between January 1999 and December 2014 with flexible Fourier stationary method which can capture structural breaks , and apply Smooth Transition Auto-regression (STAR) to investigate the nonlinear effect of RMB exchange rate expectation on stock price at different stock markets and exchange rate environments. Theoretical analysis and empirical test show that the capital account shocking is the dominant channel , and the effect is a significant asymmetry and smoothly converting double-regime. .

Uncertainty of Parameter Estimates of Interdependence Structure of RMB Exchange Rates Based on R-vines

Zhang Guofu Huangfu Xing Du Ziping(24)

Using the data of RMB exchange rate against EURO、US dollar、Japanese Yen、Russian ruble、English pound、Canadian Dollar、Malaysian Ringgit、Australian dollar , this paper investigates the interdependent structure of RMB exchange rates based on R-vines. It reveals that the exchange rate between the RMB and the EURO is the central exchange rate , i. e. the exchange rates of our data set dependently to a greater or lesser extent on the exchange rate of the RMB to the EURO. Meanwhile , RMB exchange rates against US dollar、Japanese Yen、English pound、Russian ruble are also important in the basket of currencies. Furthermore , this paper computes pair copula parameters' confidence intervals and analyses the uncertainty in parameter estimates in a rolling window analysis. Results show that the greater uncertainty of ML estimators due to more trees in the R-vines or less observations per sample.

Measurement Analysis of European Debt Crisis's Infects on Global Economies and China Based on Simulation of Complex Networks

Pang Xiaobo Wang Shanshan Chen Shoudong(35)

This paper builds a global network in trade channels comprising of 244 countries , using Complex network theory and latency SEIR model to simulate European debt crisis , and comparing infectivity of random network with actual network. It turns out that: Global trade network has scale-free property and small scale features; Global Trade Network is robust , and its complexity not only

contributes to proliferation crises in the network ,but also has the ability to absorb the crisis; When the severity of European debt crisis is less than the diffusion threshold , it could not constitute a negative externality countries. With the severity of the crisis deepened , the range of infection will be more extensive , when the severity is higher than the threshold of the collapse , it will reach the maximum range of infection and no longer change; China and USA has the same network node degree , yet China will be infected earlier than USA. This phenomenon is more obvious when the incubation period is longer.

Income Distribution Effects on Exchange Rate

Li Zilian Zhu Jiangli(47)

More logic rules are required to explain the fluctuation caused by internal and external structural imbalance from the view of endogenous institution. Income inequality , as a result of income distribution which is also a kind of institution , is an important factor which influences structural imbalance and RMB exchange rate. The mechanism of this influence is that: income inequality increases savings rate and capital foundation rate , while decreases consumption rate , which both makes problems of excess production capacity caused by under-consumption only solved by export. It promotes the form of trade surplus and makes it expand continually. And then , it promotes the appreciation of RMB exchange rate. Therefore , to promote rational valuation of RMB exchange rate , and to play a role in stabilizing the growth of import and export in the new normal , we should deepen the reform of income distribution institution fundamentally , and change the pattern of inner and external structural imbalance.

The Proposed Eurasian Regional Economic Integration's Influences on and Potentials for China Export

Deng Yujia Qin Fangming(55)

This paper analyzed the panel data of China and 39 countries in Eurasia region from 1999 to 2013 and use General trade gravity model , to verify that China's export trade with Europe and Asia countries is in proportional to the GDP and GDP per capita (pGDP) of these countries , while inversely proportional to the distance (D) between these country and China. The extended trade gravity model showed that border (BJ) , WTO and the CIS framework (CIS) produced a positive effect on China's export trade , caused an average increase of china's export of 3.69% , 0.8% , and 1.39% respectively. However , the GDP per capita differences(dpGDP) reflected in the representation of demand , as well as natural resources (land) and the Eurasian Economic Union (EEU) did have a significant negative impact on China's export trade . Among them , the EEU which reflects the process of regional integration would produce 0.42% trade diversion effect. We estimated China's export trade potential , and found great potential in China's export trade to countries in Eurasia region.

Intra-city Spatial Distribution of Exporters and Non-exporters: Evidence from Shanghai, China

Sun Churen Zang Nan Chen Yongbing(66)

Intra-city spatial distribution of exporters and non-exporters reflects the resource allocation between exporting and non-exporting sectors. However , few literatures explored this issue. This paper investigates whether location choices of exporters and non-exporters have systematic difference within Shanghai using " Annual Survey Data of Chinese Industrial Enterprises" in 2004 together with Each firm's geographical coordinates and shows that exporters distributes much far away from the geographical center of the city relative to non-exporters , which implies that a firm's exporting behavior affects its intra-city location choice.

How Does Trade Liberalization Affect Chinese Manufacturing Firms' Innovation Activity?

Zhao Jianchun Mao Qilin(78)

Under the background of China's entry into WTO , this paper investigates the micro effects of import liberalization on firms' innovation by using Annual Survey of Industrial Firms (ASIF) data from 1999 to 2007. The results show that , the import liberalization significantly facilitates firms' innovation on the whole , and the effect of input trade liberalization is larger than output trade liberalization. We also find that the effects of import liberalization on firms' innovation motives is larger than on firms' innovation

《世界经济研究》2015 年第 12 期 • 125 •