

分类号
UDC

密级
编号 10741

兰州财经大学

LANZHOU UNIVERSITY OF FINANCE AND ECONOMICS

硕士学位论文

(专业学位)

论文题目 反事实框架下我国经济韧性测度、机制
分析与提升路径模拟

研究生姓名: 杨盛文

指导教师姓名、职称: 赵煜、教授

学科、专业名称: 统计学、应用统计硕士

研究方向: 经济统计应用

提交日期: 2024年6月3日

独创性声明

本人声明所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

学位论文作者签名： 杨盛文 签字日期： 2024.6.3

导师签名： 赵煜 签字日期： 2024.6.3

导师(校外)签名： _____ 签字日期： _____

关于论文使用授权的说明

本人完全了解学校关于保留、使用学位论文的各项规定，同意（选择“同意”/“不同意”）以下事项：

1.学校有权保留本论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文；

2.学校有权将本人的学位论文提交至清华大学“中国学术期刊（光盘版）电子杂志社”用于出版和编入CNKI《中国知识资源总库》或其他同类数据库，传播本学位论文的全部或部分内容。

学位论文作者签名： 杨盛文 签字日期： 2024.6.3

导师签名： 赵煜 签字日期： 2024.6.3

导师(校外)签名： _____ 签字日期： _____

Research on Corporate Governance of Southeast Asian Corporations

Candidate : Yang Shengwen

Supervisor: Zhao Yu

摘 要

当今世界的经济格局呈现全球化、多极化与区域化的发展趋势，同时也给我国经济发展带来更多不确定性的风险与挑战。经济韧性的正是一种帮助我国抵御、复苏与适应面对不确定风险与挑战的道路，也是中国式现代化的重要动力，对推动全球经济复苏也起着重要作用，如何提高经济韧性已成为国内外学者的研究热点。

我国经济韧性仍是一个值得关注的问题，当今贸易保护主义、全球经济增速放缓明显，经济高质量发展离不开强有力的经济韧性支撑。因此，为探究我国经济韧性发展现状、运行机制与提升路径，本文以 2008—2021 年我国 31 省、市、自治区经济韧性为研究对象，首先依据凡登定律构建因果模型，在反事实框架下，采用动态空间面板模型 SEM-RE 对我国经济韧性进行测度与分析，并对我国经济韧性动态演变、地区差异与特征分类方面进行分析；然后从因果反馈机制与系统稳定性机制两个角度，将我国经济韧性系统视为网络结构，对我国经济韧性网络系统运行机制进行分析，因果反馈机制方面，构建 DPSIR 框架，并使用 PLS-SEM 模型对我国经济韧性网络系统进行因果检验，在检验成立的基础上，使用 ENA 模型对经济韧性系统整体稳定性、利用率与冗余率进行分析，最后使用 Lasso-ELM、Lasso-PSO-ELM 等方法对我国经济韧性提升路径进行动态模拟。得到一系列研究结论与建议。

(1) 经济韧性测度方面，整体来看，我经济韧性呈现逐年递增、稳健向好趋势，具体来看，我国各省市经济韧性呈现增速快、地区差异大的特点。研究期内，我国东部沿海地区经济韧性水平优于内陆及西部地区，南方地区经济韧性优于北方地区，2021 年我国 31 省市经济韧性水平均大于 1，表明我国实际产出高于反事实产出，经济韧性水平良好。

经济韧性分析方面，动态演变角度，我国经济韧性核密度曲线波峰呈现下降趋势，即我国经济韧性发展水平差异进一步加大；从核密度曲线的移动趋势来看，经济韧性核密度曲线向右移动，表明经济韧性水平逐年提高；地区差异角度，总体基尼系数的减少表明我国经济韧性的地区差异性逐年向好，我国经济韧性组内差异大小为东部地区>西部地区>中部地区>东北地区；特征分类角度，采用 Jenks 自然断点法，将我国各省市经济韧性分为不同的类别，第一类为含甘肃、西藏等

23 省市；第二类为山东、广东、福建、浙江、天津 5 省市；第三类为江苏、北京、上海 3 省市。

(2) 经济韧性网络系统机制分析方面，因果反馈机制角度，采用 PLS-SEM 模型对我国经济韧性框架各元素因果关系进行检验，DPSIR 框架下各个元素因果关系均在显著性水平 $\alpha=0.01$ 时通过检验，从具体取值大小来看，R→D 响应层面对驱动层面正向作用最大，而 D→P 驱动层面对压力层面负面作用最大，表现为经济系统驱动越大时，经济系统所面临的压力也就越大。系统稳定性运行机制方面，我国经济韧性系统优势度 $A=6.239>$ 冗余 $R=5.013$ ，表明我国经济系统利用大于冗余；从可持续发展角度来看，经济系统的利用率与冗余率都不宜过高，系统最佳利用率 A/C 值为 0.4455，我国经济韧性系统利用率 $A/C=0.554$ 略大于此值。

(3) 本文将韧性理论与机器学习理论相结合，对我国经济韧性的提升路径进行模拟，探究我国经济韧性的最佳提升路径。相比于 Lasso-ELM，粒子群优化算法改良后的 Lasso-PSO-ELM 模型对我国经济韧性动态模拟的结果与真实值吻合度得到了一定提高，且动态模拟评价指标更加优良。基于上述所构建的 Lasso-PSO-ELM 模型，对我国 2022 年各省市经济韧性进行情景假设与动态模拟，结果显示高经济韧性情景假设下，我国各省市经济韧性模拟值最高。

关键词：经济韧性 反事实框架 稳定性分析 提升路径模拟

Abstract

The current global economic landscape is showing a trend of globalization, multipolarity, and regionalization, which also brings more uncertain risks and challenges to China's economic development. Economic resilience is just a way to help China resist, recover and adapt to uncertain risks and challenges. It is also an important driving force for Chinese path to modernization and plays an important role in promoting global economic recovery. How to improve economic resilience has become a research hotspot for scholars at home and abroad.

The resilience of China's economy is still a matter of concern. Today, with trade protectionism and a significant slowdown in global economic growth, high-quality economic development cannot be achieved without strong economic resilience support. Therefore, in order to explore the current development status, operating mechanism, and improvement path of China's economic resilience, this article takes the economic resilience of 31 provinces, cities, and autonomous regions in China from 2008 to 2021 as the research object. Firstly, a causal model is constructed based on Van den's law. Under the counterfactual framework, the dynamic spatial panel model SEM-RE is used to measure and analyze China's economic resilience, and the dynamic evolution, regional differences, and feature classification of China's economic resilience are analyzed; Then, from the perspectives of causal feedback mechanism and system stability

mechanism, the economic resilience system in China is viewed as a network structure, and the operational mechanism of the economic resilience network system in China is analyzed. In terms of causal feedback mechanism, the DPSIR framework is constructed, and the PLS-SEM model is used to conduct causal testing on the economic resilience network system in China. On the basis of the test, the ENA model is used to evaluate the overall stability and effectiveness of the economic resilience system. Analyze the utilization rate and redundancy rate, and finally use methods such as Lasso ELM and Lasso PSO ELM to dynamically simulate the path of China's economic resilience improvement. Obtain a series of research conclusions and recommendations.

(1) In terms of measuring economic resilience, overall, China's economic resilience has shown a steady and positive trend of increasing year by year. Specifically, the economic resilience of various provinces and cities in China has shown characteristics of rapid growth and significant regional differences. During the research period, the economic resilience level of the eastern coastal regions in China was better than that of the inland and western regions, while the economic resilience level of the southern regions was better than that of the northern regions. In 2021, the economic resilience level of all 31 provinces and cities in China was greater than 1, indicating that China's actual output was higher than the counterfactual output, and the economic resilience level was good.

In terms of economic resilience analysis, from the perspective of dynamic evolution, the peak of China's economic resilience kernel density curve shows a downward trend, indicating that the difference in China's economic resilience development level is further increasing; From the moving trend of the nuclear density curve, it can be seen that the economic resilience nuclear density curve is moving to the right, indicating that the level of economic resilience is increasing year by year; From the perspective of regional differences, the decrease in the overall Gini coefficient indicates that the regional differences in China's economic resilience have been improving year by year. The size of the differences within China's economic resilience group is as follows: Eastern region>Western region>Central region>Northeast region; From the perspective of feature classification, Jenks natural breakpoint method is used to divide the economic resilience of China's provinces and cities into different categories. The first category includes 23 provinces and cities such as Gansu and Xizang; The second category includes five provinces and cities: Shandong, Guangdong, Fujian, Zhejiang, and Tianjin; The third category includes three provinces and cities: Jiangsu, Beijing, and Shanghai.

(2) In terms of analyzing the mechanism of the economic resilience network system, from the perspective of causal feedback mechanism, the PLS-SEM model is used to test the causal relationships of various elements

in China's economic resilience framework. Under the DPSIR framework, the causal relationships of each element are all at a significant level $\alpha =$ By testing at 0.01, it can be seen from the specific values that the $R \rightarrow D$ response layer has the greatest positive effect on the driving layer, while the $D \rightarrow P$ driving layer has the greatest negative effect on the pressure layer. This is manifested as the greater the driving force of the economic system, the greater the pressure it faces. In terms of system stability operation mechanism, the advantage degree of China's economic resilience system $A=6.239 > \text{redundancy } R=5.013$, indicating that China's economic system utilization is greater than redundancy; From the perspective of sustainable development, the utilization rate and redundancy rate of the economic system should not be too high. The optimal utilization rate A/C value of the system is 0.4455, while the utilization rate A/C of China's economic resilience system is slightly higher than this value at 0.554.

(3) This article combines resilience theory with machine learning theory to simulate the improvement path of China's economic resilience and explore the best path to enhance China's economic resilience. Compared to Lasso ELM, the improved Lasso PSO-ELM model based on particle swarm optimization algorithm has improved the consistency between the results of dynamic simulation of China's economic resilience and the actual values, and the evaluation indicators of dynamic simulation are better. Based on the Lasso PSO-ELM model constructed above,

scenario assumptions and dynamic simulations were conducted on the economic resilience of various provinces and cities in China in 2022. The results showed that under the high economic resilience scenario assumption, the simulated values of economic resilience in various provinces and cities in China were the highest.

Keywords: Economic resilience; Counterfactual framework; Stability analysis; Boost path simulation

目 录

| | |
|---------------------------|----|
| 1 绪论 | 1 |
| 1.1 研究背景与研究意义..... | 1 |
| 1.1.1 研究背景 | 1 |
| 1.1.2 研究意义 | 2 |
| 1.2 研究现状及发展趋势..... | 2 |
| 1.2.1 韧性与经济韧性理论内涵方面 | 3 |
| 1.2.2 经济韧性测度方面 | 3 |
| 1.2.3 经济韧性特征分析方面 | 5 |
| 1.2.4 经济韧性机制分析方面 | 6 |
| 1.2.5 文献述评 | 6 |
| 1.3 研究内容与研究方法..... | 8 |
| 1.3.1 研究内容 | 8 |
| 1.3.2 研究方法 | 10 |
| 1.4 研究创新点 | 11 |
| 2 概念界定与理论基础 | 12 |
| 2.1 概念界定..... | 12 |
| 2.1.1 韧性 | 12 |
| 2.1.2 经济韧性 | 12 |
| 2.2 理论基础..... | 13 |
| 2.2.1 可持续发展理论 | 13 |
| 2.2.2 韧性理论 | 14 |

| | |
|----------------------------------|-----------|
| 2.2.3 机器学习理论 | 14 |
| 2.2.4 系统稳定性理论 | 16 |
| 2.2.5 因果分析理论 | 16 |
| 3 反事实框架下我国经济韧性测度与分析 | 19 |
| 3.1 经济韧性测度体系构建 | 19 |
| 3.1.1 因果模型的设定 | 19 |
| 3.1.2 因果模型的优化 | 20 |
| 3.1.3 因果模型的检验 | 21 |
| 3.2 经济韧性测算 | 23 |
| 3.3 经济韧性特征分析 | 24 |
| 3.3.1 动态演变分析 | 25 |
| 3.3.2 地区差异分析 | 27 |
| 3.2.3 分类特征分析 | 30 |
| 4 经济韧性网络结构运行机制分析 | 32 |
| 4.1 因果反馈机制分析 | 32 |
| 4.1.1 因果反馈机制分析思路 | 32 |
| 4.1.2 经济韧性网络 DPSIR 模型构建 | 33 |
| 4.1.3 因果关系假设 | 34 |
| 4.1.4 因果关系检验 | 35 |
| 4.2 系统稳定性分析 | 37 |
| 4.2.1 系统稳定性分析思路 | 37 |
| 4.2.2 系统稳定性结果分析 | 38 |
| 5 我国经济韧性提升路径动态模拟 | 40 |
| 5.1 动态模拟思路 | 40 |

| | |
|---|-----------|
| 5.2 动态模拟方法..... | 40 |
| 5.2.1 LASSO 回归..... | 41 |
| 5.2.2 粒子群优化算法 (PSO) | 40 |
| 5.2.3 极限学习机 (ELM) | 43 |
| 5.2.4 Lasso 回归-粒子群优化算-极限学习机 (Lasso-PSO-ELM) | 44 |
| 5.3 提升路径模拟与分析..... | 45 |
| 5.3.1 特征选择..... | 45 |
| 5.3.2 Lasso-ELM 动态模拟..... | 46 |
| 5.3.3 Lasso-PSO-ELM 动态模拟..... | 48 |
| 5.4 经济韧性提升路径模拟分析..... | 49 |
| 6 结论与建议..... | 52 |
| 6.1 结论..... | 52 |
| 6.2 建议..... | 54 |
| 参考文献..... | 56 |
| 附录..... | 61 |
| 致谢..... | 63 |

1 绪论

1.1 研究背景与研究意义

1.1.1 研究背景

在全球经济环境日趋复杂多变，各类经济风险与挑战层出不穷的背景下，实现经济的稳定增长与高质量转型具有诸多的不确定性与挑战。经济韧性的建设是我国防范化解重大经济风险与推动高质量发展的重要途径，在各种经济风险冲击下，我国经济依然保持了相对稳定的增长态势，展现出了较强的抵御风险和自我修复的能力，自 2008 年全球金融危机，再到中美贸易摩擦事件与席卷全球的公共卫生事件的冲击之下，我国经济发展在这些冲击波动之下逐个化解了各个风险，我国经济的强韧性，正是我国抵御、复苏与适应面对不确定风险与挑战的重要手段，加强经济韧性的建设，在全球经济环境的不确定性背景下愈发重要。

在高质量发展背景下，提升我国经济韧性是助力经济转型升级的现实需要。我国经济正处于转型升级的关键时期，需要不断提高经济的适应性和稳定性，以长期演化性视角来看，我国经济已深度融入全球经济动态演变的大格局之中，未来，我们必将面临从目标、结构、动力到机制的系统性转变，旨在迈向高质量发展阶段。尤其在转型的后半程，风险因素将进一步显现，对我国经济发展挑战将更加严峻。为稳固发展基础、降低潜在风险、增强发展动能、优化经济结构，构建一条稳健且持久的经济运行路径十分有必要。而经济韧性的建设，正是实现高质量发展的坚实保障，通过不断加强经济韧性的锻造，能够有效优化经济结构、提升创新能力、推动产业升级，进而实现经济的高质量发展，显著提升我国经济抵御风险冲击与实现快速复苏的能力。

事实上，经济系统是一个复杂、脆弱的系统，包括产业结构、市场结构、人口结构等多个方面，各个因素之间相互作用、相互影响，任何一个因素的变化都可能对整个经济系统产生影响。在经济全球化和经济发展的多样性背景下，经济系统的脆弱性显得尤为突出，在经济体在遭受冲击后，经济韧性代表着经济体自我恢复和调节能力，助力实现经济体重新配置资源、调整产业结构、转型升级，通过提高经济韧性，可以更好地应对内外部干扰、抵御冲击，实现经济可持续发展。

在全球经济环境的不确定性与我国经济结构的优化和转型升级背景下，对我国经济系统面对各类风险冲击的准确评估分外重要，在经济发展“新常态”下，有必要对我国经济韧性的准确评估与测算、深入探究经济韧性系统运行机制及其提升路径模拟，揭示中国经济韧性的内涵、特征、运行机制及其提升路径，为促进中国经济的高质量发展提供科学依据和决策支持。

1.1.2 研究意义

自 2021 年以来，我国经济发展进入新发展阶段，开启全面建设社会主义现代化国家新征程，新常态下使中国经济平稳增长的最有效手段就是增强中国经济的韧性。研究以经济韧性网络结构新视角，从反事实框架下对我国经济韧性测度、机制分析与提升路径模拟，有利于构建具有韧性发展力的网络系统，推进经济系统的高质量发展，因此本研究在理论与现实方面都具有意义。

本文理论意义主要在于充实经济韧性研究领域，深化经济韧性研究理念，扩充韧性理论的经济学研究外延。当前学者们对于关于经济韧性研究主要集中在经济韧性理论与内涵，实证方面主要集中在经济韧性影响因素分析，本文以一个新的视角，将经济韧性系统视为网络结构，构建因果模型对经济韧性进行测度与分析，系统地对经济韧性运行机制进行分析，最后对经济韧性提升路径进行模拟，将空间计量、因果分析、机器学习方法与韧性理论相结合，完善理论发展依据。

本文现实意义主要在于，对我国经济韧性进行深入研究，一方面，有利于探究我国经济韧性发展现状及其运行机制，构建如何抵抗并从外部冲击中恢复对构建长期的高质量发展模式，为推动我国经济高质量发展建立基础保障；另一方面对我国经济韧性测度、运行机制分析与提升路径模拟，有利于深入分析我国经济韧性运行现状及其运行机制，为我国各省市经济高质量发展提供政策依据，同时为其他相关研究提供新的视角，有较强的现实意义。

1.2 研究现状及发展趋势

自从韧性概念被引入到经济学领域后，经济韧性便迅速成为了研究的热点，其理论内涵不断得到深化和拓展，相关研究也日趋多样化。目前，关于我国经济韧性的研究主要聚焦于四个方面：韧性与经济韧性理论内涵、经济韧性测度、经济韧性特征分析、经

济韧性机制分析。这些研究共同构成了我国经济韧性研究的主体框架，为深入理解经济韧性提供了多维度的视角。

1.2.1 韧性与经济韧性理论内涵方面

韧性(resilience)这一概念最初起源于生态系统研究，由 Holling 等人(1973)首次提出，用以描述系统在遭遇冲击后的反应。将韧性和稳定性视为系统对冲击响应的两大要素：韧性是指系统在面对状态变量、驱动变量及参数变化时，能够吸收这些变化并维持原有状态的能力；而稳定性则是指系统在受到短暂扰动后能够恢复平衡状态的能力。随着研究的深入，生态学家和生态经济学家 Perrings(2001)从更广泛的可持续性视角出发，对韧性进行了重新定义，强调其为系统吸收外部压力和冲击的能力。Perrings(2006)进一步拓展了韧性的定义，将其描述为系统吸收或抵御损害及损失的能力。

尽管稳定性和韧性在概念上有所区别，但稳定性被视为经济韧性的一个重要组成部分。在 Han Y 等人(2015)提出了一种综合性的定义，将韧性视为稳定性和其他相关要素的融合，从而更全面地揭示了系统的应对和恢复能力。这一研究为经济韧性的深入理解和应用提供了新的视角和思路，随着相关理论的发展，韧性被广泛应用于经济学、生态学和灾害研究等方面，由此引出经济韧性等一系列概念，经济韧性近年来受到学者广泛关注（MARTIN R et al, 2012； DINH H et al, 2016）。对经济韧性概念的阐释，通常将经济系统与物理韧性、生态韧性与适应韧性结合，表现出抵抗、恢复、重构与自组织等特征（Alberti M et al, 2004； Edward Hill et al, 2012； Wink R et al, 2014）。目前，大多数学者都认同以演化论为视角，并以复杂适应系统理论为分析框架的区域经济演进韧性理念。Briguglio L 等人（2006）将经济韧性定义为经济体从不利冲击中恢复或调整的能力，即“培育”能力，并用此解释了为何某些国家在经济韧性上表现脆弱。Ron Martin（2012）进一步提出了区域经济韧性的概念，他强调这是区域经济系统在面对扰动时，能够保持稳定发展或进化至新的稳定发展态势的能力。而 Hudson（2009）的定义中，更注重我国经济系统在遭遇外部冲击与干扰时，通过调整经济结构、优化经济功能，并在这一过程中不断学习、吸收经验、化解危机，以实现经济的再次繁荣与增长。这些定义共同构成了当前对经济韧性理解的核心内容。

1.2.2 经济韧性测度方面

经济韧性水平测度方面，测算方法的选择是经济韧性分析重点，测算方法的合理与

否直接影响经济韧性测算值的分析,关于经济韧性测算研究重点为测度体系的构建,常见的测算方法有单一指标、核心指标测算法与指标综合评价法。

1.2.2.1 单一或核心指标测算方面

单一指标或核心指标测算方面,主要利用就业量、产出、贸易量、劳动生产率等变量对经济韧性测量,Sensier 等人(2016)利用地区生产总值与就业人口数据,对欧洲 31 个国家进行经济韧性发展水平测算,Bergeijk(2017)等采用贸易量敏感指数度量经济危机中世界主要国家经济韧性变化,刘晓星等(2021)利用多种金融指数测度金融市场系统性风险,使用宏观经济指标估计时变脉冲响应,采用风险吸收强度和吸收持续期定量测度宏观经济韧性,并通过区制转换模型考察其影响因素。韩爱华等(2022)利用 2012—2019 年的产出与就业月度数据测度我国 31 个省份在新冠肺炎疫情冲击下的经济韧性,并利用倾向得分匹配双重差分方法探索影响经济韧性的因素。谭燕芝等(2022)基于 GMM-SL-SAR-RE 模型对我国经济韧性进行测度与分析,研究表明我国经济韧性呈现东高西低的态势。陈胜利与王东(2022)利用核心变量法对我国城市群经济韧性进行测度与分析。

