



中國農業大學

本科生毕业论文

论文题目 农民收入增长问题的实证研究

(以山东济南地区为例)

学生姓名 朱晟坤 学号 2015505030203

专 业 市场营销 年级 2015 级

指导教师 李 军 职称 副教授

中国农业大学教务处制

2019 年 4 月

摘要

本文是对济南地区农民收入增长的实证研究，分为三部分，首先分析农业政策对农民总收入影响作用，得出政策对于收入增长产生显著的正效应，但对于缩小城乡居民收入差异作用效果不明显。后通过建立线性回归模型，分析农业政策对农民收入影响、宏观经济增长与农民收入增长的关系。

其次综合选取农村劳动力、农林牧渔业总产值、农用机械总动力、年末实有耕地面积、粮食总产量等十个宏观经济指标，运用熵权法，建立了 PSR 综合反应模型，研究多个指标对农民人均年收入的作用关系，清晰地看到农民收入增长过程中遇到的阻力与限制因素、基本现状与未来实现增收所需做出的改变。可以得知农民收入增大的压力状况逐年持续增加，农业状态比较平稳，但是针对外部压力做出的响应并不积极。一定程度上说明传统耕作畜牧的务农方式带来的产值几近饱和，而农林牧渔服务业正蓬勃发展且所占熵权越来越大。同时农用机械总动力不仅没有上涨反而下降，济南地区农业仍采用粗放式耕种，距离实现农业机械化全自动生产方式仍有相当大的差距，农民收入有非常大的提升潜力。

最后采用 BP 神经网络算法，对影响农民收入的种种因素进行分析归类，整合过去对应的数据信息并建立预测模型，通过使用大量数据参与运算、科学调参等修正，使农民人均年收入的预测集与其真实集的误差率控制在 2% 以内，预测得到 2019 年济南地区农民人均年收入为：18200 元。

模型克服了传统多元线性回归模型只能进行线性回归预测的缺陷，具备强大的非线性映射能力。可以帮助政策制定者认清本地区农业发展的优势与不足，调整农林牧渔业分配比例和产业结构以制定适合本地区发展的政策，推进农业专业化、产业化进程，充分调动农民积极性实现农民收入不断增长。

关键词：农民收入 政策分析 熵权法 神经网络 实证研究

Abstract

This paper is an empirical study of farmers' income growth in Jinan, which is divided into three parts. Firstly, the impact of agricultural policy on farmers' total income is analyzed. It is concluded that the policy has a significant positive effect on income growth, but it has no obvious effect on narrowing the income gap between urban and rural residents. After that, the linear regression model was established to analyze the impact of agricultural policy on farmers' input and the relationship between macroeconomic growth and farmers' income growth.

Secondly, ten macroeconomic indicators, such as rural labor force, total output value of agriculture, forestry, animal husbandry and fishery, total power of agricultural machinery, actual cultivated land area at the end of the year and total grain output, are synthetically selected, and a PSR comprehensive response model is established by using the method of entropy weight. The relationship between the various indicators and the per capita annual income of farmers is studied, and the resistance, restrictive factors and basis encountered in the process of increasing farmers' income are clearly seen. The present situation and the changes needed to achieve income growth in the future. We can know that the pressure of increasing farmers' income is increasing year by year, and the agricultural situation is relatively stable, but the response to external pressure is not positive. To some extent, it shows that the output value of traditional farming and animal husbandry is nearly saturated, while the agriculture, forestry, animal husbandry and fishery services are developing vigorously and occupying more and more entropy weight. At the same time, the total power of agricultural machinery has not increased but decreased. The extensive farming is still used in agriculture in Jinan. There is still a considerable gap between the full-automatic production mode of agricultural mechanization and farmers' income has a great potential to improve.