1.2.2.2 综合指标测算方面

指标测算法在众多经济韧性测量方法中使用最广,曾冰(2023)通过构建涵盖进化力、恢复力与抵抗力三个维度指标体系对我国省域经济韧性进行测算,黄杰等(2022)基于我国 138 个地级市面板数据,利用熵权法对我国城市群经济韧性进行测度并分析其动态演进。张婷婷(2018)利用分指数测度计量模型成功构建了长三角区域经济韧性的评价模型,并针对性地选取了相关指标进行实证研究,其研究结果显示,长三角区域经济韧性整体上有所提升,但各地区之间的发展水平呈现出不均衡态势。另一方面,陈梦远(2017)则从演化论的视角深入剖析了区域韧性的形成机制,并强调了关联度和知识复杂度在区域韧性定量化测度中的关键地位。刘晓星等(2021)采用 151 种宏观经济指标,采用风险吸收持续期和 risk 吸收强度测度我国宏观经济韧,为了得出内生性的技术进步对灾后经济韧性起决定性作用的结论。王世平与赵春燕(2022)构建经济韧性指标体系,对我国城市经济韧性进行测算与分析,并对扩大进口与城市韧性之间关系进行测算与分析。

1.2.3 经济韧性特征分析方面

经济韧性动态演变特征分析方面，王兆峰与张先甜（2023）以黄河流域 79 个地级市为研究单元，采用核密度估计、变差函数和空间计量模型，揭示 2005—2019 年黄河流域旅游经济系统韧性水平的时空差异特征及影响因素。Kan Zhou 等（2022）采用改进的可变规模收益(VRS)数据包络分析(DEA)模型和 Malmquist 生产率指数分析了年度灾后经济韧性恢复的效率和效果。方叶林等（2023）在定量测度省域旅游经济韧性的基础上，采用空间马尔科夫链模型与地理探测器对经济韧性进行分析，得出中国旅游经济韧性时空演化具有不稳定性与空间集聚性特征的结论。袁丰等人（2023）基于多维韧性测度框架，深入研究了国际金融危机后长江经济带经济韧性的动态变化过程。而张开和陈琦在（2022）研究中，分析了城市经济韧性在不同地区存在的差异，发现各地区影响城市经济韧性的主要因素并不相同。谢会强等人（2022）综合运用了核密度估计法、收敛模型及社会网络模型，对中国城市经济韧性的时空变化及其空间关联网络结构进行了详细解析，得出中国城市经济韧性在整体上持续增强的结论。杜文瑄等人（2022）对城市经济韧性的时空格局、特征及其成因进行了探讨，发现长三角地区多数城市的产业相对多样化指数有所下降，而相对专业化态势则保持稳定上升，这有助于区域产业的分工与一体化发展，并提升了应对风险的经济韧性；然而，安徽省内部分城市的专业化指数偏高，且存在产业同构的问题。唐宇等人（2022）从演化韧性的视角出发，为能源富集区的产业结构演替与经济韧性响应构建了分析框架，并采用区域经济韧性测度和分解模型，深入研究了 1990 至 2019 年间榆林市的经济韧性演化过程与机制。他们的研究表明，榆林市的经济韧性演化历经了“重组-开发”、“开发-维持”和“维持-释放”三个阶段，这为主导产业的动态变化、三次产业结构的演替以及区域经济韧性的转化提供了深刻的洞见。

经济韧性地区差异特征分析方面，董亚娟和张一荻（2023）对我国旅游经济韧性进行了空间分析，发现 H-H 区的辐射作用与 L-L 区的扩散作用在逐渐减弱。张明斗和张震（2022）运用社会网络分析法，探究了各城市经济韧性在空间关联网络上的特征，结果显示不同城市群的经济韧性呈现出不均衡的分布状态。王素素等人（2022）借助 Dagum 基尼系数分解，深入研究了南北方经济韧性的区域差异及其差异来源。通过二次指派程序实证考察了经济韧性南北区域差异的形成机理，并发现尽管经济韧性的总体水平不高，但呈现出在波动中缓慢增长的趋势，同时经济韧性综合指数的空间差异整体上在缩小。

李连刚等人（2022）分析了黄河流域在面对 2008 年国际金融危机时经济韧性的时空变化特征。他们的研究结果显示，黄河流域的经济韧性存在显著的正向空间自相关特征，即经济韧性水平高（或低）的城市在空间上呈现出集聚分布的模式。

1.2.4 经济韧性机制分析方面

经济韧性机制分析方面，研究主要集中在经济韧性及其影响因素单向或双向作用机制分析方面，通过构建计量模型，分析经济韧性影响因素对经济韧性单向作用机制，或利用统计方法对经济韧性与其影响因素双向作用机制进行分析。

影响因素对经济韧性单向作用机制方面，以构建计量模型分析占比为主，孙红雪等人（2023）采用双重差分法，以 1999 年高校扩招政策作为外生冲击构造准自然实验，结果表明高校扩招引致的高质量人力资本规模扩张能显著增强中国城市的经济韧性。Yannis Psycharis 等（2020）利用希腊各地区 2008-2012 年的数据，验证了出口对提升地区经济韧性的积极作用。刘家树和顾为都（2023）探讨了数字技术如何影响城市经济韧性，并发现数字技术对其有显著的直接影响。卓乘风和毛艳华（2023）实证检验了制度型开放对我国城市经济韧性的积极影响，结果表明推动制度型开放能显著提高城市经济的抗冲击能力，这一发现具有稳健性。常哲仁（2023）以创新型城市试点政策为准自然实验，构建多时点双重差分模型评估政策效果，发现该政策有利于提高城市经济韧性。朱金鹤和孙红雪（2021）运用多种模型分析了数字经济对城市经济韧性的提升作用，结果显示数字经济能显著增强城市的经济韧性。苏任刚和赵湘莲（2021）基于理论分析，采用 283 个城市的面板数据进行实证研究，发现制造业升级对城市经济韧性有显著的促进作用。胡艳和张安伟（2022）剖析了异质型人力资本对城市经济韧性的影响，特别指出教育人力资本通过影响产业结构韧性和区域竞争力韧性来增强经济韧性。李博和曲艺（2023）利用一步系统 GMM 估计方法，揭示了中国沿海地区区域经济韧性的主要影响因素，发现产业演化路径依赖和路径突破均对提升区域经济韧性有显著作用，且路径突破的效果更为突出。

通过使用统计方法探究影响因素与经济韧性作用机制方面，谢庆勇和朱华友（2022）采用多因素方差分析探讨了不同地域资本类型地区的经济韧性，并进一步利用巴罗线性区域增长模型深入分析了地域资本与经济韧性之间的关联。姜汝川和景辛辛（2022）运用 Shift-Share 分解方法，揭示了产业结构和竞争力对经济韧性的作用机理，并通过地理

探测器模型确定了经济韧性的多元驱动因素,其中产业多样化、市场一体化、对外开放、创新能力和金融发展被视为主导因素。李久林等人(2022)构建了“压力-状态-响应”的PSR模型,对安徽省农业经济韧性进行了测度,并分析了其时空差异及影响因素,研究指出农业经济规模是造成该地区韧性差异的关键因素。高粼彤等(2022)通过Theil指数、ESDA等方法分析了中国经济韧性的时空演化特征,并利用SPDM模型识别出数字金融对经济韧性的显著促进作用及其正向空间溢出效应。张明斗和惠利伟(2021)借助泰尔指数法分解了农业经济韧性空间差异的主要来源,并使用地理探测器模型识别了其影响因素的有效性,结果显示政府支持力度、农业基础设施建设、地区市场规模与环境规制强度是影响中国农业经济韧性的核心因素。巩灿娟等人(2023)利用GIS空间分析方法和动态面板的差分GMM估计方法,定量分析了2011-2018年中国三大城市群经济韧性的时空演变格局及其影响因素,研究发现交通区位、信息沟通以及市场潜力对经济韧性的提升具有显著的正向影响。

1.2.5 文献述评

总的来说,国内外学者为经济韧性的相关研究积累了较为丰富的经验与成果,对进一步分析经济韧性具有重要的作用于借鉴价值。通过梳理文献,国内外学者关于经济韧性的研究成果颇丰:主要集中在经济韧性的理论与内涵、经济韧性测度、经济韧性特征分析、经济韧性影响因素的分析等方面,经济韧性仍是当前研究的热点,但关于我国经济韧性的研究方法、研究内容仍有较大的拓展空间。

首先,测算方法方面,关于经济韧性的测度方法主要集中在指标体系测算法方面,具有宽泛的使用场景,相关指标大而全,测算方法操作简单,能较快的对研究对象定量分析。但指标分析法具有其弊端,由于指标体系测算法在指标选取具有较强的主观性,且关于经济韧性指标体系的构建与选择尚未有统一定论,进而降低测算结果的科学性与合理性,指标测算法横向可比较性不足,简单重复的工作较多。常用的测算方法,由于其适应性、客观性、稳定性、可操作性等特点,无法满足经济韧性系统高维数据的非正态和非线性处理需求。在测算方法的选取上仍有一定的提升空间。

其次,作用机制分析方面,国内外大多数学者仅仅针对经济韧性的影响因素及其作用机制等进行分析,即经济韧性与其影响因素单向或双向作用机制分析,忽略了经济系统作为一个复合结构网络,复合网络各部各个元素间存在复合交错的因果关系,因此,对经济系统内部复合交错的因果关系进行检验,能更好的了解系统内正、负因果反馈现

状；同时，经济系统整体韧性的稳定性、利用率、冗余率也是可丰富的研究内容，国内外目前没有学者对经济系统整体稳定性进行分析，对经济系统整体利用率、冗余率进行分析，能更好的剖析经济系统现状，通过调节利用与冗余来达到提高经济韧性的目的。因此，在经济韧性研究内容方面，经济系统整体稳定性、利用率、冗余率也是可进一步研究的方向。

最后，研究方法方面，随着大数据人工智能的出现，以机器学习为代表的人工智能技术可以模拟人类的学习行为，重组已有知识以提高性能，显著提高了复杂问题的评估精度和解决效率。然而，我国在经济韧性研究中少机器学习研究的先例。因此，借助机器学习方法与机器学习方法研究经济韧性系统，对经济韧性提升路径进行动态模拟，探究经济韧性未来走向，更好的为政府等决策部分在制定规划时提供政策性建议，在经济韧性研究方面也能够丰富关于相关研究方法。

1.3 研究内容与研究方法

1.3.1 研究内容

本文以我国经济韧性为研究对象，在相关理论与文献梳理的支持下，首先在反事实条件下构建因果模型对我国经济韧性进行测度与分析，然后构建 DPSIR 框架，并使用 PLS-SEM 模型对我国经济韧性网络系统进行因果检验，在检验成立的基础上，使用 ENA 模型对经济韧性整体稳定性、利用率与冗余率进行分析，最后使用 Lasso-ELM、Lasso-PSO-ELM 对我国经济韧性提升路径进行动态模拟，研究区域为中国大陆 31 个省、市、自治区（不含港澳台）。论文的具体研究内容如下，技术线路图如图 1.1 所示：

第一章为绪论。主要包括研究背景、国内外研究综述、研究意义、研究方法、研究内容及可能的创新点等。

第二章为韧性理论及其延伸的相关概念及理论基础。通过对经济韧性及各种研究所需理论进行界定和解释，为后续研究打下理论基础。

第三章为在反事实框架下经济韧性测算与分析。其中经济韧性的测算方面，主要包括测度体系的构建、经济韧性的测算与分析等，其中经济韧性分析方面主要包括经济韧性地区差异、经济韧性动态演变、经济韧性特征分类等方面。

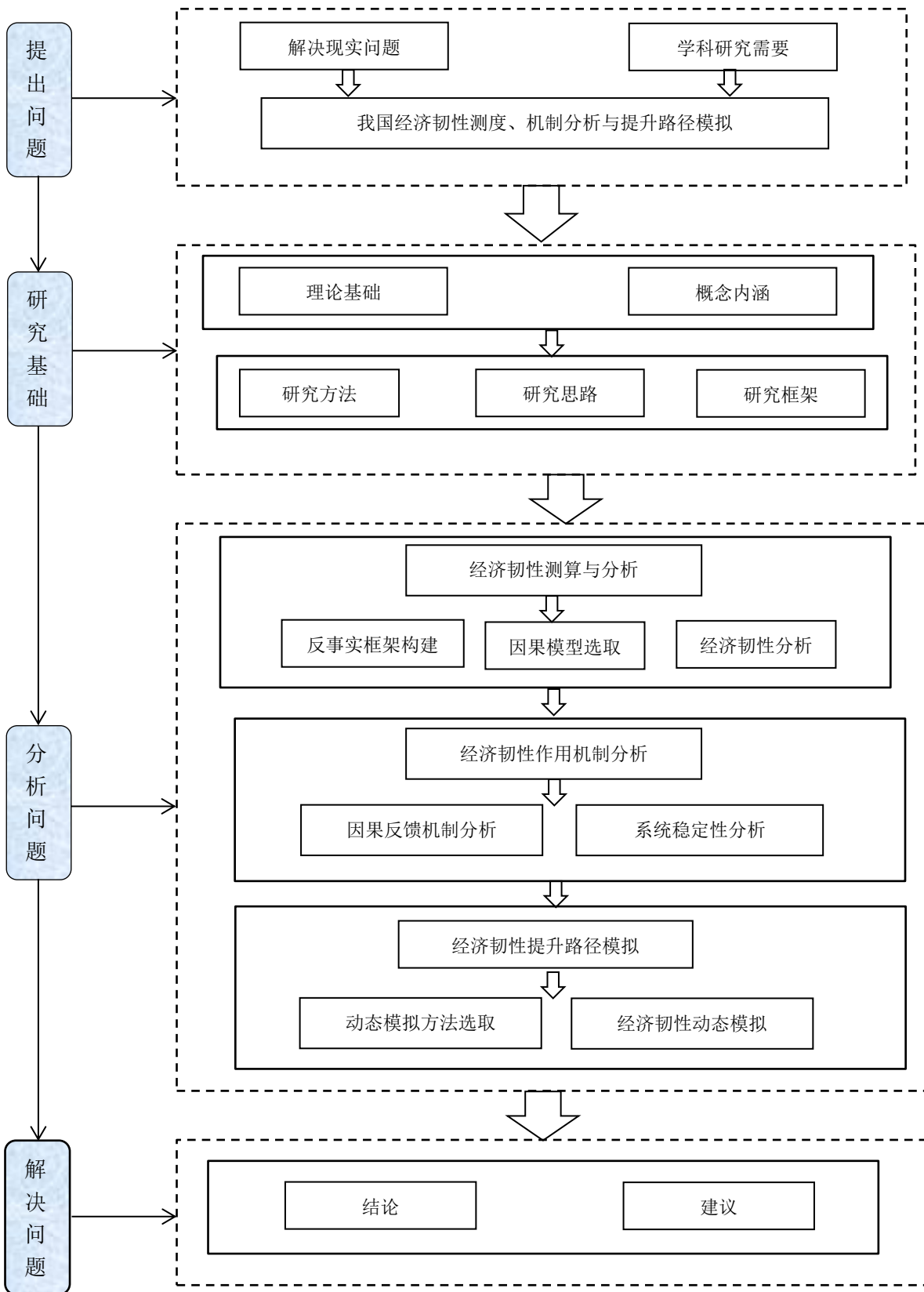


图 1.1 技术线路图

第四章为经济韧性网络运行机制分析。经济韧性网络因果反馈机制方面，首先构建经济韧性网络 DPSIR 框架，在此基础上进行反馈机制因果关系假设、因果关系检验模型选取与检验；在经济韧性网络系统各项因果关系检验通过之后，使用 ENA 模型对我国经济韧性整体稳定性、利用率与冗余率进行测算分析，通过分析具体的利用率与冗余率，并对利用与冗余进行调节以达到最优的经济韧性值。

第五章为我国经济韧性提升路径模拟，主要为我国经济韧性的动态模拟方法选取与基于不同组合方法的经济韧性提升路径动态模拟。其中我国经济韧性的动态模拟方法选取主要介绍粒子群优化算法 (PSO)、Lasso 回归、Lasso 回归-极限学习机 (Lasso-ELM)、Lasso 回归-粒子群优化算法-极限学习机 (Lasso-PSO-ELM) 等，基于不同情景的经济韧性提升路径模拟、模拟结果分析。

第六章为结论与建议部分。主要包括研究结论和针对建设我国富有韧性的经济网络系统的对策建议。

1.3.2 研究方法

1.3.2.1 文献分析法

本文充分利用图书馆资源、CNKI 等数据库以及相关网站，广泛搜集了国内外关于经济韧性的文献资料与研究数据。在深入研读这些资料的过程中，认真分析了相关研究成果和研究动态，并进行了细致的分类、归纳、整理与综合，通过一系列的文献研究，构建了良好的理论基础平台，为后续的研究工作奠定了坚实的基础。本文通过阅读相关文献，梳理了经济韧性理论与内涵的相关研究。在经济韧性测算方面，明确学者对于核心变量法变量选择；在经济韧性动态模拟方面，通过文献梳理明确动态模拟机器学习方法的选择，与具体的模拟预测步骤，在国内外各类关于经济韧性文献基础上，提出本文的研究内容。

1.3.2.2 理论分析法

本文通过对相关经济韧性理论与概念内涵进行梳理，借助韧性理论、空间计量理论、高质量发展理论、机器学习理论等进行下一步研究。经济韧性测度方面，借助凡登定律，理论分析并选取合适的核心变量；经济韧性网络系统因果关系检验阶段，通过理

论分析我国经济系统网络系统内部正、负因果反馈，提出一系列假设。

1.3.2.3 定性分析和定量分析相结合的分析方法

定性分析主要包括，对对我国经济韧性正、负反馈因果关系进行假设使用了因果分析法；对各省市经济韧性进行时间、空间对比，使用了对比分析法。

定量分析主要包括，首先，在反事实框架下，借助凡登定量构建因果模型，主要包括计量模型的设定、空间自相关检验、动态空间面板模型选取、固定效应与随机效应选取、我国经济韧性的测算等；经济韧性分析方面主要包括经济韧性地区差异（Dagum 基尼系数分解）、经济韧性动态演变（核密度估计）、特征分类（自然断点法）；其次，构建 DPSIR 框架，采用 PLS-SEM 模型对我国经济韧性正、负反馈因果关系进行检验；再次，在各项正、负反馈因果关系检验成立基础上，使用 ENA 模型对经济韧性整体稳定性、利用率与冗余率进行分析；最后，使用 Lasso-ELM、Lasso-PSO-ELM 等机器学习方法对经济韧性进行动态模拟。

1.4 研究创新点

本文以我国经济韧性为研究对象，在相关理论与文献梳理的支持下，具有如下创新点：

首先，在反事实框架下，根据凡登定律构建因果模型，在因果模型的选取与核心变量的选取进行检验与优化，对我国经济韧性进行测算，尝试提高测算结果的科学性与合理性。

其次，将经济韧性系统视为复合网络，关注经济韧性网络内部各元素间因果关系，使用 PLS-SEM 模型研究其内部正、负反馈情况，在此基础上，再进一步使用 ENA 分析经济韧性系统稳定性、利用率与冗余率。

最后，将韧性理论与机器学习理论相结合，使用 Lasso-ELM、Lasso-PSO-ELM 对经济韧性提升路径进行动态模拟，探究经济韧性提升路径未来走向。

2 概念界定与理论基础

概念界定与理论基础是分析问题的前提与重要依据，对相关概念界定与相关理论进行探讨，旨在形成“提出问题、分析问题、解决问题”的范式。本文首先对韧性及其延伸进行概念界定，在此基础上对高质量发展理论、机器学习理论、韧性理论等进行系统梳理，从微观层面探求研究理论与本研究的结合点，逐层探究我国经济韧性提升路径，最后从整体上形成“过程—格局—机理—分析—模拟—提升”的框架。

2.1 概念界定

2.1.1 韧性

韧性（Resilience）一词最早出自于拉丁文“Resilio”，有重新恢复活力的意思，在国内最早被译为“弹性”或“恢复力”，在不同学科背景下，关于韧性这一术语有不同的解释，而对韧性的准确解释也是学者们难以把握的难点。美国学者 C.S.Hollig 于 1973 年在文章中首次提出“生态系统韧性”的观点，即生态系统在面对人为或自然原因引起的生态系统变化所表现的稳定性，直到 2001 年，首次将生态系统韧性的概念运用于人类社会系统，研究对象从生态系统韧性拓展至社会系统韧性、经济系统韧性等方面，此时韧性的定义拓展为：系统遭受外来干扰与冲击时的抵御能力与冲击后的适应恢复的能力。关于韧性的概念经过了一系列的演变，由最初的单一系统平衡，过渡到多系统平衡，最后过渡到复杂适应性系统，即遭受干扰或冲击后系统“平衡”到“适应”的转变。

2.1.2 经济韧性

随着韧性理论的应用在其他领域的延伸，逐渐衍生出如经济韧性、社会韧性、工程韧性等概念，而经济韧性正是韧性理论在经济学领域应用的产物，指经济体系在面对外部冲击或内部波动时，能够迅速恢复并继续发展的能力。Reggiani 等（2002）在深入探究空间经济系统的过程中，首次引入了“经济韧性”这一概念。指出经济韧性是解释不同经济体在面临风险与冲击时展现出不同表现的关键因素，但并未对其给出明确的定义或界定。随着相关理论的发展，经济韧性逐渐出现两种主流界定分别为演化论视角（2010）与均衡视角（2015），基于演化论视角下，经济韧性被认为经济系统的固有属性，并且会

随着经济系统的改变而发生动态变化，因此，在经济系统遭遇冲击或干扰时，经济系统不仅能够维持自身基本功能，还能增强其外部环境的适应能力而获得有效增长；基于均衡视角下，经济韧性被认为是经济系统遭遇风险或冲击逐渐恢复到原有状态的能力，即高韧性的经济系统具有更好的恢复能力与抗风险能力，较难偏离其均衡的发展轨迹。总的来说，通过对比这两种经济韧性的概念，经济韧性虽未形成统一的观点界定，但由学者 Martin（2012）年提出的经济韧性框架得到了较为广泛的认可，该概念框架较为全面的整合了均衡论与演化论的观点，可具体表述为：经济系统在面对政策、市场、环境等冲击时，表现出对冲击时的抵抗能力与冲击后的恢复能力，以及通过经济结构优化等手段实现的动态演变能力。

2.2 理论基础

2.2.1 可持续发展理论

可持续发展理论较为深刻且宽泛，涵盖了社会、人口、经济、环境、资源、科技等多个领域。其核心在于追求一种巧妙的平衡，旨在满足当代人的需求，同时又不剥夺后代人满足其需求的能力。这一概念内蕴着三个至关重要的维度：可持续性、发展性以及共同性。其中，可持续性致力于确保人口、资源、环境、经济和社会等多个系统之间的长期和谐稳定，它强调资源的可持续利用，以满足人类长远的发展需求。而发展性，则是可持续发展的核心理念，它强调在保护环境、节约资源的前提下，实现经济的健康、稳定与持续增长，意味着需要从多维度的角度来评估发展的质量和速度；共同性则指出，尽管各地的地理环境、人口经济、社会发展状况、生态环境以及实现可持续发展的具体路径可能各不相同，但我们的目标是共同的——那就是追求可持续发展。

可持续发展理论的核心在于协调并平衡经济、社会、环境和资源等多个方面的关系，以确保当代和未来世代的需求得到满足。它要求我们在追求当前利益的同时，不忘保护未来世代满足自身需求的能力。经济可持续、生态可持续和社会可持续三个方面的和谐统一是可持续发展的重要目标，它们共同推动着经济效益、生态和谐和社会公平的深度融合，最终旨在促进人的全面发展。

可持续发展理论坚持公平性、持续性和共同性等基本原则，倡导共同、协调、公平、高效和多维的发展理念。在实践中，我们需要关注经济发展的效率，同时重视生态

环境的保护和修复，以及社会公平和进步，这是实现可持续发展目标的重要途径。可持续发展理论的应用范围广泛，包括国家、区域、城市和社区等各个层面。在城市可持续发展方面，该理论要求城市在发展中注重环境保护、资源节约和生态建设，同时也要关注社会公平和经济效益。城市可持续发展需要综合考虑城市的经济、社会、环境等方面，制定相应的政策和措施，以实现经济繁荣、社会公正和环境优美的有机统一。可持续发展理论是一种综合性的发展理念，旨在实现经济、社会、环境和资源的协调和平衡。该理论的应用范围广泛，可以为各个层面的发展提供指导和支持。

2.2.2 韧性理论

韧性理论是一个涉及多个学科领域的研究方向，其核心概念是系统在受到外界干扰或冲击后，能够恢复到原有状态或演化到新的更适应环境的稳定状态的能力。这个概念最早出现在物理学和工程学中，用于描述材料或结构在承受冲击或压力后的恢复能力。后来，韧性理论也被引入到生态学、经济学领域，用来解释生态系统或经济系统在面对环境变化或干扰时所表现出的适应性和稳定性。

相较于传统的风险分析范式，韧性理论在揭示社会—生态复合系统的多稳态、自适应及动态变化特性方面显得更为深刻。它积极倡导采取主动且持久的适应策略，将潜在风险转化为发展机遇，从而推动社会的变革、创新和转型。随着韧性理论在城市研究领域的应用日益深入，四种具有显著影响力的城市韧性理论逐渐崭露头角。它们分别是“杯球”理论(1994)、适应性循环模型与抗沌模型(2002)，以及稳定性景观模型(2006)。这些理论为我们理解和提升城市的韧性提供了新的视角和工具。这些理论为城市韧性的研究与实践提供了重要的指导框架。

其中，适应性循环模型特别强调了社会—生态系统自适应过程的四个阶段：开发期、保护期、释放期和更新期。在开发初期，系统主要致力于生长和积累，其发展速度较为平缓。此时，恢复力的作用尚不明显，系统对内外部扰动的敏感度较低，因此脆弱性也相对较低。然而，随着资源的逐渐积累、技术的不断进步以及经济的持续发展，系统开始逐步扩张。在开发阶段的末期，系统开始展现出更高的敏感性和不稳定性，导致脆弱性和恢复力都呈现出上升的趋势。进入保护期后，得益于前期的积累，系统内各要素实现了稳定且快速的发展。此时，系统在面对外部扰动时，恢复力得到了显著增强，连通度也逐渐提升，系统的潜力得到了不断释放。这一阶段，系统展现出更强的韧性和适应

性，以应对各种潜在的风险和挑战。

2.2.3 机器学习理论

机器学习理论是一种以数学和统计学为基础，研究如何通过计算机程序从数据中学习并自主地改善性能的科学。该理论旨在揭示学习过程中的各种现象和规律，为机器学习算法的设计和优化提供指导。机器学习理论的研究内容非常广泛，主要应用在以下方面：

机器学习算法是实现学习过程的核心，不同的算法有着不同的适用场景和性能表现。机器学习理论通过对各种算法的优劣进行分析，为实际应用中选择合适的算法提供依据。

数据的统计分析：机器学习理论关注如何从数据中提取有用的信息，并对数据进行有效的统计分析。通过研究数据的分布、特征以及相关性，为机器学习算法的设计和优化提供指导。

知识的表示与推理：机器学习理论不仅关注从数据中学习知识，还关注如何将学习到的知识进行有效的表示和推理。通过对知识的表示和推理进行研究，可以提升机器的智能水平，使其能够更好地适应复杂环境。

模型的评价与选择：机器学习理论建立了各种模型的评价与选择方法，为机器学习系统的设计和优化提供指导。通过对模型的性能进行评估和比较，可以选出最优的模型进行后续的学习和预测。

计算复杂性与算法优化：机器学习理论关注计算复杂性对算法性能的影响，以及如何通过优化算法降低计算复杂性。通过对计算复杂性的分析和优化算法的研究，可以提高机器学习系统的实时性和效率。

在应用方面，机器学习理论可以指导机器学习算法的设计和优化，提高算法的性能和准确性。例如，在自然语言处理领域，通过深入研究词向量表示、语言模型、迁移学习等机器学习算法和技术，可以大幅提升自然语言处理的性能和准确性。在图像识别领域，通过深入研究卷积神经网络、深度学习等机器学习算法和技术，可以显著提高图像识别的准确率和稳定性。此外，机器学习理论还可以指导数据分析和知识发现，为科学研究、商业决策等提供有力支持。例如，在医学领域，通过深入研究机器学习算法和统计学方法，可以从大量的医学数据中提取有用的信息，为疾病诊断和治疗提供科学依据。在金融领域，通过深入研究机器学习算法和金融市场规律，可以为投资决策和风险管理提供有力支持。机器学习理论是人工智能领域的重要分支之一，旨在揭示学习过程中的各种现象和规律，为机器学习算法的设计和优化提供指导。通过深入研究和探索机器学

习理论，可以推动人工智能技术的不断发展，为社会带来更多的创新和价值。

本文借助机器学习理论，对我国经济韧性系统提升路径进行模拟分析，旨在探求我国经济韧性的提升路径。机器学习理论的研究具有重要的实际意义和应用价值。随着人工智能技术的快速发展，机器学习已经广泛应用于各个领域，如自然语言处理、图像识别、语音识别、推荐系统等。通过深入研究和探索机器学习理论，可以推动人工智能技术的不断发展，为社会带来更多的便利和创新。

2.2.4 系统稳定性理论

系统稳定性理论是研究系统在外部干扰或扰动下保持稳定状态的理论。这种理论在各个领域都有广泛的应用，包括经济学、物理学、工程学、生态学、社会科学等。在系统稳定性理论中，系统的稳定性通常被定义为系统在受到干扰后能够自我调整并返回到原始状态的能力。

系统稳定性理论的研究内容非常广泛，包括线性代数、微分方程、图论等多个学科的知识。其中，线性代数和微分方程是研究系统稳定性的基本工具，而图论则可以帮助我们更好地理解复杂系统的结构和行为。在系统稳定性理论中，一个重要的概念是平衡状态。平衡状态是指系统在不受外部干扰的情况下所处的状态。如果一个系统受到外部干扰，它的状态就会发生变化。如果这种变化是有限的，并且在时间的推移下逐渐减小，那么我们就可以说这个系统是稳定的。相反，如果这种变化是无限的或者不断扩大的，那么我们就可以说这个系统是不稳定的。除了平衡状态之外，系统稳定性理论还涉及许多其他概念和判据，用于判断一个系统是否稳定以及如何保持稳定。其中最重要的判据是李雅普诺夫稳定性判据和劳斯-赫尔维茨稳定性判据。这些判据可以帮助我们确定系统的动态行为并找到保持系统稳定的方法。

系统稳定性理论主要研究系统在外界影响下表现出的稳定状态。稳定性理论的发展历程可划分为三大阶段，分别是外部稳定性（BIBO 稳定性）、内部稳定性，以及大范围内渐近稳定性。首先是外部稳定性，或称为 BIBO 稳定性，主要关注的是系统在遭遇外界扰动后的收敛能力。这一概念最初在控制工程领域得到提出，后来其应用逐渐扩展至其他领域。在 BIBO 稳定性的框架下，一个系统若能在外界干扰后收敛至某一恒定值，即被视为稳定。此外，外部稳定性与内部稳定性之间存在着紧密的联系，具体来说，一个内部稳定的系统必然也是外部稳定的；接下来是内部稳定性，这一概念的要求较外部

稳定性更为严格。除了要求系统有界外，还需要系统能在扰动后渐近趋于某一特定状态，即系统应具备自动恢复到原始状态或过渡到新稳态的能力。内部稳定性的理论基础源自俄国力学家李雅普诺夫的贡献，他提出的直接法和间接法两种稳定性分析方法，自 20 世纪 60 年代起便在控制工程界引起了广泛关注，并沿用至今；最后，大范围内渐近稳定性则是针对具有大范围稳定特性的系统而言的，如控制系统等。这种稳定性强调的是系统在经历外界扰动后，能够以足够高的精度恢复至其初始平衡状态。在系统分析与设计实践中，大范围内渐近稳定性的概念扮演着至关重要的角色，它有助于我们更深入地理解系统的动态行为，并为系统的优化设计提供有力支持。

2.2.5 因果分析理论

因果分析理论是数据分析中的一种重要方法，主要关注事物之间的因果关系，即一个事件（原因）如何导致另一个事件（结果）发生。因果分析理论的核心在于识别和确定因果关系，通常需要借助于一些统计方法和机器学习技术。因果分析理论是现代社会科学和统计分析的重要分支，其目标是揭示和预测事物之间的因果关系。

因果分析理论的目标是通过分析数据，探究不同变量之间的因果关系，从而为决策提供依据。在因果分析中，重点关注因果关系的识别、因果关系的量化与因果关系的检验，通过实验或观察数据来验证因果关系的存在和可靠性。在实践中，因果分析理论的应用范围非常广泛，包括经济学、社会学、医学、市场营销等领域。通过因果分析，可以帮助决策者更好地理解事物的本质和规律，从而制定更加科学和有效的策略。

常见因果分析理论有如下：因果推断理论，主要探讨如何从观察到的数据中推断出因果关系，因果推断主要基于数据中的相关性，通过建立合适的模型来识别和估计因果效应；潜在结果模型，也称为因果模型，它主要用于处理观察性研究中的因果推理问题。在这种模型中，个体被随机分配到不同的处理组，然后比较不同组的结局；结构因果模型（SCM）是一种图形模型，用于表示变量之间的因果关系。它使用有向无环图（Directed Acyclic Graph, DAG）来表示变量之间的依赖关系，并定义了因果关系和独立性的概念；基于结果的贝叶斯网络（Bayesian networks）是一种概率图模型，用于表示随机变量之间的概率依赖关系。基于结果的贝叶斯网络使用图形模型来表示因果关系，并使用概率推理来推断因果效应；因果经济学理论，因果经济学是经济学的一个分支，它使用因果推理方法来分析经济现象，因果经济学的研究主题包括因果关系、机制设计和政策效果评估等。

在因果关系分析中，反事实框架理论是因果关系分析的一个重要方面，反事实框架主要用于在实际情况中与现实相反的条件或情境。例如，事件 A 导致了事件 B 的发生，在反事实框架下表现为：如果 A 没有发生，会导致何种结果，事件 B 是否会随之没有发生。反事实框架在因果分析中非常重要，可更好的解释与理解因果关系，通过想象与现实相反的情境，可以更清晰地看到某个因素对结果的影响，基于对反事实框架的思考与分析，可以更好地理解因果关系并做出更准确的决策。

3 反事实框架下我国经济韧性测度与分析

本章节主要对我国经济韧性进行测度，根据文献梳理结果，我国经济韧性的测量方法大多集中在指标体系测算法，指标分析法应用广泛、内涵丰富，各类指标相对大而全，测算方法虽操作简单，但指标分析法具有其弊端，由于指标体系测算法具有较强的主观性，研究者在指标体系的构建、指标的选取占主导地位，关于经济韧性指标体系的构建与选择尚未有统一定论，指标测算法针对性不强，简单重复的工作较多。因此，在经济韧性测算方法上，还有进一步优化空间，本文利用凡登定律构建因果模型，在反事实框架下对我国经济韧性进行测度与分析。

3.1 经济韧性测度体系构建

3.1.1 因果模型的设定

本文测算思路为根据凡登定律构建因果模型，在反事实框架下对我国经济韧性进行测算，在测算之前，需对凡登定律进行介绍。

凡登定律最早由荷兰经济学家凡登最早提出，凡登考察了一系列国家的经济增长的经验数据，并利用这些经验数据提出了一个统计规律：劳动生产率增长与产出增长间存在着一种线性联系，劳动生产率的产出弹性的平均值在 0.45 左右，即凡登定律指出劳动生产率与产出之间存在因果关系，劳动生产率指劳动者在一定时期内创造的劳动成果与其相适应的劳动消耗量比值，通常用就业人数等经济韧性核心驱动指标衡量，后续有许多经济学家对凡登定律进行验证，虽然样本不同，但大部分实验样本都支持该定律，基于凡登定律所表现出的因果关系，可构建我国经济韧性测度的因果模型。

为科学、准确的对经济韧性进行测量，Martin 等人根据核心变量法，根据凡登定律所指出劳动生产率与产出之间存在的因果关系（2015），首先构建我国劳动生产率与产出之间的因果模型，为消除异方差问题与更好反映劳动生产率与产出间变化率，对回归方程取对数处理：

$$\ln y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln x_{it} + \mu_{it} + \eta_{it} + \varepsilon_{it}, \quad (3.1)$$

其中 y_{it} 为第 i 个地区第 t 年劳动生产率值, x_{it} 为第 i 个地区第 t 年的产出, μ_{it} 为个体效应, η_{it} 为时间效应, ε_{it} 为随机误差项, 根据凡登定律所指出劳动生产率与产出之间存在线性相关性, 基于此, 国内外学者采用核心变量法对经济韧性测算时, 大都选取地区 GDP、就业最能科学反映地区经济韧性衰退或复苏的核心指标 (2022), 分别对应产出与劳动生产率。

由于 (3.1) 式并未考虑产出、劳动生产率具有较强的空间相关性, 为保证测量的科学准确性, 应考虑产出或劳动生产率的空间溢出效应, 将因变量的空间滞后项纳入回归方程控制其空间相关性。此外, 因变量 y_{it} 具有时间效应, 即当期产出与过去产出具有较高相关性, 将产出水平滞后项纳入回归方程, 得到我国经济韧性测量动态空间面板误差模型 (SEM) 与动态空间滞后模型 (SAR), 如 (3.2) 式、(3.3) 式所示:

$$\ln y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln x_{it} + \varepsilon_{it} \quad \varepsilon_{it} = \lambda \sum_{i=1}^n w_{ij} \varepsilon_{it} + \sigma_{it} \quad (3.2)$$

$$\ln y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln y_{it-1} + \beta_2 \ln x_{it} + \rho \sum_{i=1}^n w_{ij} \ln y_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3.3)$$

其中 w_{ij} 为空间权重矩阵, λ 为动态空间面板误差模型的空间滞后系数, ρ 为动态空间面板滞后模型的空间滞后系数, 其余符号与上述 (3.1) 式一致, 在构建两种动态空间面板后, 具体模型的选取还需进行一系列检验。

3.1.2 因果模型的优化

在式 (3.2)、(3.3) 自变量与因变量选择过程中, 若借鉴国外测量方式, 以代表劳动生产率的就业作为被解释变量, 代表产出的地区 GDP 作为解释变量, 这种情况下忽略了我国实际, 由于我国近年来就业总人数呈现递减趋势, 将就业人数作为被解释变量, 在反事实框架下会造成我国经济韧性测量结果偏低而造成测量误差, 因此, 本文在变量选取方面做出优化, 被解释变量 y_{it} 为产出, 解释变量 x_{it} 为劳动生产率, 对核心变量测算法进行优化, 在变量选取上最大程度满足科学、合理性。

根据 (3.2) 式、(3.3) 式所构建计量模型, 在反事实框架下, 假定地区在风险冲击时期, 就业人数增长率与全国就业人数增长率相同, 利用全国平均就业增长率推断各地区理论就业人数, 在此基础上推算出地区反事实产出水平, 具体推算如下所示:

$$[x_{it+1}] = (1 + s_t)x_{it} \quad (3.4)$$

式中 $[x_{it+1}]$ 为第 i 个地区 $t+1$ 年反事实就业水平, s_t 为第 t 年全国平均就业增长率, x_{it} 为第 i 个地区 t 年实际就业水平。

将得到的反事实就业水平 $[x_{it}]$ 及其他待估参数带入 (3.2) 式或 (3.3) 式, 得到地区反事实产出水平 $[y_{it}]$, 由得到反事实产出水平与真实产出水平, 计算出各地区经济韧性:

$$\text{Re} s_{it} = \frac{y_{it}}{[y_{it}]}, \quad (3.5)$$

其中 $\text{Re} s_{it}$ 为第 i 个地区第 t 年经济韧性, 若 $\text{Re} s_{it} \geq 1$ 则表明该地区经济韧性相对于全国平均水平而言韧性更高, 更能抵御外界冲击与风险, 若 $\text{Re} s_{it} \leq 1$ 则表明该地区经济韧性水平相较于全国平均水平较弱。

3.1.3 因果模型的检验

3.1.3.1 空间自相关检验

在反事实框架下, 采用动态空间面板模型对我国经济韧性进行测量前, 需对被解释变量地区生产总值空间相关性予以检验, 本文采用全局莫兰指数对我国 2008—2021 年地区生产总值的空间集聚程度进行检验, 莫兰指数的取值范围为 $[-1, 1]$, 莫兰指数的值大于 0 时表明地区生产总值呈现空间正相关, 值越大表明相关性越高; 莫兰指数的值小于 0 时表明地区生产总值呈现空间负相关, 值越小表明差异性测度越高; 莫兰指数为 0 时表明不存在空间自相关, 地区生产总值呈现完全空间随机性。最终测算得我国地区生产总值全局莫兰指数如表 3.1 所示。

表 3.1 2008-2021 年我国地区生产总值全局莫兰指数

| 时间 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Moran's I | 0.187 | 0.199 | 0.202 | 0.201 | 0.200 | 0.201 | 0.203 | 0.205 | 0.209 | 0.206 | 0.211 | 0.210 | 0.21 | 0.213 |
| p 值 | 0.029 | 0.022 | 0.021 | 0.022 | 0.022 | 0.021 | 0.021 | 0.02 | 0.018 | 0.019 | 0.018 | 0.018 | 0.018 | 0.017 |

根据表 3.1 的结果显示, 我国地区生产总值全局莫兰指数在研究期内均为正, 且在给定显著性水平 $\alpha = 0.05$ 时均通过检验, 表明我国地区生产总值具有空间正相关性, 也验证了将地区生产总值空间要素纳入分析框架的必要性。

3.1.3.2 动态空间面板模型的选取

本文设计构建了两种空间动态面板模型，动态空间面板误差模型（SEM）与动态空间面板空间滞后模型（SAR），如上式（3.2）、式（3.3）所示，具体模型的选取还需进行检验，空间误差模型与空间滞后模型的选取工作一般由 LM 检验来完成，LM 检验的标准为：空间误差模型与空间滞后模型 LM 检验统计量更显著者为最佳模型；若二者 LM 统计量显著水平相当，则进行稳健的 LM 检验进行模型选取；若二者 LM 检验统计量都不显著，则进行普通线性回归。同时，模型的 AIC、BIC 值与 R^2 也可作为简单参考。动态空间面板误差模型（SEM）与动态空间面板空间滞后模型（SAR）LM 统计量 p 值如表 3.2 所示。

表 3.2 动态空间面板模型选择表

| 模型 | LM 检验统计量 p 值 | AIC | BIC | R^2 |
|-----|----------------|-----------|-----------|--------|
| SEM | 0.000 | -149.9816 | -129.6164 | 0.7254 |
| SAR | 0.245 | -1451.427 | -1435.432 | 0.9933 |

由表 3.2 可知，虽然在模型的 AIC、BIC 值与 R^2 上，空间滞后模型（SAR）值更优，但在 LM 统检验及对空间相关系数检验上，空间滞后模型（SAR）检验均未通过，AIC、BIC 值与 R^2 值过优可能表明模型存在过拟合状况。而空间误差模型（SEM）检验均通过，且 $R^2 > 0.7$ ，因此，在模型选取方面选择空间误差模型（SEM）。