Finally, the BP artificial neural network algorithm is used to analyze and classify the various factors affecting farmers' income, integrate the corresponding data and information in the past, and establish a prediction model. By using a large number of data to participate in calculation and scientific parameter adjustment, the error rate between the prediction set and the real set of farmers' per capita annual income is controlled within 2%, and the prediction of farmers' per capita annual income in Jinan in 2019 is obtained. Income: 18200 yuan.

The model overcomes the disadvantage that the traditional multiple linear regression model can only predict linear regression, and has strong non-linear mapping ability. It can help policymakers to recognize the advantages and disadvantages of agricultural development in the region, adjust the distribution ratio and industrial structure of agriculture, forestry, animal husbandry and fishery to formulate policies suitable for the development of the region, promote the process of agricultural specialization and industrialization, and fully mobilize farmers' enthusiasm to realize the continuous growth of farmers' income.

Keywords: Farmers' income; Policy Analysis; Entropy Weight Method; Neural Network; Empirical Research

目 录

1. 绪论.....	1
1.1. 选题背景	1
1.2. 研究意义	1
1.3. 相关概念界定	1
1.4. 基本理论与经济学原理	2
1.5. 国内外研究现状	4
1.6. 本文研究内容及目标	5
1.7. 创新之处	5
2. 山东省济南市简介.....	6
3. 济南地区农业政策分析.....	7
3.1. 惠农政策	7
3.2. 政策分析	7
4. 经济增长与农民收入增长关系的研究.....	9
4.1. 协整关系检验	10
4.2. 对数据进行 Granger 因果关系检验	13
4.3. 对模型进行脉冲响应与方差分解	16
4.4. 结论分析	17
5. 基于 PSR 模型和熵权法的综合评价.....	18
5.1. 数据来源	18
5.2. 建立 PSR 模型	18
5.3. 熵权法介绍	19
5.4. 建立熵权法模型	19
5.5. 分析结果	22
5.6. 综合得分	23
5.7. 协调度分析	25
5.8. 结果讨论与研究结论	26
6. 基于 BP 神经网络的济南地区农民收入预测模型.....	27
6.1. 农民收入预测	27
6.2. 文献综述	27
6.3. BP 神经网络相关理论	29
6.4. 建立济南地区农民收入预测神经网络	30
6.5. 结果分析	33
7. 研究结论.....	37
8. 参考文献.....	38
9. 附录.....	40

1. 绪论

1.1. 选题背景

2019年中央一号文件指出,必须坚持把解决好“三农”问题作为全党工作的重中之重,发挥“三农”压舱石作用;并提出决战决胜脱贫攻坚、夯实农业基础、加快补齐农村人居环境和公共服务短板等八个方面的内容。这是2004年以来,中央一号文件连续第16次聚焦“三农问题”。而农民问题是“三农”问题中的核心,集中表现为农民收入低,增收难,城乡居民贫富差距大,实质表现为农民权利得不到保障。同时解决“三农”问题实质是要解决农民增收、农业增长、农村稳定的难题。这是一个关系十四亿人口大国的,经济社会国计民生的大问题^[1]。

济南地区农业生产稳定,种植结构优化。农民收入持续增长。据城乡住户调查结果显示,2018年,农村居民人均可支配收入17924元,比上年增长8.1%。收入来源多样化趋势更加显著,从收入来源看:农村居民经济纯收入中,人均工资性收入达到9476元,与去年相比增长9.3%;另外人均经营净收入达到5795元,去年相比增长1.4%;人均财产净收入达到454元,增长47.0%;人均转移净收入870元,增长33.4%^[2]。

虽然如此,农业振兴之路任重道远,农民增收渠道缺少。目前济南地区部分地区经济还比较落后,青年大多投身二、三产业打工赚钱,农村劳动力数量逐年递减。同时数字上的增长实则为局部地区带动,并未出现全方位、多层次、宽领域的全面增长。尤其是农民人均年收入自1978年起连续增长35年后,2015年首次出现下滑。这表明尽管有国家政策等种种利好因素的支撑,济南地区农业发展所面临的形式依然严峻。