3.1.4.3 固定效应与随机效应选取

在确定计量模型为动态空间误差模型基础上构建模型时，为确保研究的准确性和可靠性，须对固定效应（FE）和随机效应（RE）模型的选择进行严格的检验。固定效应模型和随机效应模型的主要差异体现在它们对效应的处理方式以及误差项与解释变量之间的关联性上。具体来说，固定效应模型假定效应是恒定的，并不随观察对象的变化而变化，同时允许误差项与解释变量之间存在潜在的相关性。相反，随机效应模型则假设效应被看作是随机的，且误差项与解释变量是不相关的。

为了确定哪种效应模型更为合适，常用 Hausman 检验来进行选择。Hausman 检验的初始假设是误差项与解释变量之间不存在相关性，即倾向于选择随机效应模型作为更合适的模型。表 3.3 展示了 Hausman 检验的结果，为本文选择固定效应还是随机效应提供

了依据。

表 3.3 Hausman 检验结果表

| Hausman 检验 | 卡方统计量 | P 值 |
|------------|-------|-------|
| 取值 | 1.71 | 0.426 |

由表 3.3 可知, Hausman 检验卡方统计量值为 1.71, p 值为 0.426, 在给定显著性水平 $\alpha=0.05$ 时, 接受原假设, 认为应选取随机效应模型。

3.2 经济韧性测算

在确定最终模型为 SEM-RE 后, 对我国各省市经济韧性进行测算与分析, 本文以 2008 年全球金融危机为切入点, 研究时间选取 2008—2021 年, 测算所需各地生产总值来源历年《中国统计年鉴》, 就业人数数据来源于各省市统计年鉴。根据 (3.4) 式与 (3.5) 式, 测算出我国 31 省、市、自治区 2008—2021 年经济韧性, 最终模型参数估计值如表 3.4 所示。测算模型参数估计值表明, 就业水平与地区产出存在着显著正相关, ($\beta_0 = 2.634$, $p=0.000$), 也验证了凡登定律在我国的适用性; 空间相关系数大于 0 ($\lambda = 0.173$, $p=0.000$), 表明地区产出与就业存在着空间溢出效应, 测算模型表达式如式 (3.6) 所示。

表 3.4 模型参数估计值

| 变量 | Constant | lnx | λ | R^2 |
|--------|----------|----------|-----------|-------|
| 估计值与系数 | 2.634*** | 0.931*** | 0.173*** | 0.725 |

注: ***和**分别表示通过显著性水平为 1%和 5%的检验

$$\ln y_{it} = 2.634 + 0.931 \ln x_{it} + \varepsilon_{it} \quad \varepsilon_{it} = 0.173 \sum_{i=1}^n w_{ij} \varepsilon_{it} + \sigma_{it} \quad (3.6)$$

整体来看, 我经济韧性呈现逐年递增、稳健向好趋势。以 2008 年全球金融危机为切入点, 将 2008—2010 年定义为冲击抵御与恢复阶段, 2011—2016 年为经济复苏高速增长阶段, 2017 年我国提出高质量发展的政策, 2017—2021 年为经济高质量发展阶段, 各阶段我国经济韧性如图 3.2 所示。冲击抵御与恢复阶段, 我国经济韧性水平相对较低, 历年韧性水平测算值均为 1 以下; 冲击抵御与恢复阶段, 由于良好的全球经济环境, 使得我国经济韧性保持了多年高速发展; 自 2017 年我国提出高质量发展, 在经济高质量发展阶段下, 我国经济韧性进一步得到提高, 其中 2020—2021 年我国经济韧性增长率

为 18.8%。研究期内我国经济韧性平均增长率为 16.7%，面对各种经济危机、突发公共卫生事件等风险冲击下，充分体现了我国经济韧性较高，经济活力较优的特点，2008—2021 年我国各省市经济韧性取值见附录。

具体来看，我国各省市经济韧性呈现增速快、地区差异大的特点。研究期内，我国东部沿海地区经济韧性水平优于内陆及西部地区，南方地区经济韧性优于北方地区，经济韧性水平较高的省市为上海市、北京市、江苏省、广东省，经济韧性增速较快的有贵州省、安徽省、湖南省、湖北省等内陆省份，2021 年我国 31 省市经济韧性水平均大于 1，表明我国实际产出高于反事实产出，经济韧性水平良好，各省市经济韧性虽均呈现逐年递增稳健向好趋势，但地区内差异较大，在今后的发展中，地区经济发展均衡仍需加大关注，2008—2021 年我国经济韧性均值如图 3.1 所示。

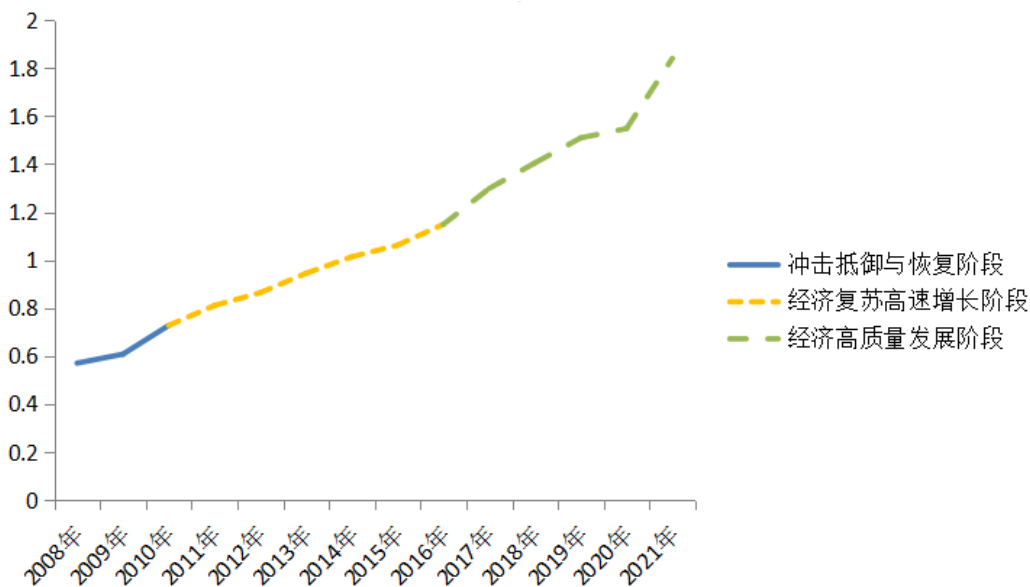


图 3.1 我国经济韧性测算值折线图

3.3 经济韧性特征分析

为进一步探究我国经济韧性的发展特征，明确我国经济韧性发展的演化特征，在对我国经济韧性测算的基础上，对我国各省市经济韧性进行分析动态演变、地区差异与分类。其中，动态演变主要研究我国各省市经济韧性的时序演化特征，地区差异组要研究我国各区域经济韧性差异来源，特征分类主要根据一系列特征将我国各省市经济韧性分为不同类别，目的在于分类后有针对性地、因地制宜地探究不同类别经济韧性的提升路径。

3.3.1 动态演变分析

动态演变分析的组要目的在于探究我国经济韧性的时序演变状态，进一步厘清我国经济韧性的变化趋势与发展特征。本文采用核密度估计方法对我国经济韧性动态演变特征进行分析，并使用连续概率密度曲线对我国经济韧性的发展进行可视化表现，核密度估计无需对原始数据的分布进行假设（1993），仅需根据样本特征拟合我国经济韧性总体的分布，利用非参数方法拟合出光滑的密度曲线进行近似估计，与研究契合度较高，适用于对我国经济韧性分布动态演进进行分析。

设有独立同分布的随机变量 $X_1, X_2, X_3 \dots X_n$ ，在其密度函数 $f(x)$ 未知的情况下，通过累积概率分布函数 $F_n(y)$ 进一步测算未知密度函数的核估计，累积概率分布函数 $F_n(y)$ 的测算如式 3.7 所示：

$$F_n(y) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I(X_i \leq y) \quad (3.7)$$

其中 N 为样本容量，本研究取值为 31， $I(z)$ 为示性函数， z 为条件关系式，取值为 0 或 1，当 z 为真时示性函数 $I(z)$ 取值 1，当 z 不真时，示性函数 $I(z)$ 取值为 0，最终核密度估计式（3.8）所示：

$$\begin{aligned} f(x) &= [F_n(x+h) - F_n(x-h)] / 2h \\ &= \frac{1}{2h} \times \frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^N I(x-h \leq X_i \leq x+h) \\ &= \frac{1}{hN} \sum_{i=1}^n \left(\frac{I\left(-1 \leq \frac{x-X_i}{h} \leq 1\right)}{2} \right) \\ &= \frac{1}{hN} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{X_i - x}{h}\right) \end{aligned} \quad (3.8)$$

其中 $f(x)$ 为我国经济韧性密度函数， N 为样本容量， X_i 为独立同分布的观测值，即全国 31 省市经济韧性， x 为我国经济韧性发展水平均值， h 为窗宽，是影响核估计精度的关键参数， $K(\bullet)$ 为核函数，一般为加权函数或平滑函数，满足对称性与正则性、非负性，存在核函数 $K(\bullet)$ 的上确界、即 $\int K^2(x) dx \leq +\infty$ ，核函数有多种类型，其中包括三

角核、四角核和高斯核等。在本文中，选择高斯核函数来估计和解析我国经济韧性发展的分布及其动态演进过程，高斯核的带宽为 $K(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right)$ 。

利用 Python 软件绘制我国各省市经济韧性核密度曲线图，为准确反映 2008—2021 年我国经济韧性动态演变趋势，2015 年后，我国经济由高速增长阶段转为高质量发展阶段，故选取 2008 年、2015 年与 2021 年，观察经济韧性的动态变化，并选取研究区间的首尾 2008 年与 2021 年绘制双变量核密度曲线，其中 2008 年、2015 年与 2021 年我国经济韧性核密度曲线如图 3.2 所示。

整体来看，2008、2015 与 2021 年，我国经济韧性核密度曲线波峰呈现下降趋势，波峰越高，表明此处数据越密集，我国经济韧性波峰的下降表明经济韧性的聚集程度减少，即我国经济韧性发展水平差异进一步加大；从核密度曲线的移动趋势来看，2008-2015 年我国核密度曲线向右移动，2015-2021 年，核密度曲线进一步向右移动，表明经济韧性水平逐年提高；从核密度曲线的分布形态来看，我国经济韧性核密度曲线逐渐呈现右尾拉长的趋势，呈现拓宽趋势，其中 2021 年右尾最为长，表明随着经济的发展，我国经济韧性空间差距逐渐扩大；从核密度曲线峰个数来看，2008、2015 与 2021 年核密度曲线都为单峰分布，峰的个数越多，表明我国经济韧性多极分化现象越明显，而我国经济韧性始终呈现单峰分布，表明经济韧性虽有一定地区差异但仍在一定范围内。

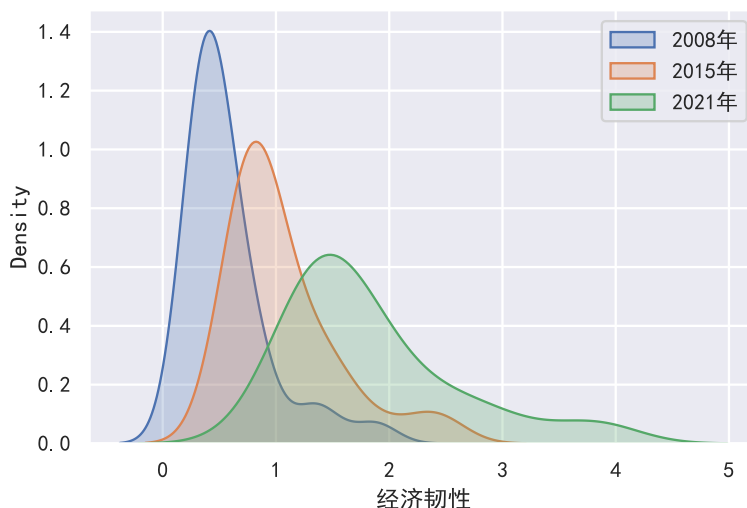


图 3.2 2008 年、2015 年与 2021 年我国经济韧性核密度曲线

选取 2008 年与 2021 年绘制双变量核密度曲线，如图 3.3 所示，双变量核密度估计图用于表示两个或多个变量的联合分布的可视化，各个变量的值域被分为若干个小网格，

计算每个网格中所有点的密度,并将这些密度值绘制在图上。由图 3.3 可知,横轴为 2008 年我国经济韧性的取值,纵轴为 2021 年我国经济韧性的取值,图的颜色表示联合密度,颜色越深表示密度越高,2008 年我国经济韧性取值大致集中在 0.5 左右,过渡到 2021 年,取值集中在 1.5 左右,且图中阴影部分向上倾斜,阴影部分的形状表现为弯曲线,表明 2008 年与 2021 年经济韧性取值具有较高的正相关性,即 2008 年经济韧性较强的地区至 2021 年经济韧性仍较强。

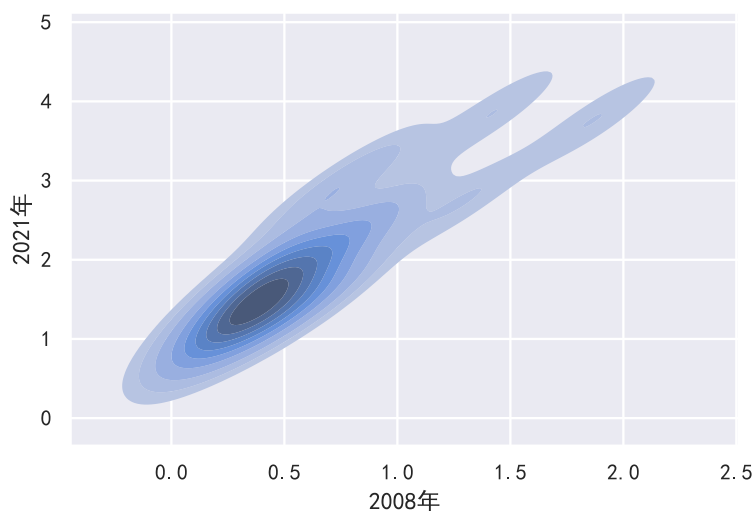


图 3.3 2008 年与 2021 年双变量核密度曲线图

3.3.2 地区差异分析

根据我国区域划分,依经济可将我国划分为东部地区、西部地区、中部地区与东北地区,本文选取 Dagum 基尼系数探究我国经济韧性的地区差异及其差异来源,与泰尔指数和传统基尼系数相比,Dagum 基尼系数在处理区域间样本交叉重叠的问题上表现更为优越。它能有效将我国的经济韧性差异细分为三个组成部分:组内差异、组间净差异以及组间超变密度。值得一提的是,这里的组间超变密度特指由于不同组之间样本的重叠所引发的差异,为经济韧性差异的研究提供了新的视角和深入理解。即 $G = G_w + G_{nb} + G_t$ 。 G_w 代表我国经济韧性差异的区域内差异的总贡献, $G_{gb} = G_{nb} + G_t$ 代表所有区域间差异的总贡献, G_{nb} 代表区域间差异净值的贡献, G_t 代表区域间超变密度的贡献。 D_{jh} 代表 j 地区和 h 地区之间的相对影响力。

计算公式如下式所示:

$$G = \frac{\sum_{j=1}^k \sum_{h=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_h} |y_{ji} - y_{hr}|}{2n^2 \bar{y}} \quad (3.9)$$

$$G_{jj} = \frac{\frac{1}{2\bar{y}_j} \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_h} |y_{ji} - y_{jr}|}{n_j^2} \quad (3.10)$$

$$G_{jh} = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_h} |y_{ji} - y_{hr}|}{n_j n_h (\bar{y}_j - \bar{y}_h)} \quad (3.11)$$

$$G_w = \sum_{j=1}^k G_{jj} P_j S_j \quad (3.12)$$

$$G_{nb} = \sum_{j=2}^k \sum_{h=1}^{j-1} G_{jh} (P_j S_h + P_h S_j) D_{jh} \quad (3.13)$$

$$G_t = \sum_{j=2}^k \sum_{h=1}^{j-1} G_{jh} (P_j S_h + P_h S_j) (1 - D_{jh}) \quad (3.14)$$

$$D_{jh} = \frac{d_{jh} - p_{jh}}{d_{jh} + p_{jh}} \quad (3.15)$$

其中， $P_j = n_j / n$ 表示第 j 区域内省市的数目占全国的比重， $S_j = n_j \bar{y}_j / n\bar{y}$ 表示第 j 个区域内经济韧性发展水平占全国经济韧性的比重。 d_{jh} 表示第 j 个区域和第 h 个区域的总影响力。

根据我国经济地理划分，将我国分为东部地区、西部地区、中部地区与东北地区后，测算出 2008 年—2021 年我国经济韧性区域内及区域间 Dagum 基尼系数，其分解结果如表 3.5 所示。

表 3.5 模型参数估计值

| 年份 | 基尼系数 | | | | 贡献率 (%) | | |
|------|-------|---------------|----------------|------------------|-------------|-------------|----------------|
| | 总体 | 组内基尼系数 G-w | 组间基尼系数 G-nb | 超变密度基尼系 数 G-t | 组内贡献率 Gw | 组间贡献率 Gb | 超变密度贡献 率 Gt |
| 2008 | 0.309 | 0.065 | 0.214 | 0.030 | 20.985% | 69.456% | 9.558% |
| 2009 | 0.300 | 0.063 | 0.208 | 0.029 | 21.064% | 69.235% | 9.701% |
| 2010 | 0.292 | 0.062 | 0.201 | 0.029 | 21.254% | 68.656% | 10.090% |
| 2011 | 0.279 | 0.058 | 0.199 | 0.023 | 20.662% | 71.183% | 8.156% |
| 2012 | 0.243 | 0.050 | 0.169 | 0.023 | 20.682% | 69.666% | 9.652% |
| 2013 | 0.235 | 0.049 | 0.162 | 0.024 | 20.853% | 68.732% | 10.415% |
| 2014 | 0.232 | 0.049 | 0.157 | 0.026 | 20.983% | 67.751% | 11.266% |
| 2015 | 0.225 | 0.047 | 0.152 | 0.026 | 20.741% | 67.597% | 11.663% |
| 2016 | 0.224 | 0.047 | 0.151 | 0.026 | 20.910% | 67.372% | 11.718% |
| 2017 | 0.220 | 0.047 | 0.147 | 0.027 | 21.178% | 66.601% | 12.221% |
| 2018 | 0.216 | 0.046 | 0.144 | 0.026 | 21.310% | 66.615% | 12.075% |
| 2019 | 0.212 | 0.045 | 0.142 | 0.025 | 21.368% | 66.753% | 11.879% |
| 2020 | 0.205 | 0.044 | 0.137 | 0.024 | 21.389% | 66.892% | 11.719% |
| 2021 | 0.207 | 0.042 | 0.144 | 0.021 | 20.146% | 69.733% | 10.122% |

由表 3.5 可知，整体来看，我国经济韧性基尼系数呈现逐年递减的趋势，由 2008 年的 0.309 下降为 2021 年的 0.207，总体基尼系数的减少表明我国经济韧性的地区差异性逐年向好；具体来看，根据我国经济韧性 Dagum 基尼系数分解结果，组间基尼系数>组内基尼系数>超变密度基尼系数，即我国经济韧性地区差异性的主要来源为组间差异，其次为组内差异，最后为地区交叉重叠，组间基尼系数越大，表明我国各区域经济韧性差异来源主要为各区域间的差异，即东部地区、中部地区、北部地区、东北地区间的经济韧性间的差异来源为主要差异，我国经济韧性地区差异性贡献率如图 3.4 所示。

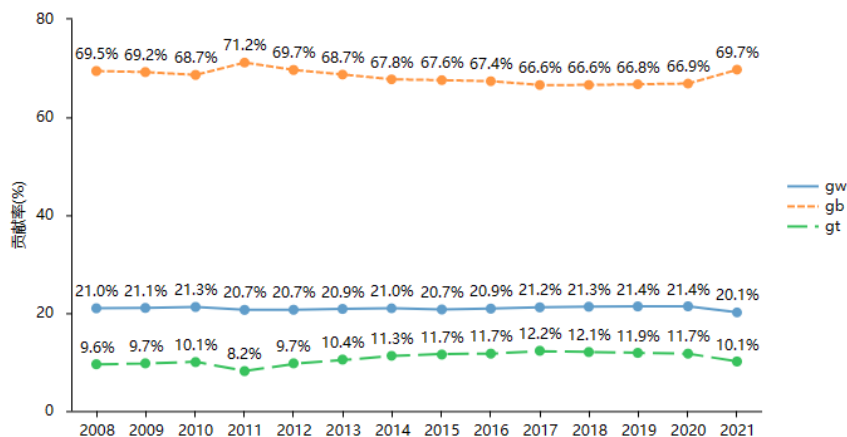


图 3.4 我国经济韧性地区差异性贡献率

从动态演变视角，进一步分析我国经济韧性组内差异变化，我国各地区基尼系数组内分解图如图 3.5 所示，由图 3.5 可知，我国经济韧性组内差异大小为东部地区>西部地区>中部地区>东北地区，其中东部地区分解值为东北地区两倍以上，2008—2021 年，东部地区、西部地区与中部地区组内基尼系数分解值呈现下降趋势，东北地区呈现波动下降趋势，表明随着时间的推移，我国各个区域内部经济韧性差异逐年缩小，但区域内差异东部地区>西部地区>中部地区>东北地区未得到改善。

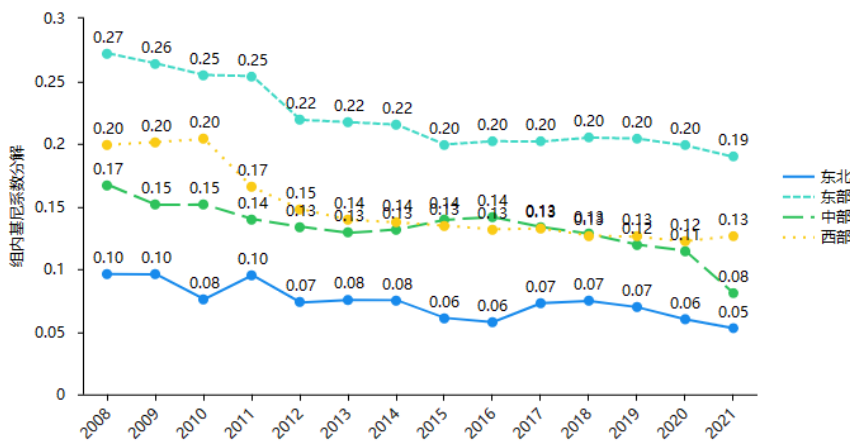


图 3.5 我国经济韧性组内基尼系数分解图

3.2.3 分类特征分析

由于我国经济韧性地区间与地区内差异都较大，为针对性地、因地制宜地探究不同类别经济韧性的提升路径，有必要根据一系列特征将我国各省市经济韧性分为不同类别。本文采用 Jenks 自然断点法，将我国各省市经济韧性分为不同的类别，Jenks 自然断点法

是一种根据数值统计分布规律分级和分类的统计方法，通过自然断点法分类后的数据，其组间差异最大，而组内差异最小，通过该分类方法，能够更为精确地依特征将我国经济韧性进行分类，Jenks 自然断点法分类后我国经济韧性分类图如图 3.6 所示。

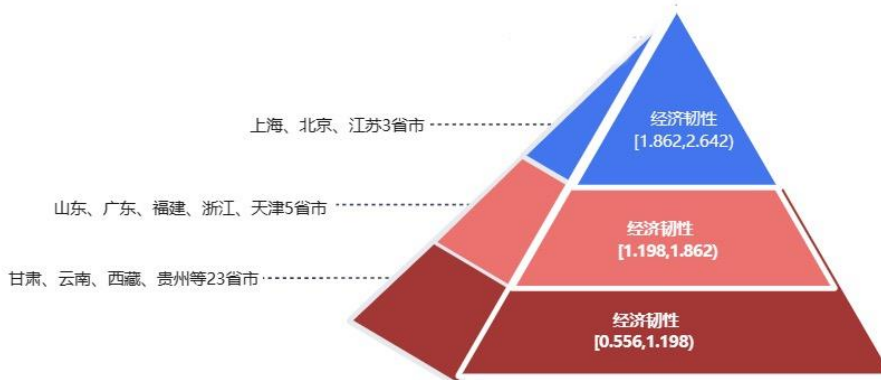


图 3.6 Jenks 自然断点法分类图

根据自然断点法，将我国各省市经济韧性分为三类，断点依次为经济韧性 1.198、经济韧性 1.862，第一类为经济韧性位于区间 $[0.556, 1.198)$ 含甘肃、西藏、贵州、云南等 23 省市；第二类为经济韧性位于区间 $[1.198, 1.862)$ 含山东、广东、福建、浙江、天津等 5 省市；第三类为经济韧性位于区间 $[1.862, 2.642]$ 含江苏、北京、上海等 3 省市。

4 经济韧性网络结构运行机制分析

为进一步对我国经济韧性机制进行分析，在第三章对我经济韧性进行测度与分析的基础上，本章节主要对我国经济韧性网络结构运行机制进行分析，由于经济韧性系统内部交错复杂，将经济韧性系统视为一个复合网络，复合网络间各元素存在着复杂交错的因果关系，且整个系统的稳定性也是可研究的方向。因此，本文从系统因果反馈机制与系统稳定性两个方面对我国经济韧性网络结构运行机制分析进行分析，经济韧性系统因果反馈机制方面，主要通过构建因果反馈机制模型，并对一系列因果关系进行假设与检验；系统稳定性分析方面，在因果反馈机制假设检验通过的基础上，对我国经济韧性网络系统稳定性冗余率、利用率进行分析，因果反馈机制分析与稳定性分析在逻辑层面上循序递进、环环相扣。

4.1 因果反馈机制分析

4.1.1 因果反馈机制分析思路

由于经济韧性网络系统中各元素关系交错复杂，为探究各元素间因果反馈机制，本文首先构建我国经济韧性网络系统 DPSIR 模型，DPSIR 模型是一种基于因果关系组织信息及相关指数的模型，随着应用的范围的延伸与拓宽，逐渐过渡到经济学（2023）、生态学等领域（2021）、社会学（2021）等领域，DPSIR 模型将系统分为五个部分即：Driving（驱动力）、Pressure（压力）、State（状态）、Impact（影响）和 Response（响应），框架涵盖了经济系统的驱动力-压力-状态-影响-压力，本文对经济韧性网络系统 DPSIR 模型中各个组件间因果关系进行假设，并采用 PLS-SEM 模型对各因果关系进行检验，厘清我国经济韧性网络系统因果关系，对维持经济韧性系统的稳定性与探究经济韧性的提升路径有着关键的作用，整个分析思路如图 4.1 所示。

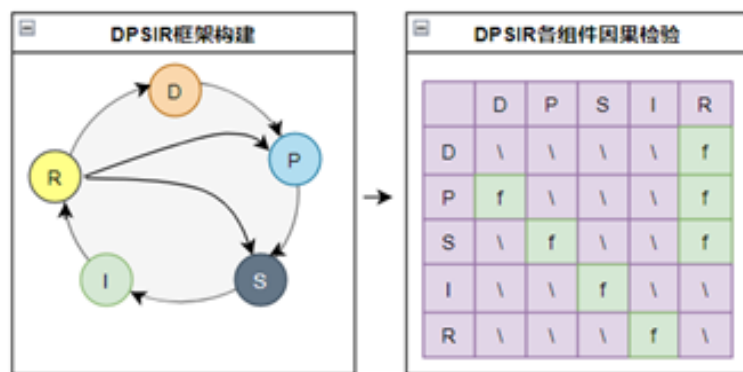


图 4.1 因果反馈机制分析思路

4.1.2 经济韧性网络 DPSIR 模型构建

经济系统不同于传统生态系统，经济系统相较于其他系统易遭受风险且抵抗风险能力差，自我恢复能力较弱，系统内部关系复杂。在 DPSIR 模型将五个部分：Driving（驱动力）、Pressure（压力）、State（状态）、Impact（影响）和 Response（响应）之下构建我国经济韧性指标体系，能较为全面的将复杂的经济系统内部结构及其因果关系展现，DPSIR 框架下各组成部分之间不仅限于静态的因果关系，且能动态的反映经济系统运行的影响机制。

DPSIR 模型构建原则方面，经济韧性是高质量发展的抓手，构建经济韧性 DPSIR 模型时，不仅要立足于统计学指标体系构建的基本原则，还需结合我国经济发展实际，结合经济韧性内涵要义构建。首先，要注重经济韧性内涵侧重，经济韧性主要反映一个地区面对风险冲击时的抵御与恢复能力；其次，当前我国经济已步入高质量发展阶段，指标体系的构建还需涵盖高质量发展的要义与内涵；最后，结合我国当前经济发展的目标，依照相关政府文件与会议内涵构建我国经济韧性 DPSIR 模型。

DPSIR 模型指标选取方面，各个指标需与 DPSIR 模型理论内涵相结合，借鉴已有指标体系，结合指标选取的科学性、可比性、代表性等原则。驱动层面（Driving）方面，指标选取方面主要选择经济发展的驱动力方面因素，如就业人户、固定投资增长率等；压力层面（Pressure）指标选取方面，主要选取由经济发展所带来的负面压力，如失业率、财政收支比等；状态层面（State）方面，主要表现在由于经济系统压力所表现的状态，不仅体现在经济系统，还作用于生态经济系统，指标主要选取城市人口密度及各种生态经济发展指标；影响层面（Impact），主要用于反映经济发展带来的诸多影响，如对产业结构、

居民可支配收入等方面；响应层面(Response)，主要反映政府面对经济发展的影响与压力所做出的一系列政策或行动，如增加教育财政支出、加大经济发展所造成的工业污染治理投资等。在上述分析基础上，借鉴已有的评价指标体系，依据指标选取的科学性、针对性及可比性原则，最终确定我国经济韧性系统 DPSIR 模型共计 21 项指标，如表 4.1 所示，各项指标数据均来源或测算于历年《中国统计年鉴》与各省市统计年鉴，研究时间与经济韧性测算时间一致为 2008—2021 年。

表 4.1 经济韧性系统 DPSIR 模型

| 目标层 | 准则层 | 指标层 | 指标属性 |
|--------------------|-----|--------------------|------|
| 经济韧性系统 DPSIR 模型 | 驱动 | 人均 GDP (万元) | + |
| | | 城镇单位就业人员 (万人) | + |
| | | 固定资产投资增长率 | + |
| | | 城镇化率 | + |
| | | 地区生产总值指数 | + |
| | 压力 | 财政支出/财政收入 | - |
| | | 单位生产总值耗电量 (千瓦时/元) | - |
| | | 居民消费价格指数 | - |
| | | 城镇登记失业率 | - |
| | 状态 | 建成区绿化覆盖率 | + |
| | | 人均日生活用水量 (人/升) | - |
| | | 人均公园绿地面积 (平方米/人) | + |
| | | 城市人口密度 (人/平方公里) | + |
| | 影响 | 第三产业增加值 | + |
| | | 居民可支配收入 | + |
| | | 经营单位所在地进出口总额 (千美元) | + |
| | 响应 | 环境保护支出/财政支出 | + |
| | | 高等教育毕业生数 (万人) | + |
| | | 教育支出/财政支出 | + |
| | | 工业污染治理完成投资 (万元) | + |
| | | 人口出生率 (%) | + |

4.1.3 因果关系假设

由于 DPSIR 模型为基于因果关系组织信息及相关指数的模型，在 DPSIR 框架构建我国经济韧性指标体系基础上，将经济系统视为一个复合网络，各个元素之间是渐进且存在因果关系 (2009)，根据框架中五个元素构建七条虚拟路径，采用 PLS-SEM 对各个路径因果关系进行检验，各个虚拟路径中节点关系如下所示： $f_{1,2}$ ，经济发展的驱动因

素会造成经济系统压力； $f_{2,3}$ ，经济系统的压力进一步影响经济系统状态； $f_{3,4}$ ，经济系统状态对经济系统造成影响； $f_{4,5}$ ，经济系统造成的影响使得政府部门制定一系列响应； $f_{5,1}$ ，政府部门政策响应对驱动力作用； $f_{5,2}$ ，政府部门政策响应对经济系统压力作用；和 $f_{5,3}$ ，政府部门政策响应对经济系统状态作用。DPSIR 框架下各个元素间因果关系如 4.2 所示。

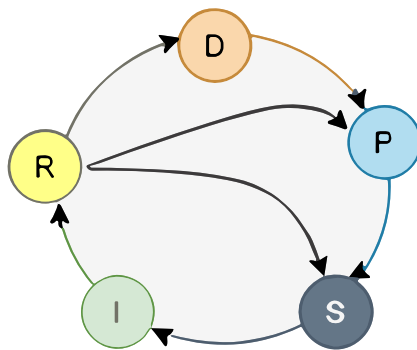


图 4.2 DPSIR 框架下各个元素间因果关系

4.1.4 因果关系检验

在对我国经济韧性 DPSIR 模型因果关系假设的基础上，需对 DPSIR 框架各个因素因果关系进行检验，本文采用偏最小二乘法结构方程模型（PLS-SEM）对我国经济韧性 DPSIR 框架各元素进行因果关系检验。由于 PLS-SEM 模型相比于传统 CB-SEM 对样本量需求小，且可充分利用样本信息，对模型样本分布形态与模型识别要求不高，适合处理复杂模型关系间因果关系检验。

PLS-SEM 的核心组成部分主要有二：首先是测量模型，揭示了潜变量与显变量之间的紧密关联；其次是结构模型，深入探索了潜变量之间的相互作用与影响。在参数估计的过程中，PLS-SEM 遵循两大关键步骤。第一步是通过多次迭代的方式，精确计算出潜变量的估计值，为后续分析提供坚实的基础；第二步则是运用偏最小二乘法进行线性回归分析，从而得出结构模型和测量模型的参数估计值，进而全面解析变量之间的关系。

设有 k 个潜变量，则显变量便有 k 组，每组含有 m 个变量，则每组显变量可以表示为：

$$X_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}\}, i = 1, 2, 3, \dots, s \quad (4.1)$$

由于潜变量与显变量，潜变量与潜变量之间为线性组合关系，且每个显变量仅与唯一潜变量之间相关联，此时测量模型的方程可以表示为：

$$x_{ij} = \lambda_{ij}\xi_j + \delta_{ij} \quad (4.2)$$

结构模型的方程可表示为：

$$\xi_i = \sum_{i \neq j} \beta_{ij}\xi_j + \varepsilon_i \quad (4.3)$$

其中 ξ_i 为标准化后的潜变量， λ_{ij} 为因子载荷， β_{ij} 为路径系数， δ_{ij} 与 ε_i 为随机误差项，满足与预测变量不相关、均值为 0 的假设。

采用 PLS-SEM 模型对我国经济韧性框架各元素因果关系进行检验，检验结果如表 4.1 所示。从表 4.1 可以看出，DPSIR 框架下各个元素因果关系均在显著性水平 $\alpha = 0.01$ 时通过检验，可进行后续经济韧性网络系统的稳定性分析。从路径系数可以看出， $f_{3,4}$ 、 $f_{4,5}$ 、 $f_{5,1}$ 路径系数为正， $f_{1,2}$ 、 $f_{2,3}$ 、 $f_{5,2}$ 、 $f_{5,3}$ 路径系数为负，从具体取值大小来看， $f_{5,1} : R \rightarrow D$ 响应层面对驱动层面正向作用最大，即政府面对经济韧性系统所做出的响应，会造成经济韧性系统发展的驱动，而 $f_{1,2} : D \rightarrow P$ 驱动层面对压力层面负面作用最大，由于压力层面大部分指标为逆向指标，表现为经济系统驱动越大时，经济系统所面临的压力也就越大。

表 4.2 经济韧性系统 DPSIR 模型

| 路径假设 | 路径系数 | 检验 p 值 | 是否通过假设 |
|-----------------------------|-----------|--------|--------|
| $f_{1,2} : D \rightarrow P$ | -0.638*** | 0.000 | 是 |
| $f_{2,3} : P \rightarrow S$ | -0.544*** | 0.000 | 是 |
| $f_{3,4} : S \rightarrow I$ | 0.535*** | 0.000 | 是 |
| $f_{4,5} : I \rightarrow R$ | 0.589*** | 0.000 | 是 |
| $f_{5,1} : R \rightarrow D$ | 0.668*** | 0.000 | 是 |
| $f_{5,2} : R \rightarrow P$ | -0.222*** | 0.000 | 是 |
| $f_{5,3} : R \rightarrow S$ | -0.082*** | 0.034 | 是 |

注：***和**分别表示通过显著性水平为 1%和 5%的检验

4.2 系统稳定性分析

4.2.1 系统稳定性分析思路

在我国经济韧性网络系统因果反馈机制成立的基础上,进一步对我国经济韧性系统稳定性进行分析。本文选取生态网络分析模型(ENA模型)对我国经济韧性系统稳定性进行分析,Ulanowicz于1980年提出生态网络分析(ENA),后续随着发展被运用于生态学、经济学等领域(2020)。经PLS-SEM模型对DPSIR各元素间因果关系进行检验后,使用生态网络分析(ENA)对我国经济韧性稳定性进行测量,ENA模型将我国经济系统视为一个网络,主要通过我国经济系统进行系统总流量分析(TST)、冗余分析(R,Redundancy)、利用率分析(A/C)、优势度分析(A,Overhead),其中利用率分析和冗余分析均用来表示经济系统遭遇外界冲击时的自稳定能力,也称为系统的自恢复能力。各项指标计算公式如下式所示。

$$TST = \sum_{j=1}^n T_j, \quad (4.4)$$

$$A = \sum_{i=1}^{n+2} \sum_{j=0}^n T_{ij} \log_2 \left(\frac{T_{ij} TST}{T_i T_j} \right), \quad (4.5)$$

$$R = - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n T_{ij} \log_2 \left(\frac{T_{ij}^2}{T_i T_j} \right), \quad (4.6)$$

$$O = - \left[\sum_{j=1}^n T_{0j} \log_2 \left(\frac{T_{0j}^2}{T_i T_j} \right) + \sum_{i=1}^n T_{in+1} \log \left(\frac{T_{in+1}^2}{T_i T_{in+1}} \right) + \sum_{i=1}^n T_{in+2} \log \left(\frac{T_{in+2}^2}{T_i T_{in+2}} \right) \right] \quad (4.7)$$

其中, n 为ENA模型中网络节点数, $n+1$ 为输出源, T_{ij} 为节点*i*传至*j*的流量值,在式中用PLS-SEM模型中路径系数代替, T_i 与 T_j 分别为节点*i*与节点*j*的流量和。

经济系统中受到外界冲击与干扰后,经济系统自身恢复力存在着平衡关系,是的经济系统可调整至可持续发展状态,该平衡状态可用指标 α 与 φ 来表示,即:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^{n+2} \sum_{j=0}^n T_{ij} \log_2 \left(\frac{T_{ij} TST}{T_i T_j} \right)}{- \sum_{ij} T_{ij} \log \left(\frac{T_{ij}}{TST} \right)} \quad (4.8)$$

$$\phi = \frac{\sum_{ij} T_{ij} \log \left(\frac{T_{ij}^2}{T_i T_j} \right)}{\sum_{ij} T_{ij} \log \left(\frac{T_{ij}}{TST} \right)} \quad (4.9)$$

4.2.2 系统稳定性结果分析

在 DPSIR 框架下各个元素之间因果关系及路径系数均通过检验的基础上,将 DPSIR 框架各元素相互作用与 ENA 网络性量化相结合, ENA 模型将我国经济系统视为一个复合网络,将 DPSIR 框架各元素路径系数作为 ENA 模型网络流量 (2021),对我国经济韧性网络系统进行系统冗余分析 (R,Redundancy)、冗余率分析 (ϕ ,Overhead)、优势度分析(A,Ascendency)、利用率分析 (A/C)、等,其中利用分析和冗余分析均用来表示经济系统遭遇外界冲击时的自稳定能力,也称为系统的自恢复能力。根据式(4.4)—式(4.9)利用 R 软件对我国 2008-2021 年经济韧性进行 ENA 分析,测算结果如表 4.3 所示。

表 4.3 我国 2008-2021 年经济韧性 ENA 分析结果

| 指标 | H | AMI | A | C | R | R/C | A/C | Robustness |
|-----|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|------------|
| 测算值 | 2.799 | 1.552 | 6.239 | 11.252 | 5.013 | 0.4455 | 0.554 | 0.326 |

由 ENA 模型下各流量指标取值可知,我国经济韧性系统熵值 H 为 2.799,熵值反映我国经济韧性系统网络的离散程度大小,其取值越大,表明系统的不确定性也就越大;经济系统优势度与冗余方面,我国经济韧性系统网络平均流量为 AMI 为 1.552,优势度 A=6.239>冗余 R=5.013,表明我国经济系统利用大于冗余,其中优势度 A 与冗余 R 之和为路径容量 C,即 A+R=C;经济系统利用率与冗余率分析方面,从可持续发展角度来看,经济系统的利用率与冗余率都不宜过高,当经济系统利用率过高时,使得经济系统过于脆弱,导致经济韧性系统稳定性的降低,当系统的冗余率过高时,使得经济系统抵抗风险能力降低,也会使得系统韧性稳定性降低。

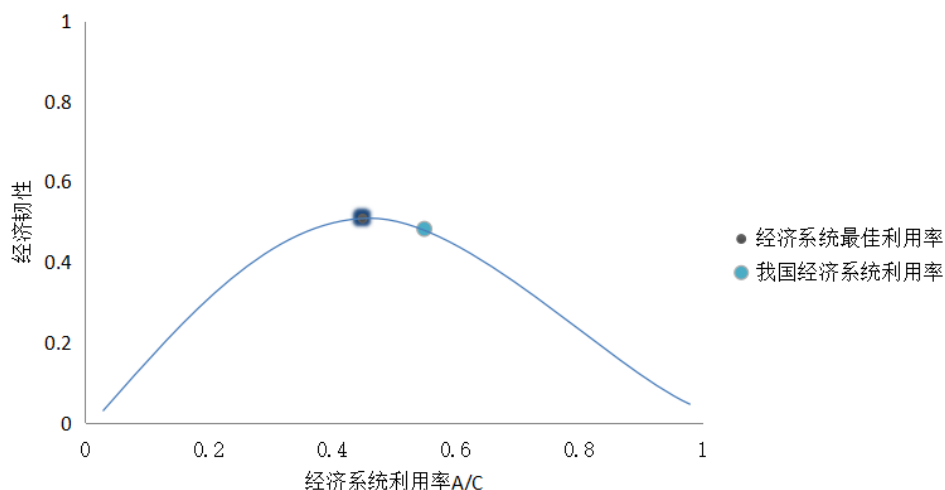


图 4.3 我国经济系统利用率与韧性关系图

我国经济系统利用率与韧性之间关系如图 4.3 所示，Ulanowicz 提出，系统最佳利用率 A/C 值为 0.4596，当高于此值或低于此值时都会使得系统韧性降低（2009），我国经济韧性系统利用率 $A/C=0.554$ 略大于此值，虽不在韧性最高值处，但韧性仍在可接受范围内，其中我国经济韧性系统冗余率 $R/C=0.4455$ ，冗余率略微小于利用率，从提高韧性角度，我国经济在今后发展中还需略微降低利用率以提高整体经济韧性水平。

5 我国经济韧性提升路径动态模拟

随着以机器学习为代表的人工智能方法的兴起，通过模拟人类的学习行为，不断优化已有信息与知识已提高使用效率，能够显著的提高复杂问题的决策、处理或预测精度与效率。本章节将韧性理论与机器学习理论相结合，在不同的情景假设下，对我国经济韧性的提升路径进行模拟，为我国经济系统应对冲击与提高恢复能力提供依据，推动构建富有韧性的经济系统。