选取济南地区作为本文研究地域对象,是因为济南是我的故乡,祖辈及不少亲戚都是农民,可以更深入和更直观地获得原始数据及近些年来济南地区农民的基本状况。

1.2. 研究意义

解决“三农”问题的核心要义是解放发展生产力,提高农村居民人均收入,不断缩小城乡居民贫富差距,本文希望通过研究影响济南地区农民收入的因素,各因素影响农民收入方式及影响程度大小,找到一条适合济南地区农民收入持续增长的发展道路。

1.3. 相关概念界定

1.3.1. 农民

从职业角度来看,农民指以农业为职业的人,其中包括以种植业、畜牧业、林业等自然经济产业为职业的人,又有称牧民、渔民等。本文研究对象为济南地区全部农村劳动力数量^[3]。

1.3.2. 农民收入

本文研究对象为农民纯收入，即农村居民单纯通过农业劳动渠道得到的总收入^[4]。

1.3.3. 济南地区

济南市作为山东省会、全国十五个副省级城市之一，位于渤海地区南翼中心，同时也是山东省政治、文化、教育、交通和技术中心。

2019年1月，国务院批复同意山东省调整济南市莱芜市行政区划，废除山东省莱芜市，辖区内属济南市管辖；济南市莱芜区成立，莱芜市莱城区行政区为莱芜区行政区；济南市港城区成立，莱芜市原钢区行政区域为钢城区行政区域^[5]。

本文研究对象及相关数据包括济南市下辖的8个市辖区、2个县：市中区、历下区、天桥区、槐荫区、历城区、长清区、章丘区、济阳区、平阴县、商河县。但不包括2019年1月新划归的莱芜区和钢城区^[6]。

1.4. 基本理论与经济学原理

古今中外有大量针对农民收入增长而产生的基本经济学科，大类包含微观经济学、宏观经济学、计量经济学、农业经济学、区域经济学和产业经济学等。

1.4.1. 二元经济结构理论

英国经济学家刘易斯 (W. A. Lewis, 1915-1991) 在1954年发表的文章《劳动无限供给条件下的经济发展》中详细阐述“两个部门结构发展模型”这一概念，表明发展中国家共存两种不同的经济体系，即传统的自给自足的农业经济体系和城市现代工业体系。二者共同构成了“二元经济结构”。

它有三个基本假设：1.无限制的劳动力供给，即劳动远远大于其他生产要素，使劳动力的边际生产力为零。2.二元经济结构，即国民经济中有两个不同的部门，一个是以现代方式生产的资本主义工业部门，一个是以传统方式为基础的农业部门。3.工资水平保持不变，现代工业部门的工资水平取决于传统农业部门的工资水平。

他强调了经济发展的核心要义是资本积累。产出剩余价值越多，资本形成的规模就越大，过剩的农业劳动力就会迅速转移，经济发展进程也就相应飞速提升。

经济发展经历了两个不同的阶段：第一阶段中，由于工业资本比较薄弱，无法吸收所有剩余劳动力。所以无论外部有多大的需求，工业总能在相对不变的工资水平上获得源源不断的劳动供给。此时利润将急剧增加，资本快速积累，剩余劳动力迅速吸收；当资本增长追平劳动供给时，经济发展达到第二阶段：劳动等生产要素的供给弹性极低，工业不再固定不动，技术进步带来的利益也将不全都归于利润。两部门收入将随劳动边际生产率的提高而增加，二元经济模型也将逐步成为一元经济体^[7]。

1.4.2. 新古典经济增长模型

又被称为索罗模型、外生经济增长模型的新古典经济学框架内的经济增长模型是由罗伯特·索罗 (Robert Solow) 在发展经济学中提出的。

- 1.模型假设国民所有储蓄转化为投资, 即假定储蓄-投资转化率为 1;
- 2.该模型假设投资的边际收益率一阶导数为负, 即投资的规模收益不变;

3.该模型使用可由资本和劳动力替代的新古典 Cobb-Douglas 生产函数来纠正 Harold-Dorma 模型的生产技术假设。这解决了 Harold-Dorma 模型中经济增长率和人口增长率不能自发相等的缺陷。在 Cobb-Douglas 生产函数中劳动量是固定常值, 且该模型没有投资预期, 因此避免了经济增长率与实际经济增长率之间的不稳定性, 并得出结论: 经济稳定增长。

索洛增长模型表明: 人均资本拥有量变化率取决于人均收入储蓄率与按照既定资本劳动比率匹配每个新增长人口所需的资本量之间的差额。

一个社会中的人均储蓄率有两个用途: 一是用于人均资本拥有量的增加量, 即为每个人配备更多的资本装备, 这被称作“资本的深化”; 二是用于为每一新增人口提供平均的资本装备, 这被称作“资本的广化”。也就是说, 经济中的全部储蓄转化为投资后, 一部分用于提高人均资本拥有量 (资本的深化), 另一部分则用于为新增人口提供平均数量的资本装备 (资本的广化)。

人均储蓄率有两个用途: 首先是用以增加人均资本量, 即为每个人配备更多的资本设备, 也称作“资本深化”; 第二是为每个新生人口提供平均资本配备。在将经济中的所有储蓄转化为投资之后, 其中一部分用于增加人均资本占有 (资本深化)。另一部分用于为新生人口提供平均数量的资本配备, 即“资本广化”^[8]。

1.4.3. 配第-克拉克定理

英国古典经济学家威廉·配第 (William Petty) 在其《政治算术》首次提出该定理, 1940 年克拉克 (Colin Clark) 基于配第对经济发展状况的研究, 于 1940 年在其著作《经济进步的条件》中, 对不同时期内 40 多个国家和地区的三个行业的劳务投入和产出资料进行分类和总结。提出: 不同产业之间相对收入的差异将鼓励劳动力流向可赚取更高收入的行业。随着人均国民收入水平的提高, 劳动力首先从第一产业流向第二产业; 当人均国民收入水平进一步提高时, 劳动力将会流向第三产业。最终各产业之间的劳动力分配呈现出在第一产业减少、第二、三产业增加的模式。

产业结构理论中, “配第一克拉克定理”表述为: 随着经济的发展, 第一次产业国民收入和劳动力的相对比重逐渐下降; 第二次产业国民收入和劳动力的相对比重上升, 经济进一步发展, 第三次产业国民收入和劳动力的相对比重也开始上升^[9]。

1.4.4. 库兹涅茨法则

基本内容: (1) 随着时间的推移, 农业部门的国民收入占国民总收入的比例和农业劳动力占社会总劳动力的比例逐渐下降。(2) 工业部门国民收入占国民总收入的比例普遍上升, 但工业部门劳动力占社会总劳动力的比例基本不变或略有增加。(3) 服务业劳动力占社会总劳动力的比例和服务业中国民收入占国民总收入的比例基本处上升态势。

从农业产业结构调整的角度看, 随着经济的不断发展, 农业, 林业, 畜牧业和渔业在第一产

业中的比重不断调整。具体表现是种植业比重下降, 林业, 畜牧业和渔业比重增加; 农作物中传统粮食作物的比例逐渐下降, 经济作物的比例逐渐增加^[10]。

其他模型基本原理将会在各章节分别介绍。

1.5. 国内外研究现状

1.5.1. 国外研究现状

(1) 产业结构优化升级角度。

D. Gale Johnson(1959)认为制约农民收入水平增长的关键因素是农业部门过饱和, 存在着的大量过剩劳动力供给远大于需求, 提出要解决这一难题, 需要引导这部分过剩劳动力转移到工业生产中, 同时加大农业自动化、科技化、机械化、工业化水平^[11]。Lerman(2004)认为解决农民增收难题的关键在于传统农业模式转型和结构调整升级, 从以前粗放式经营发展转向规模化、集约化、专业化生产, 在提高农产品利润水平的同时, 还可以打造农产品品牌价值, 提高市场竞争力, 甚至产生品牌溢价, 成为农民收入增长的重要推手^[12]。