5.1 动态模拟思路

传统的指标测算法，各项指标与测算值间存在确定的函数关系，本文测算值是由凡登定律构建因果模型，在反事实框架下测算出，而 DPSIR 模型仅用于作用机制分析，经济韧性测算值与 DPSIR 模型中各指标无确定函数关系，因此借助机器学习方法，对我国经济韧性提升路径进行动态模拟，将 2008—2021 年我国经济韧性网络系统 DPSIR 各项指标降维后作为输入，历年经济韧性得分作为输出，将已有数据 80% 作为训练样本，20% 作为测试样本，对我国经济韧性进行模拟分析，最后，在此基础上对我国 2022 年城市韧性的提升路径进行情景假设，情景一：高经济韧性发展情景，在此情景下，作为输入的 2022 年各项指标，相较于 2021 年，其正向指标增长率与逆向指标的下降率，均为 2008—2021 年最高水平；情景二：一般经济韧性发展情景，在此情景下，作为模型输入的 2022 年各项指标，相较于 2021 年，其正向指标增长率与逆向指标的下降率，均与 2021 年相等；情景三：低经济韧性发展情景，在此情景下，作为模型输入的 2022 年各项指标，相较于 2021 年，其正向指标增长率与逆向指标的下降率，均为 2008—2021 年最低水平。最终得到不同情景下，我国各省市经济韧性的 2022 年动态模拟值，根据不同的假设情景，探究我国经济韧性的最佳提升路径。

5.2 动态模拟方法

经济韧性提升路径动态模拟方法的选取是整个模拟过程的重点与基础，模拟方法的选取的合理性与科学性直接影响到对经济韧性动态模拟的准确性。由于作为输入的变量为经济韧性系统 DPSIR 框架下各指标，各指标间可能存在相关性导致输入特征重复，有些特征存在无关性和冗余性，增加模型训练的复杂性，本文采用 LASSO 回归对输入特

征进行降维处理。模型选取上传统的基于梯度下降的优化算法，有监督学习方法中诸如 BP 神经网络、支持向量机在收敛速度方面较慢，且预测精度不高，因此为提高动态模拟的精度，选取较传统学习方法泛化性更好且对噪声和异常值鲁棒性更好的 ELM（极限学习机）模型，由于 ELM 在选择连接权重与神经元阈值（ b ）与连接权值（ w ）时具有随机性，在训练的过程中可能会导致训练过度，进而使得模拟精度降低，采用 PSO（粒子群优化算法）对 ELM 进行优化，寻找 ELM 模型最佳参数，最终确定动态模拟模型为 LASSO-PSO-ELM。

5.2.1 LASSO 回归

由于作为输入的各项特征间存在相关性，特征内可能存在无关性或冗余性，导致输入特征信息会产生重复或者冗余，需对多维指标进行降维处理，本文采用 Lasso 回归对各项输入特征进行筛选降维处理，Lasso 回归是由 Robert Tibshirani 在 1996 年首次提出的，全称为 Least Absolute Shrinkage and Selection Operator（最小绝对收缩和选择算子）。Lasso 回归模型在解决高维数据问题时展现出卓越的性能，它不仅能够高效地筛选冗余指标，还能通过压缩参数空间来避免过参数化等问题。该模型的核心在于利用惩罚函数构建一个更为精炼的模型，从而实现了对模型系数的有效压缩。具体而言，Lasso 回归主要利用 L1 范数的稀疏性来处理回归相关的惩罚优化问题。当算法将某些指标的系数压缩至零时，这些指标便被认定为非显著变量，从而实现了对显著变量的筛选。此外，Lasso 回归算法在处理数据中的多重共线性问题时也表现出色，能够更准确地揭示变量间的真实关系。

在 Lasso 回归中，设 X 为自变量， Y 为因变量，在 n 次随机抽样中得到标准化的观测数据为 (x, y) ，其中 X 为 n 行 p 列的矩阵， Y 为 $n*1$ 的列矩阵， X 的第 i 个观测值为 $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{ip})^T$ ，各个观测值之间相互独立， $Y = (y_1, y_2, y_3, \dots, y_n)^T$ ，Lasso 回归的模型式 (5.1) 所示：

$$y_i = \beta_0 + \sum \beta_j x_{ij} + \varepsilon_i \quad (5.1)$$

其中，自变量为经济韧性 DPSIR 指标，因变量为历年各省市经济韧性得分值， ε_i 为随机扰动项，定义 $\hat{\beta} = \bar{y}$ ，标准化数据中 $\bar{y} = 0$ ，整理得到式 (5.2)：

$$Y = \beta X + \varepsilon \quad (5.2)$$

在筛选变量中，需对式（5.2）加上一个限制，约束条件的表达式如式（5.3）所示：

$$\arg \min_{(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)} \|Y - \beta X\|^2, s.t. \sum \frac{|\beta_j|}{\sum \beta_j^0} \leq s \quad (5.3)$$

其中， $s = \frac{t}{\sum \beta_j^0}$ ，取值范围为 $[0, 1]$ ， t 为调和参数，Lasso 回归通过不断调整 t 的值，来降低模型数据的整体回归系数，不断压缩不显著的变量系数，直至为零。

5.2.2 粒子群优化算法（PSO）

粒子群优化算法（Particle Swarm Optimization, PSO）是一种基于群体协作的随机搜索算法。采用单一机器学习方法对我国经济韧性进行动态模拟时，可能会存在参数不准确而导致模拟效果不佳的情况，而 PSO 能够对单一模型的参数进行优化，对提高算法的准确度有帮助。PSO 通过对鸟群中觅食行为进行模拟，将鸟群中的鸟视为无质量粒子，每个粒子都对应着问题的潜在解，可通过粒子的位置与速度来衡量解的质量，在 PSO（粒子群优化）算法的初始阶段，会生成一群随机的粒子作为潜在的解。这些粒子各自在问题空间中独立地探索最佳解决方案，并记录它们当前所找到的最优解作为个体极值。同时，这些粒子会与整个群体共享它们的个体极值信息，并从中选出全局表现最佳的一个，即整个粒子群的当前全局最优解。

接下来，粒子群中的每一个成员都会依据自身当前所找到的个体极值，以及群体共享的全局最优解，来调整其运动速度和所处位置。在每次的迭代过程中，粒子们会不断更新它们的速度和位置，以便更有效地在搜索空间内探寻更佳解决方案。当算法同时追踪到个体最优和全局最优两个关键值时，粒子将使用特定的更新公式来计算其新的运动速度和所在位置。

在 N 维搜索空间中，首先初始化 M 个个体种群数记为 $P = (x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ ，其中粒子 i 在种群中位置可表示为 $x = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iN})^T$ ，速度信息为 $v = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{iN})^T$ ，然后计算所有粒子的适应度，以找到群体的最优解，并根据公式（5.4）、（5.5）来更新当前粒子的位置和速度。

$$v_i^{t+1} = wv_i^t + c1 * rand() * (P_i^t - x_i^t) + c2 * rand() * (P_G^t - x_g^t) \quad (5.4)$$

$$x_i^{t+1} = x_i^t + v_i^{t+1} \quad (5.5)$$

简而言之，粒子群优化算法不断更新寻找全局最优解的优化算法，为提升全局搜索与局部搜索能力，使用线性递减权重公式，如式（5-6）所示：

$$\omega_t = \omega_{\max} - \frac{(\omega_{\max} - \omega_{\min})}{T_{\max}} \times t, \quad (5-6)$$

其中 ω_{\max} 与 ω_{\min} 分别为惯性权重的最大值与最小值, T_{\max} 为粒子群优化算法的最大迭代次数。

5.2.3 极限学习机 (ELM)

极限学习机 (ELM) 是一种机器学习系统, 基于前馈神经网络 (FNN) 的原理而成立。实际上, ELM 可以被视为 FNN 的一种特殊形式, 也可以看作是对 FNN 及其反向传播算法的改进。它的一个显著特性在于, 其隐含层节点的权重是随机生成或预先设定的, 并且在整个学习过程中保持不变。与此相对, ELM 主要聚焦于计算输出权重的学习过程。与其他浅层学习系统如单层感知机和支持向量机 (SVM) 相比, 传统的具有单隐含层的 ELM 在学习速度和泛化能力上展现出显著的优势。表明 ELM 在训练过程中能够更快地收敛, 并且在处理新数据时具有更强的泛化能力。ELM 的一些改进版本通过引入自编码器或堆叠多个隐含层, 成功构建了深度结构, 这种深度结构的引入使得 ELM 能够进行更高级的表征学习, 从而进一步提升了其性能和应用范围。由于极限学习机具备快速学习、高精度和易于实现等诸多优点, 近年来已成为机器学习领域的研究热点。(2023)。

给定 N 个输入样本 $\{(x_i, t_i)\}_{i=1,2,\dots,n}$, M 个隐藏神经元, ELM 模型可表达为:

$$f_N(x_i) = \begin{bmatrix} \sum_{j=1}^N \beta_{j1} G(\omega_j * x_i + b_j) \\ \sum_{j=1}^N \beta_{j2} G(\omega_j * x_i + b_j) \\ \dots \\ \sum_{j=1}^N \beta_{jn} G(\omega_j * x_i + b_j) \end{bmatrix} = t_i, i = 1, 2, \dots, n \quad (5.7)$$

本文研究对象为我国经济韧性, 与 DPSIR 模型中各项指标间具有较强非线性特征, 同时也契合极限学习机所需训练参数少, 对小样本与大样本都有着较好的学习效果, 因此选择极限学习机为我国经济韧性动态模拟的单一模型。而对于一个神经网络而言, 可被视为一个特殊的“函数”, 输入层的 M 个神经元可以被视为输入矩阵 X , 输出层的 m 个

神经元对应输出矩阵 Y ，隐藏层中也含有神经元，激励函数 $G(x)$ 的模型如式 (5-8) 所示：

$$\sum_{i=1}^L \beta_{jk} g(w_{ij} \times x_{ij} + b_i) = y_j, j = 1, 2, \dots, N \quad (5-8)$$

式中， y_j 为网络的实际输出值， b_i 为第 i 个隐藏层神经元阈值， w_{jk} 为输入层神经元第 j 个神经元与隐藏层第 j 个神经元的连接权重，其中 β_{jk} 为隐藏层神经元第 j 个神经元与输出层第 k 个神经元的连接权重。

5.2.4 Lasso 回归-粒子群优化算-极限学习机 (Lasso-PSO-ELM)

采用极限学习机对我国经济韧性进行动态模拟的过程中，由于极限学习机在选择连接权重与神经元阈值与连接权值时具有随机性，在训练的过程中可能会导致训练过度，进而使得预测精度降低，若采用简单的随机选取初始化参数的办法对极限学习机进行优化，会导致模型在一定的程度上存在隐含层节点冗余等缺点，将 PSO 引入极限学习机模型中，利用 PSO 寻找全局最优解的思想，寻找极限学习机最佳参数连接权值和神经元阈值，进一步的提高极限学习机的准确性。

具体的流程如下：首先，采用 Lasso 回归对输入特征进行降维处理，对我国经济韧性 DPSIR 模型及经济韧性测算得分进行初始化训练，将研究期间 2008—2021 年 70% 数据视为训练样本，30% 作为测试样本；其次，根据变量设定 PSO 的相关参数，输入权值和隐含层阈值作为种群的粒子，并不断地迭代，当达到最大迭代次数或满足最佳的适应度值时停止迭代；最后，根据粒子群算法得到最优参数，带入极限学习机模型，采用 Lasso-PSO-ELM 对我国经济韧性提升路径进行动态模拟，动态模拟框架图如图 5.1 所示。

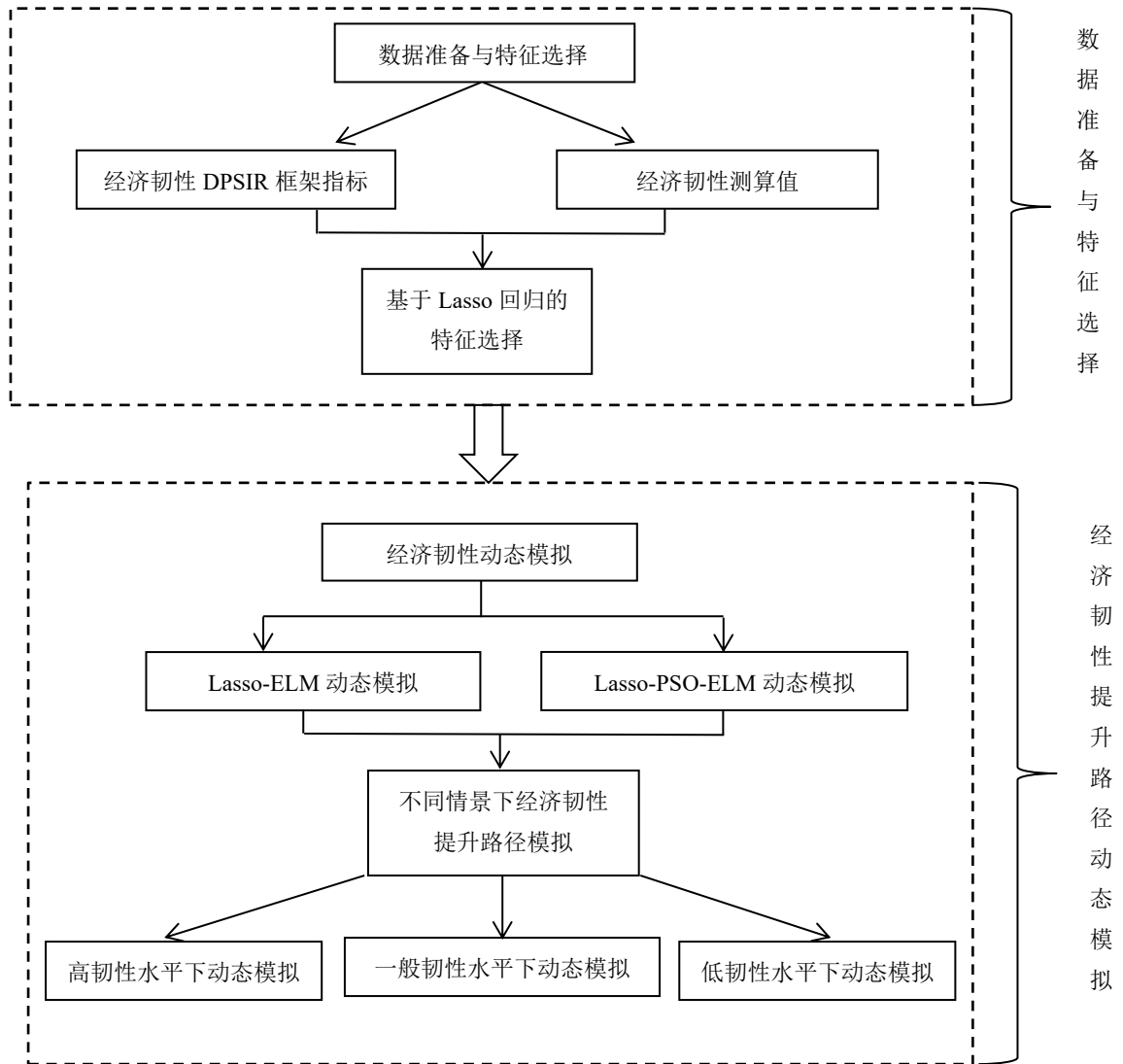


图 5.1 动态模拟框架图

5.3 提升路径模拟与分析

5.3.1 特征选择

作为模拟模型输入的 21 项经济韧性 DPSIR 指标，由于部分特征间可能存在相关性与冗余性，增加了训练模型的复杂度，本文采用 Lasso 回归对我国经济韧性 DPSIR 特征进行降维处理，在 Lasso 回归最优参数 α 值为 0.1 时，各特征的 Lasso 回归系数图如图 5.2 所示。

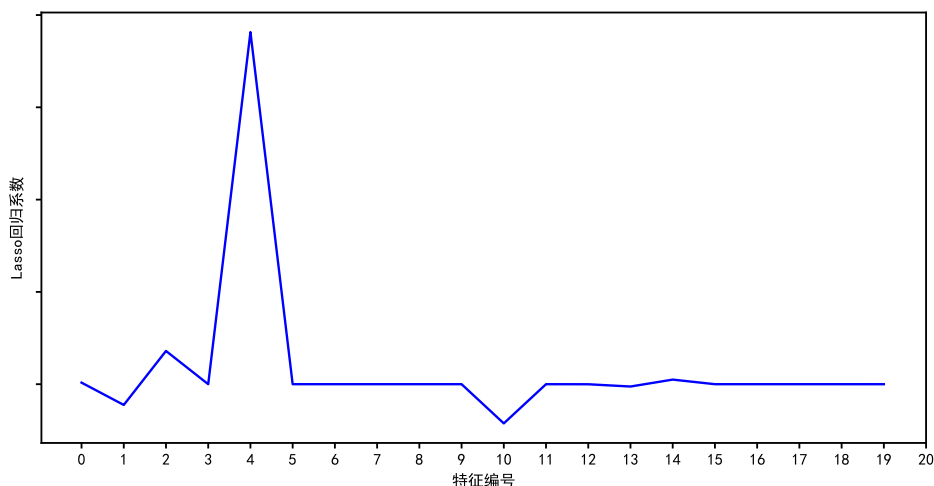


图 5.2 各特征的 Lasso 回归系数图

本文采用 Python 3.8 软件对上述各模型实现编程及搭建，对各特征进行降维筛选，最终确定作为输入特征为人均 GDP（万元）、城镇单位就业人员（万人）等 10 项特征，如表 5.1 所示。

表 5.1 Lasso 回归降维筛选特征表

| 变量 | 特征 |
|----|-------------------|
| D1 | 人均 GDP（万元） |
| D2 | 城镇单位就业人员（万人） |
| D3 | 固定资产投资增长率 |
| D5 | 地区生产总值指数 |
| S2 | 人均日生活用水量（人/升） |
| S4 | 城市人口密度（人/平方公里） |
| I1 | 第三产业增加值 |
| I2 | 居民可支配收入 |
| I3 | 经营单位所在地进出口总额（千美元） |
| R4 | 工业污染治理完成投资（万元） |

5.3.2 Lasso-ELM 动态模拟

利用 Lasso-ELM 单一模型对我国经济韧性提升路径模拟，其中模型的输入为我国经济韧性 DPSIR 模型筛选降维后的各指标，输出为我国经济韧性测算值，隐藏层的个数对 ELM 模型的拟合精度有着较大的影响，过多的节点会导致运行速度过慢。首先定义 Lasso-ELM 相关的参数，设置输入权值为 0 到 1 之间，输入偏差范围在 0 和 1 之间，并

设置模型的激活函数为 Sigmoid 函数与隐藏层神经元的阈值，最后设定输入层与隐含层的连接权值、计算隐含层输出矩阵，利用 Python 3.8 软件得到 Lasso-ELM 拟合模型下，我国经济韧性提升路径动态模拟结果，模拟结果如图 5.3 所示。

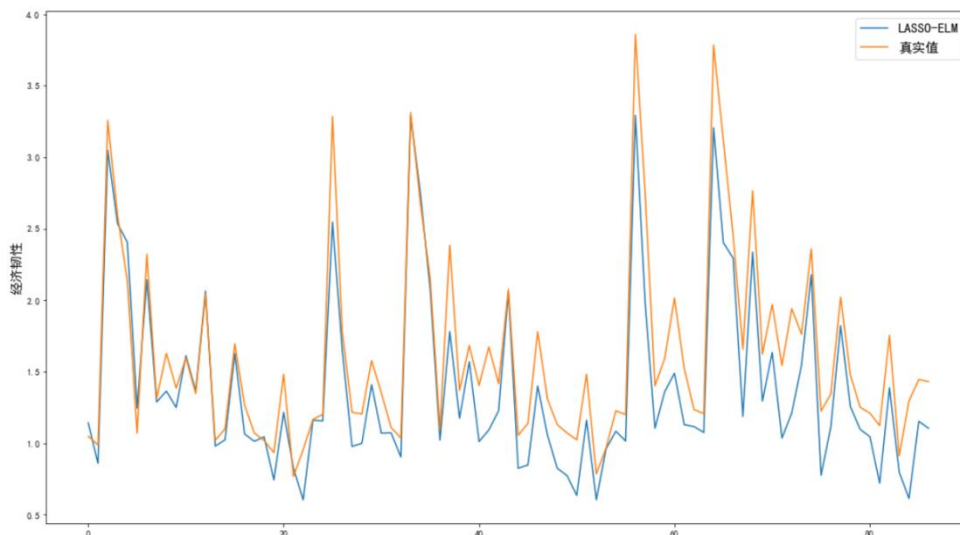


图 5.3 Lasso-ELM 我国经济韧性动态模拟图

由 Lasso-ELM 模型下我国经济韧性提升路径模拟图可以看出，我国经济韧性动态模拟值与真实值契合度较高，部分省市经济韧性模拟走势与真实值相当，但仍有部分省市模拟效果不佳，表明 ELM-ELM 模型存在一定的局限性，主要原因表现在极限学习机模型在神经元阈值 (b) 与连接权重 (w) 选取的随机性，容易造成对我国经济韧性动态模拟的过拟合现象，因此，本文后续采用优化模型对我国经济韧性进行动态模拟，ELM 模型对我国经济韧性动态模拟的各项评价指标如表 5.2 所示。

表 5.2 ELM 我国经济韧性动态模拟评价指标

| 评价指标 | MSE | MAPE | RMSE | MAE |
|------|--------|--------|--------|--------|
| 取值 | 0.1300 | 0.7155 | 0.8679 | 0.2834 |

由表 5.2 的取值可知，Lasso-ELM 下我国经济韧性动态模拟的部分指标良好，其中 MSE 取值为 0.1300，MAPE 取值为 0.7155，RMSE 取值为 0.8679，MAE 取值为 0.2834，各项指标的评判标准都为越小越好，为进一步提高模型的精度，采用 PSO 优化算法对 Lasso-ELM 进行优化。

5.3.3 Lasso-PSO-ELM 动态模拟

由于在 Lasso-ELM 模型下极限学习机在其连接权重、神经元阈值的选取上具有随机性,影响了极限学习机的模拟精度,对我国经济韧性动态模拟仍有优化空间,在单一 Lasso-EIM 模型模拟的基础上,使用 PSO 对极限学习机进行优化,具体的优化思路为,首先构建粒子群优化算法框架,结合粒子群算法根据局部最优解找寻其全局最优解的思想,对 Lasso-ELM 在接权重、神经元阈值的随机性选取进行优化,在 PSO 优化算法中,设置学习因子 $c=2$,自身权重因子 $w=0.4$,最大迭代次数为 1000,搜索维度为 10,得到粒子群优化算法搜索空间维度与最大函数值折线图 5-4。

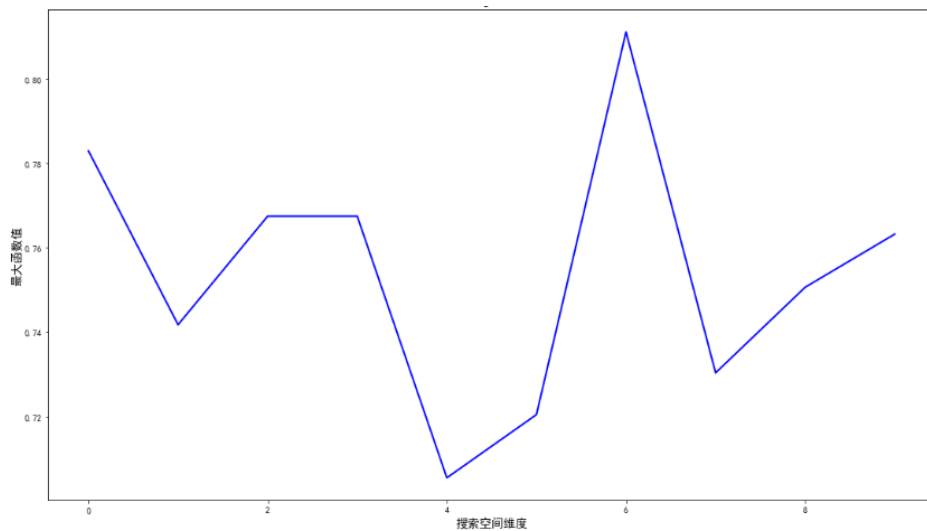


图 5.4 粒子群优化算法迭代收敛图

根据 PSO 算法的优化结果显示,最大函数值为 0.811,最佳的迭代次数为 742,在此基础上,对极限学习机神经元阈值与连接权重,进行优化,最终得到 Lasso-PSO-ELM 下,我国经济韧性动态模拟结果,模拟结果如图 5.5 所示。

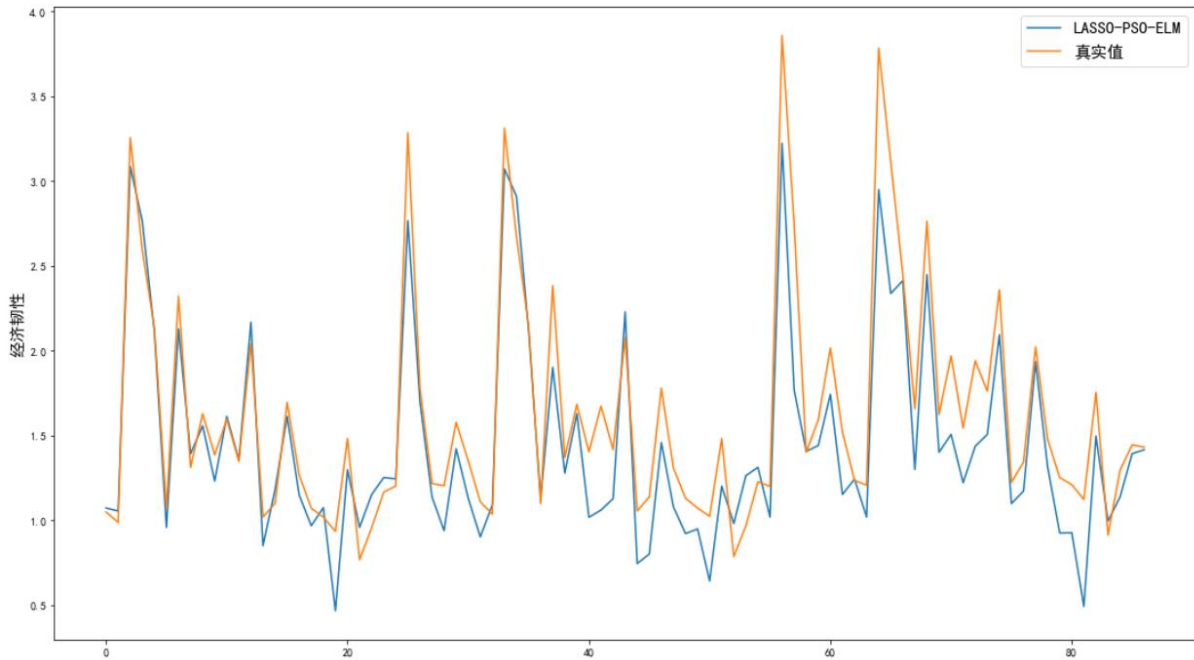


图 5.5 Lasso-PSO-ELM 模型下我国经济韧性动态模拟图

由图 5.5 可知极限学习机经过粒子群优化算法改良后,在模拟的精度有较大的提高,相比于单一极限学习机, PSO-ELM 模型对我国经济韧性动态模拟的结果与真实值吻合度得到了一定提高,经济韧性模拟的走向与真实值大致相当,经过粒子群优化算法优化过后,极限学习机在其连接权重、神经元阈值的选取上不再是随机选取,而是 PSO 最优,提高了模拟预测精度, PSO-ELM 模拟黄河上游城市群城市韧性评价指标如表 5-3 所示。

表 5.3 PSO-ELM 我国经济韧性动态模拟评价指标

| 评价指标 | MSE | MAPE | RMSE | MAE |
|------|--------|--------|--------|--------|
| 取值 | 0.0864 | 0.8110 | 0.8748 | 0.2233 |

由表 5.2 的取值可知, PSO-ELM 模型的动态模拟评价指标较单一 ELM 模型更加优良,但仍有一定的可再优化空间,其中 MSE 取值为 0.0864, MAPE 取值为 0.8110, RMSE 取值为 0.8748, MAE 取值为 0.2233,各项指标的评判标准都为越小越好, Lasso-PSO-ELM 组合模型在模拟图趋势走向与 MSE、MAE 评价指标都优于 Lasso-elm 模型。

5.4 经济韧性提升路径模拟分析

为深入探究我国经济韧性未来的提升路径,基于上述所构建的 Lasso-PSO-ELM 模

型，进一步对我国经济韧性未来走向进行情景假设，对我国 2022 年各省市经济韧性进行以下情景假设：

情景一：高经济韧性发展情景，在此情景下，作为 PSO-ELM 模型输入的 2022 年各项 DPSIR 模型下指标，相较于 2021 年，其正向指标增长率与逆向指标的下降率，均为 2008—2021 年最高水平；情景二：一般经济韧性发展情景，在此情景下，作为 PSO-ELM 模型输入的 2022 年各项 DPSIR 模型下指标，相较于 2021 年，其正向指标增长率与逆向指标的下降率，均与 2021 年相等；高经济韧性发展情景，在此情景下，作为 PSO-ELM 模型输入的 2022 年各项 DPSIR 模型下指标，相较于 2021 年，其正向指标增长率与逆向指标的下降率，均为 2008—2021 年最低水平。三种不同情景的主要区别在于，作为输入的各正、逆向指标的取值不同，最终在三种情景假设下，对我国经济韧性未来走向提升路径模拟，结果显示高韧性情景下我国各省市经济韧性发展水平最高，模拟结果如图 5.6 所示。

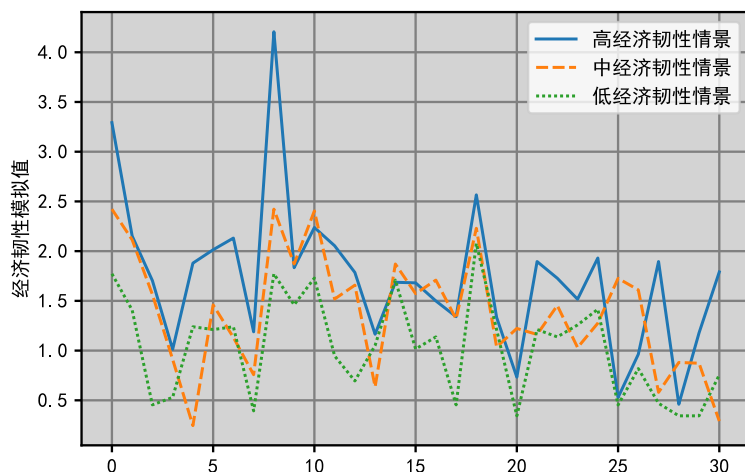


图 5.6 Lasso-PSO-ELM 模型下我国经济韧性动态模拟图

由图 5.6 可知，不同情景下各省市经济韧性模拟得分有较大差距，但整体来看，经济韧性模拟水平，情景一>情景二>情景三，对模拟水平起到决定性作用的主要是模型输入，即 DPSIR 指标体系各指标，因此为提高我国经济韧性水平，构建富有韧性的经济系统网络，在今后的发展中，需要注重各经济韧性指标的发展，加大经济韧性系统的驱动、响应等方面的投入，不同情景下我国经济韧性模拟水平均值如表 5.4 所示。

表 5.4 不同情景下我国经济韧性模拟水平均值

| 情景模拟 | 情景一 | 情景二 | 情景三 |
|------|--------|--------|--------|
| 经济韧性 | 1.7220 | 1.3857 | 1.0342 |

通过对比不同情景模拟下的我国经济韧性小提琴图，可以发现在不同情景下我国经济韧性发展水平差异较大。由小提琴箱体可知，高韧性水平下经济韧性最大值、上四分位数、中位数、下四分位数都较高，但随着韧性模拟水平的提高，小提琴图的分布趋于发散，即各省市经济韧性模拟值的差异性也就越大，通过对我国不同省市经济韧性进行模拟，可以探析我国经济韧性在不同发展情景下的发展特征，有针对性的提出我国经济韧性的提升路径，我国经济韧性情景模拟小提琴图如图 5.7 所示。

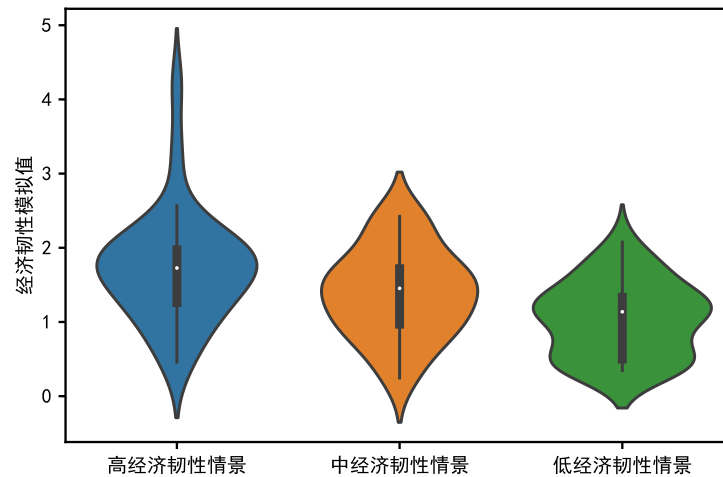


图 5.7 经济韧性情景模拟小提琴图

根据情景模拟结果显示，不同情景假设下，我国经济韧性提升路径最佳路径为高韧性发展情景下。在今后的发展中，为探索我国经济韧性提升路径，需注重各项经济韧性指标的发展，由于不同的情景模拟下，所得到的韧性水平具有不同的差异，对于正向经济韧性指标，需使其稳定向好发展，对于逆向经济韧性指标，需注重其发展阈值，合理的对各项指标进行干预，探索出属于我国的经济韧性提升路径。

6 结论与建议

本文以我国经济韧性为研究对象，在相关理论与文献梳理的支持下，首先依据凡登定律构建因果模型，在反事实条件下对我国经济韧性进行测度与分析，并对我国经济韧性动态演变、地区差异与特征分类方面进行分析；然后从因果反馈机制与系统稳定性机制两个角度，将我国经济韧性系统视为网络结构，对我国经济韧性网络系统运行机制，从因果反馈机制与系统稳定性机制两个角度进行分析，最后使用 Lasso-ELM、Lasso-PSO-ELM 等方法对我国经济韧性提升路径进行动态模拟，研究区域为 2008-2021 年中国大陆 31 个省、市、自治区（不含港澳台）。得到一系列研究结论与提升建议。

6.1 结论

6.1.1 经济韧性测度与分析

(1) 整体来看，我经济韧性呈现逐年递增、稳健向好趋势。冲击抵御与恢复阶段，我国经济韧性水平相对较低，历年韧性水平测算值均为 1 以下；冲击抵御与恢复阶段，由于良好的全球经济环境，使得我国经济韧性保持了多年高速发展；在经济高质量发展阶段下，我国经济韧性进一步得到提高，其中 2020—2021 年我国经济韧性增长率为 18.8%。研究期内我国经济韧性平均增长率为 16.7%。

(2) 具体来看，我国各省市经济韧性呈现增速快、地区差异大的特点。研究期内，我国东部沿海地区经济韧性水平优于内陆及西部地区，南方地区经济韧性优于北方地区，经济韧性水平较高的省市为上海市、北京市、江苏省、广东省，经济韧性增速较快的有贵州省、安徽省、湖南省、湖北省等内陆省份，2021 年我国 31 省市经济韧性水平均大于 1，表明我国实际产出高于反事实产出，经济韧性水平良好，各省市经济韧性虽均呈现逐年递增稳健向好趋势，但地区内差异较大。

(3) 动态演变方面，我国经济韧性核密度曲线波峰呈现下降趋势，降表明经济韧性的聚集程度减少，即我国经济韧性发展水平差异进一步加大；从核密度曲线的移动趋势来看，2008-2015 年我国核密度曲线向右移动，2015-2021 年，核密度曲线进一步向右移动，表明经济韧性水平逐年提高；从核密度曲线的分布形态来看，我国经济韧性核密度曲线逐渐呈现右尾拉长的趋势，呈现拓宽趋势，其中 2021 年右尾最为长，表明随着经济的发展，我国经济韧性空间差距逐渐扩大；从核密度曲线峰个数来看，2008、2015 与

2021年核密度曲线都为单峰分布，峰的个数越多，表明我国经济韧性多极分化现象越明显，而我国经济韧性始终呈现单峰分布，表明经济韧性虽有一定地区差异但仍在一定范围内。

(4) 地区差异方面，我国经济韧性基尼系数呈现逐年递减的趋势，由2008年的0.309下降为2021年的0.207，总体基尼系数的减少表明我国经济韧性的地区差异性逐年向好；具体来看，根据我国经济韧性Dagum基尼系数分解结果，组间基尼系数>组内基尼系数>超变密度基尼系数，即我国经济韧性地区差异性的主要来源为组间差异，其次为组内差异，最后为地区交叉重叠。我国经济韧性组内差异大小为东部地区>西部地区>中部地区>东北地区，其中东部地区分解值为东北地区两倍以上，2008—2021年，东部地区、西部地区与中部地区组内基尼系数分解值呈现下降趋势，东北地区呈现波动下降趋势，表明随着时间的推移，我国各个区域内部经济韧性差异逐年缩小，但区域内差异东部地区>西部地区>中部地区>东北地区未得到改善。

特征分类方面，特征分类分析采用Jenks自然断点法，将我国各省市经济韧性分为不同的类别，断点依次为经济韧性1.198、经济韧性1.862，第一类为经济韧性位于区间[0.556,1.198)含甘肃、西藏、贵州、云南等23省市；第二类为经济韧性位于区间[1.198,1.862)含山东、广东、福建、浙江、天津等5省市；第三类为经济韧性位于区间[1.862,2.642)含江苏、北京、上海等3省市。

6.1.2 经济韧性运行机制分析

(1) 因果反馈机制方面，采用PLS-SEM模型对我国经济韧性框架各元素因果关系进行检验，DPSIR框架下各个元素因果关系均在显著性水平 $\alpha=0.01$ 时通过检验，可进行后续经济韧性网络系统的稳定性分析，从具体取值大小来看， $f_{5,1}:\mathbf{R}\rightarrow\mathbf{D}$ 响应层面对驱动层面正向作用最大，即政府面对经济韧性系统所做出的响应，会造成经济韧性系统发展的驱动，而 $f_{1,2}:\mathbf{D}\rightarrow\mathbf{P}$ 驱动层面对压力层面负面作用最大，由于压力层面大部分指标为逆向指标，表现为经济系统驱动越大时，经济系统所面临的压力也就越大。

(2) 系统稳定性运行机制方面，在因果反馈成立的基础上，ENA模型将我国经济系统视为一个复合网络，对我国经济韧性网络系统进行系统冗余率分析、利用率分析、优势度分析、利用率分析等，我国经济韧性系统熵值H为2.799，熵值反映我国经济韧性系统网络的离散程度大小，其取值越大，表明系统的不确定性也就越大；经济系统优

势度与冗余方面,我国经济韧性系统网络平均流量为AMI为1.552,优势度 $A=6.239 >$ 冗余 $R=5.013$,表明我国经济系统利用大于冗余;经济系统利用率与冗余率分析方面,从可持续发展角度来看,经济系统的利用率与冗余率都不宜过高,当经济系统利用率过高时,使得经济系统过于脆弱,导致经济韧性系统稳定性的降低,当系统的冗余率过高时,使得经济系统抵抗风险能力降低,也会使得系统韧性稳定性降低,系统最佳利用率 A/C 值为0.4596,我国经济韧性系统利用率 $A/C=0.554$ 略大于此值,其中我国经济韧性系统冗余率 $R/C=0.445$,冗余率略微小于利用率,从提高韧性角度,我国经济在今后发展中还需略微降低利用率以提高整体经济韧性水平。

6.1.3 经济韧性提升路径模拟

(1) 极限学习机经过粒子群优化算法改良后,在模拟的精度有较大的提高,相比于Lasso-ELM, Lasso-PSO-ELM模型对我国经济韧性动态模拟的结果与真实值吻合度得到了一定提高,经济韧性模拟的走向与真实值大致相当,且Lasso-PSO-ELM模型的动态模拟评价指标较Lasso-ELM模型更加优良,但仍有一定的可再优化空间,其中MSE取值为0.0864, MAPE取值为0.8110, RMSE取值为0.8748, MAE取值为0.2233,各项指标的评判标准都为越小越好,因此Lasso-PSO-ELM组合模型不论是从预测精度、趋势走向与评价指标等方面都优于Lasso-ELM模型。

(2) 基于上述所构建的Lasso-PSO-ELM模型,进一步对我国经济韧性未来走向进行情景假设,对我国2022年各省市经济韧性进行情景假设,结果显示高经济韧性情景假设下,我国各省市经济韧性模拟值最高,但随着模拟情景下韧性水平的提高,各省市经济韧性的差异也就越大。

6.2 建议

根据上文实证及理论分析,在经济高质量发展新阶段下,我国经济韧性主要存在的问题为:地区发展不均衡不同地区内部差异较大;且通过对经济韧性系统运行机制分析发现,经济韧性系统整体利用率大于冗余率存在利用过度的现状;随着动态模拟韧性水平的提高,各省市经济韧性的差异也就越大,为解决上述问题,提出如下方面的政策建议。

第一,因地制宜分地推进地区经济韧性建设,提高我国经济共同抵御风险能力。各

级地方政府应当迅速着手探索增强经济韧性的战略途径。对于经济韧性方面已经展现出优势的南部和东部省市，应持续发挥其示范和引领作用，通过稳定推进产业结构的现代化升级，构建多元化产业体系，以更好地抵御外部经济风险和冲击，该布局将有助于提高整体经济的适应性和恢复力，确保地方经济在面对不确定性时能够保持稳健发展。因地制宜地推进我国各省市经济韧性建设，不同地区经济发展过程中面对的风险与冲击类型也不同，提高不同地区应对突发经济风险冲击的能力，在加强东西、南北合作的同时，不同省市也需着重建设省会城市，带动省内经济韧性较低的城市发展，共同提升风险应对能力与经济韧性水平，构建独特的区域协同抵御风险网络体系。

第二，积极创新完善经济调控体制与政策，做好经济韧性发展体制保障。充满活力的经济市场体制是我国经济韧性发展长期向好的制度保障，积极创新完善经济调控体制与政策，市场机制有效、宏观调控有度、企业有活力，使得有效的政策与制度能在经济运行的关键时刻做出适应性改变，调节复杂的经济活动。首先，应以国家发展规划作为战略指引，充分运用财政政策和货币政策作为主要调控工具，构建宏观调控制度体系，实现消费、投资、产业、就业等政策的协同发展，以推动经济社会的全面进步发展。

第三，加强区域经济均衡发展，构建地区经济协调发展新格局。研究显示我国经济韧性水平虽逐年上涨稳健向好，但各省市经济韧性差异仍较大，其根源在于区域经济发展不平衡不协调。一方面，要健全地区经济均衡发展战略统筹、市场一体化发展、经济合作互助、地区经济合作补偿等机制，促进发达省市与欠发达省市共同发展，构建地区经济协调发展新格局，缓解区域经济韧性不均衡现状；另一方面，为了最大限度地提升各省市的整体竞争力，着力构建由地区政府共同参与、具备较高制度水平的区域协调与监督机制，通过加强各地区间的分工协作，实现优势互补，同时有效避免同质化竞争和资源错配等问题的出现，该举措将有力促进区域经济的协调发展，提升整体经济实力。

第四，构建经济协同发展路径，提高我国经济共同抵御风险能力。由于经济韧性系统是一个持续动态且不断发展的过程，为了精准把握经济发展的总体趋势并妥善应对经济风险，需构建经济协同发展的网络体系，灵活适应经济系统外部的变化，对外部冲击作出迅速反应并进行相应调整。通过准确识别机遇、积极促进变革、主动寻求创新以及科学应对挑战，不断发展新产品、新模式、新亚太和新发展。提升我国在危机中寻找和创造机遇的能力，从而有效应对日益复杂和严峻的风险挑战。

参考文献

- [1] A new approach to the decomposition of the Gini income inequality ratio[J]. Camillo Dagum. *Empirical Economics*, 1997(4).
- [2] Alberti M, Marzluff J M. Ecological resilience in urban ecosystems: Linking urban patterns to human and ecological functions [J]. *Urban Ecosystems*, 2004(7):241–265.
- [3] Bergeijk, Peter A G , Brakman, et al. Heterogeneous economic resilience and the great recession's world trade collapse.[J]. *Papers in Regional Science*, 2017.
- [4] Briguglio L, Cordina G, Farrugia N, et al. Conceptualizing and measuring economic resilience [J]. *Building the Economic Resilience of Small States*, 2006:265-288.
- [5] Edward Hill. Economic Shocks and Regional Economic Resilience [J]. *Urban and Regional Policy and Its Effects*, 2012(4):23-35.
- [6] Gillian Bristow, Adrian Healy, Crisis response, choice and resilience: insights from complexity thinking, *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, Volume 8, Issue 2, July 2015, Pages 241–256.
- [7] Han Y., Goetz S. J. The economic resilience of U.S. counties during the great recession[J]. *The Review of Regional Studies*. 2015, 45 (1): 131-149.
- [8] Holling C S, Gunderson L H. Resilience and adaptive cycles[J]. In: *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*, 2002:25-62.
- [9] Holling C. S. Resilience and stability of ecological systems[J]. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 1973, 4 (1): 1-23.
- [10] Malmir M , Javadi S , Moridi A , et al. A new combined framework for sustainable development using the DPSIR approach and numerical modeling[J]. *Geoscience Frontiers*, 2021, 12(04):264-277.
- [11] Martin R L, Sunley P. On the Notion of Regional Economic Resilience: Conceptualization and Explanation. *Journal of Economic Geography*[J], 2015, 15(1): 1-42.
- [12] Martin Ron. Regional economic resilience, hysteresis and recessionary shocks[J]. *Narnia*, 2012, 12(1).
- [13] OPREA F, ONOFREI M, LUPU D, et al. The determinants of economic resilience: the case of eastern European regions[J]. *Sustainability*, 2020, 12(10):1-11.
- [14] Perrings C. Resilience and sustainability [M]. Edward Elgar, 2001.
- [15] Perrings C. Resilience and sustainable development[J]. *Environment & Development*

- t Economics. 2006, 11 (4): 417-427.
- [16]Pike, Andy et al. "Resilience, adaptation and adaptability." Cambridge Journal of Regions, Economy and Society 3 (2010): 59-70.
- [17]Psycharis, Y., Tsiapa, M., & Tselios, V. (2020). "Chapter 13: Exports and regional resilience: evidence from Greece". In Handbook on Regional Economic Resilience [J]. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing. Retrieved Jun 30, 2023.
- [18]Reggiani, A., De Graaff, T. & Nijkamp, P. Resilience: An Evolutionary Approach to Spatial Economic Systems. Networks and Spatial Economics 2, 211–229 (2002).
- [19]Ron Martin;Ben Gardiner.The resilience of cities to economic shocks: A tale of four recessions (and the challenge of Brexit)[J].Papers in Regional Science,2019.
- [20]Simple boundary correction for kernel density estimation[J]. M. C. Jones.Statistics and Computing,1993(3).
- [21]Ulanowicz R E . The dual nature of ecosystem dynamics[J]. Ecological Modelling, 2009, 220(16):1886-1892.
- [22]Walker B, Gunderson L, Kinzig A, et al. A Handful of Heuristics and Some Propositions for Understanding Resilience in Social-Ecological Systems[J]. Ecology and society, 2006,11(1):13.
- [23]Wink R. Regional Economic Resilience:PolicyExperiences and Issues in Europe [J]. Raumforschung und Raumordnung, 2014, 72(2):83—84.
- [24]Zhao R , Fang C , Liu H , et al. Evaluating urban ecosystem resilience using the DPSIR framework and the ENA model: A case study of 35 cities in China[J]. Sustainable Cities and Society, 2021, 72(4):102997.
- [25]常哲仁,韩峰,钟李隽仁.创新试点政策能够提高城市经济韧性吗? ——来自准自然实验的证据[J].经济问题,2023,No.524(04):105-112.
- [26]陈梦远.国际区域经济韧性研究进展——基于演化论的理论分析框架介绍[J].地理科学进展,2017,36(11):1435-1444.
- [27]陈梦远.国际区域经济韧性研究进展——基于演化论的理论分析框架介绍[J].地理科学进展,2017,36(11):1435-1444.
- [28]陈胜利,王东.中国城市群经济韧性的测度、分解及驱动机制[J].华东经济管理,2022,36(12):1-13.
- [29]董亚娟,张一荻.中国入境旅游经济韧性、效率提升与恢复性增长[J].陕西师范大学学报(自然科学版),2023,51(02):1-11.

- [30]杜文瑄,施益军,徐丽华,翟国方,陈伟,陆张维.风险扰动下的城市经济韧性多维测度与分析——以长三角地区为例[J].地理科学进展,2022,41(06):956-971.
- [31]方叶林,王秋月,黄震方等.中国旅游经济韧性的时空演化及影响机理研究[J].地理科学进展,2023,42(03):417-427.
- [32]高辰颖.中国经济增长力的韧性分析[J].现代经济探讨,2016(11):20-24.
- [33]高粼彤,孟霏,田启波.中国经济韧性时空演化及影响因素研究——基于数字金融视角[J].经济问题探索,2022,No.481(08):57-74.
- [34]韩爱华,李梦莲,高子桓.疫情冲击下经济韧性测度及影响因素分析[J].统计与决策,2021,37(18):85-89.
- [35]胡艳,张安伟.人力资本如何增强城市经济韧性[J].财经科学,2022,No.413(08):121-134.
- [36]黄晖,胡求光,马劲韬.基于 DPSIR 模型的浙江省海域承载力的评价分析[J].经济地理,2021,41(11):48-55.
- [37]黄杰,李倩倩,钟朋舒.中国八大城市群经济韧性的空间差异与动态演进[J].统计与决策,2022,38(17):91-96.
- [38]李博,曲艺.中国沿海地区产业演化路径依赖及突破对区域经济韧性的影响[J].地理学报,2023,78(04):824-839.
- [39]李久林,滕璐,马昊楠,汪勇政.安徽省农业经济韧性的空间异质性及其影响因素[J].华东经济管理,2022,36(11):75-84.
- [40]李连刚,张平宇,程钰,王成新.黄河流域经济韧性时空演变与影响因素研究[J].地理科学,2022,42(04):557-567.
- [41]梁坤丽,刘维奇.农村产业结构升级对农村经济韧性的影响[J].经济与管理,2023,37(03):63-73.
- [42]刘家树,顾为都.数字技术影响城市经济韧性的机制与效应——基于中国 265 个城市的实证检验[J].江淮论坛,2023,No.318(02):67-73.
- [43]刘晓星,张旭,李守伟.中国宏观经济韧性测度——基于系统性风险的视角[J].中国社会科学,2021(01):12-32+204.
- [44]刘晓星,张旭,李守伟.中国宏观经济韧性测度——基于系统性风险的视角[J].中国社会科学,2021,No.301(01):12-32+204.
- [45]苏任刚,赵湘莲.制造业升级、信息网络发展与城市经济韧性[J].经济与管理,2022,36(01):48-57.

- [46]孙红雪,朱金鹤,王雅莉.高质量人力资本与中国城市经济韧性——基于高校扩招政策的实证分析[J].当代财经,2023,No.462(05):15-28.
- [47]孙久文,孙翔宇.区域经济韧性研究进展和在中国应用的探索[J].经济地理,2017,37(10):1-9.
- [48]孙永胜,苗长虹,佟连军.东北地区绿色发展水平时空动态演变与障碍因素[J].生态学报,2023,43(18):7651-7659.
- [49]唐宇,宋永永,薛东前等.能源富集区经济韧性演化过程及影响机制——以榆林市为例[J].资源科学,2022,44(07):1331-1343.
- [50]王世平,赵春燕.扩大进口提升了城市经济韧性吗[J].国际经贸探索,2023,39(08):57-72.
- [51]王素素,卢现祥,李磊.中国经济韧性的南北差异及形成机理[J].南方经济,2022(06):77-98.
- [52]王兆峰,张先甜.黄河流域旅游经济系统韧性的时空差异特征及其影响因素[J].地理与地理信息科学,2023,39(03):112-121
- [53]谢庆勇,朱华友.浙江省地域资本禀赋差异及对经济韧性的影响[J].商业经济与管理,2022,No.368(06):68-80.
- [54]杨桐彬,朱英明,姚启峰.中国城市群经济韧性的地区差异、分布动态与空间收敛[J].统计与信息论坛,2022,37(07):45-60.
- [55]袁丰,熊雪蕾,徐紫腾等.长江经济带经济韧性空间分异与驱动因素[J].地理科学进展,2023,42(02):249-259.
- [56]张俊,林卿,王江泉.省域经济系统能源与水关联及协同发展研究——基于投入产出和生态网络分析的福建省实证[J].北京航空航天大学学报(社会科学版),2020,33(06):80-92.
- [57]张开,陈琦.中国城市经济韧性的区域差异及影响因素分析[J].贵州社会科学,2022,No.396(12):121-129.
- [58]张明斗,惠利伟.中国农业经济韧性的空间差异与影响因素识别[J].世界农业,2022,No.513(01):36-50.
- [59]张明斗,李维露.东北地区城市韧性水平的空间差异与收敛性研究[J].工业技术经济,2020,39(05):3-12.
- [60]张明斗,张震.长三角城市群城市经济韧性的空间关联网络研究[J].地理与地理信息科学,2023,39(01):69-79.
- [61]张婷婷.长三角区域经济韧性的时空演化及对策研究[D].南京师范大学,2018.

- [62]朱金鹤,孙红雪.数字经济是否提升了城市经济韧性?[J].现代经济探讨,2021,No.478(10):1-13.
- [63]卓乘风,毛艳华.制度型开放与城市经济韧性[J].国际贸易问题,2023,No.484(04):1-17.
- [64]曾冰.中国省域经济韧性发展水平评价[J].大连理工大学学报(社会科学版),2023,44(02):28-36.

附录

2008—2021年我国各省市经济韧性取值见附表1与附表2所示，由于数据众多，一张表难以展示，附表1为2008—2014年我国各省市经济韧性测算值，附表2为2015—2021年我国各省市经济韧性测算值。

附表1 2008—2014年我国各省市经济韧性取值

| 地区 | 2008年 | 2009年 | 2010年 | 2011年 | 2012年 | 2013年 | 2014年 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 北京 | 1.4263 | 1.5006 | 1.7627 | 1.9121 | 2.0468 | 2.2021 | 2.3228 |
| 天津 | 1.2926 | 1.2372 | 1.5122 | 1.7062 | 1.3326 | 1.3977 | 1.4224 |
| 河北 | 0.4838 | 0.5134 | 0.6114 | 0.6524 | 0.7120 | 0.7527 | 0.7877 |
| 山西 | 0.5429 | 0.5377 | 0.6759 | 0.7207 | 0.7672 | 0.7706 | 0.7696 |
| 内蒙古 | 0.6631 | 0.7406 | 0.8518 | 0.7926 | 0.8837 | 0.9675 | 1.0388 |
| 辽宁 | 0.6708 | 0.7028 | 0.7591 | 0.8558 | 0.9168 | 0.9645 | 0.9701 |
| 吉林 | 0.4434 | 0.4928 | 0.5916 | 0.5838 | 0.6709 | 0.7449 | 0.8041 |
| 黑龙江 | 0.4648 | 0.4643 | 0.5434 | 0.5693 | 0.6685 | 0.6931 | 0.6922 |
| 上海 | 1.8782 | 1.9923 | 2.2562 | 2.4647 | 2.2251 | 2.4011 | 2.5680 |
| 江苏 | 0.8398 | 0.9310 | 1.1448 | 1.3159 | 1.4405 | 1.5856 | 1.7248 |
| 浙江 | 0.8180 | 0.8692 | 1.0628 | 1.1817 | 1.2644 | 1.3649 | 1.4517 |
| 安徽 | 0.3299 | 0.3768 | 0.4616 | 0.5065 | 0.5615 | 0.6183 | 0.6662 |
| 福建 | 0.6551 | 0.7324 | 0.8961 | 1.0214 | 1.1184 | 1.2356 | 1.3649 |
| 江西 | 0.3547 | 0.3849 | 0.4797 | 0.5895 | 0.6545 | 0.7349 | 0.8058 |
| 山东 | 0.6017 | 0.6544 | 0.7699 | 0.8503 | 0.9391 | 1.0389 | 1.1234 |
| 河南 | 0.3956 | 0.4235 | 0.5058 | 0.6537 | 0.7231 | 0.7927 | 0.8689 |
| 湖北 | 0.3999 | 0.4560 | 0.5752 | 0.7351 | 0.8303 | 0.9301 | 1.0333 |
| 湖南 | 0.3650 | 0.4095 | 0.5110 | 0.5976 | 0.6668 | 0.7379 | 0.8079 |
| 广东 | 0.8802 | 0.9252 | 1.0694 | 1.1355 | 1.2134 | 1.3137 | 1.4111 |
| 广西 | 0.2856 | 0.3114 | 0.3793 | 0.4730 | 0.4746 | 0.5523 | 0.6000 |
| 海南 | 0.3982 | 0.4265 | 0.5280 | 0.5845 | 0.6520 | 0.7131 | 0.7673 |
| 重庆 | 0.4712 | 0.5232 | 0.6449 | 0.7730 | 0.8638 | 0.9600 | 1.0696 |
| 四川 | 0.3425 | 0.3803 | 0.4737 | 0.5726 | 0.6544 | 0.7277 | 0.7930 |
| 贵州 | 0.1858 | 0.2034 | 0.2424 | 0.2842 | 0.4483 | 0.5213 | 0.5882 |
| 云南 | 0.2849 | 0.3041 | 0.3624 | 0.4186 | 0.4800 | 0.5565 | 0.6092 |
| 西藏 | 0.2540 | 0.2745 | 0.3162 | 0.3671 | 0.4218 | 0.4841 | 0.5463 |
| 陕西 | 0.4274 | 0.4704 | 0.5905 | 0.7036 | 0.8162 | 0.9164 | 1.0031 |
| 甘肃 | 0.2540 | 0.2648 | 0.3201 | 0.4039 | 0.4579 | 0.5181 | 0.5638 |
| 青海 | 0.3161 | 0.3286 | 0.4091 | 0.4707 | 0.5228 | 0.5831 | 0.6226 |
| 宁夏 | 0.3883 | 0.4391 | 0.5216 | 0.6012 | 0.6545 | 0.7209 | 0.7641 |
| 新疆 | 0.5629 | 0.5647 | 0.7207 | 0.6248 | 0.6975 | 0.7834 | 0.8558 |

附表 2 2015—2021 年我国各省市经济韧性取值

| 地区 | 2015 年 | 2016 年 | 2017 年 | 2018 年 | 2019 年 | 2020 年 | 2021 年 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 北京 | 2015 年 | 2016 年 | 2017 年 | 2018 年 | 2019 年 | 2020 年 | 2021 年 |
| 天津 | 2.4812 | 2.6466 | 2.9079 | 3.1091 | 3.3538 | 3.2860 | 3.8595 |
| 河北 | 1.4096 | 1.4576 | 1.6047 | 1.7095 | 1.7901 | 1.7814 | 2.7434 |
| 山西 | 0.8361 | 0.9133 | 1.0167 | 1.0816 | 1.1814 | 1.2176 | 1.4017 |
| 内蒙古 | 0.7780 | 0.7915 | 0.9651 | 1.0578 | 1.1386 | 1.2044 | 1.5929 |
| 辽宁 | 1.1150 | 1.1954 | 1.3415 | 1.4404 | 1.5514 | 1.5789 | 2.0162 |
| 吉林 | 0.9645 | 1.0309 | 1.1687 | 1.2557 | 1.3417 | 1.3514 | 1.5215 |
| 黑龙江 | 0.8248 | 0.8750 | 0.9553 | 0.9889 | 1.0495 | 1.1099 | 1.2363 |
| 上海 | 0.7335 | 0.7972 | 0.8445 | 0.9042 | 0.9888 | 1.0368 | 1.2073 |
| 江苏 | 2.3063 | 2.5723 | 2.8853 | 3.0921 | 3.2575 | 3.3125 | 3.7847 |
| 浙江 | 1.8898 | 2.0448 | 2.3093 | 2.4578 | 2.5964 | 2.6751 | 3.1165 |
| 安徽 | 1.5698 | 1.6850 | 1.8839 | 2.0211 | 2.1352 | 2.1498 | 2.4535 |
| 福建 | 0.7003 | 0.7684 | 0.8811 | 0.9910 | 1.0727 | 1.0992 | 1.6578 |
| 江西 | 1.4634 | 1.5925 | 1.8634 | 2.1082 | 2.3218 | 2.3844 | 2.7644 |
| 山东 | 0.8687 | 0.9563 | 1.0754 | 1.1975 | 1.3129 | 1.3704 | 1.6238 |
| 河南 | 1.2327 | 1.3162 | 1.4513 | 1.5203 | 1.6295 | 1.6846 | 1.9697 |
| 湖北 | 0.9349 | 1.0166 | 1.1605 | 1.2786 | 1.3860 | 1.4036 | 1.5443 |
| 湖南 | 1.1101 | 1.2242 | 1.4001 | 1.5586 | 1.5971 | 1.6742 | 1.9409 |
| 广东 | 0.8901 | 0.9773 | 1.1093 | 1.2027 | 1.3476 | 1.4172 | 1.7617 |
| 广西 | 1.5136 | 1.6323 | 1.8232 | 1.9167 | 2.0441 | 2.0770 | 2.3593 |
| 海南 | 0.6512 | 0.7605 | 0.8606 | 0.9408 | 1.0202 | 1.0554 | 1.2248 |
| 重庆 | 0.8108 | 0.8777 | 0.9809 | 1.0309 | 1.1012 | 1.1391 | 1.3441 |
| 四川 | 1.1653 | 1.2988 | 1.4670 | 1.5534 | 1.6961 | 1.7795 | 2.0229 |
| 贵州 | 0.8329 | 0.9077 | 1.0587 | 1.1777 | 1.2678 | 1.3092 | 1.4776 |
| 云南 | 0.6615 | 0.7274 | 0.8942 | 0.9829 | 1.0717 | 1.1309 | 1.2522 |
| 西藏 | 0.6446 | 0.7141 | 0.8146 | 0.9133 | 1.0195 | 1.0727 | 1.2106 |
| 陕西 | 0.6037 | 0.6618 | 0.7613 | 0.8519 | 0.9348 | 1.0237 | 1.1232 |
| 甘肃 | 1.0277 | 1.0912 | 1.2537 | 1.3765 | 1.4834 | 1.4825 | 1.7549 |
| 青海 | 0.5693 | 0.6009 | 0.6538 | 0.7131 | 0.7677 | 0.7864 | 0.9132 |
| 宁夏 | 0.6721 | 0.7462 | 0.8246 | 0.8983 | 0.9559 | 0.9676 | 1.2965 |
| 新疆 | 0.7996 | 0.8650 | 1.0160 | 1.0944 | 1.1664 | 1.2276 | 1.4458 |

致 谢

随着硕士论文的完稿，三年的硕士生涯也即将结束。回望这几年的求学之路，一路向西，我从长江沿岸再到黄河岸边，最终完成自己的本科、硕士的求学过程。一路走来，感慨万千，在此我谨向所有研究生期间帮助、关心、爱护我的师长、同学、朋友以及所有课题组成员表示最诚挚的感谢。

首先，我要衷心感谢我的导师赵老师。赵老师不仅在学术上给予了我高屋建瓴的指导，更在生活上给予了我无微不至的关怀。赵老师严谨的治学态度、深厚的学术造诣和豁达的胸怀，让我受益匪浅。在论文的撰写过程中，赵老师耐心地指导我，从选题、构思、收集资料到论文的撰写和修改，都给予了我宝贵的意见和建议。在论文完成之际，我衷心感谢赵老师的悉心指导和无私奉献。

其次，我要感谢我的父母。他们一直是最坚实的后盾和最温暖的港湾。在我遇到困难和挫折时，他们总是给予我鼓励和支持，让我重新振作起来。他们的爱和关怀是我不断前进的动力，也让我在面对人生路上的风雨时始终坚定不移。我会牢记父母的养育之恩，不断努力进取，成为他们骄傲的依靠。

此外，我还要感谢我的课题组同门们及室友。我们一起度过了许多难忘的时光，共同探讨学术问题，互相帮助和支持。他们的陪伴和鼓励让我更加坚定了自己的学术追求。

在即将离开学校之际，我要再次向所有关心和帮助过我的人表示最深的感谢。这段经历将成为我一生中宝贵的财富，激励我在未来的学习和工作中不断努力进取、勇往直前，生命不息，奋斗不止，今后的生活与学习更需要我去不断地努力，不断地完善自己提升自己！