(2) 造成农民收入结构性差异原因。

Gregory Veeck 和 Clifton W. Pannell(1989)认为农民收入的结构性差异主要由地理因素决定——靠近城镇的农民, 总收入中第二三产业所占比重较高, 基本不需要进行传统农业生产; 然而地理位置远离城镇的农民, 总收入中第一产业占较高比重, 主要体现在家庭经营性收入^[13]。

(3) 制约农民收入增长因素。

North Douglass C.(1990)认为当前制约农民收入提高的因素主要体现在农村生产力的相对落后和技术水平相对较低。当务之急是解放和发展农村生产力, 提高科技化水平^[14]。

1.5.2. 国内研究现状

(1) 构造模型对各影响因素进行多元结构分析。

朱晟坤(2017)通过对山西省运城市 13 县市 2011 年~2016 年农民种植业收入、畜牧业收入、第二、三产业收入、外出劳务收入的 Panel Data 进行实证分析, 并结合图表分析法、比较分析法等探究问题。最后根据当地的实际状况和我国国情, 提出了增加农民收入的对策建议^[15]。杨雪(2009)采用多元统计法对我国农民收入和消费结构进行研究, 得出我国农村居民消费结构处于由生存主导型向投资主导型过度阶段^[16]。周海燕(2018)以江西省为例, 通过建立索罗模型分析了农村政策对农民收入的贡献程度, 并进一步求得二者的耦合关系。得出农村政策对农民增收的影响效应, 和针对如何解决农民收入增长缓慢的问题, 结合江西省实际情况, 提出贯彻城乡统筹发展思路, 实现农业发展的可持续性^[17]。刘琦(2018)分析了工业化, 人口转型与农民收入之间的理论框架, 认为工业化导致了人口转型。人口转变带来的资本深化是农民收入增长的主要解释变量。在优化部门机构、解决农村劳务转移困难、引导现代部门支持农村教育、加强农村基础设施建设等方面提出了政策建议^[18]。

(2) 对各影响因素进行一元/多元线性分析。

翁贞林(2003)采用多元线性回归模型,选取农产品收购价格指数、农村劳动力中从事非农劳动力占农村劳动力总数的比重、非农人口占总人口的比重、第二三产业从业人数占社会从业人数比重、第二三产业增加值占 GDP 的比重、农业产值占农林牧渔业总产值的比重、初中以上文化程度占劳动力总数的比重等七个因素综合分析对江西省农民收入产生的影响程度^[19]。聂传定(2006)采用多元线性回归模型,分析现阶段农民家庭经营性收入的两个影响因素,定量分析提高农民工受教育程度对提高农民收入水平的必要性^[20]。张海燕(2010)综合选取农林牧渔业产值、人均生产费用支出、人均用电量、转移性收入等变量,建立多元线性回归模型,为预测四川农村居民的收入增长趋势提供了工具,同时为四川农村地区的政策措施提供了参考建议^[21]。胡瑞丽(2007)通过构造对数-线性模型验证了农民收入增长低于 GDP 增长的事实,又对粮食产量、农业人口、财政对农业基础设施影响程度进行实证分析,得出产量和投资对农民收入产生程度较大的正向影响,农业人口产生程度较小的负向作用^[22]。唐敏(2007)运用柯布-道格拉斯生产函数,选取农业劳动力、有效耕地面积、单位土地农业机械动力、单位土地化肥施用量、财政用于农业支出、城乡居民收入比、基尼系数等 10 个变量综合分析,建立多元回归模型,并对各因素的贡献率量化,得出最适合农民收入发展的政策建议^[23]。郭威威(2015)从 2000 年到 2012 年中选择了农业机械化投资相关指标数据,建立了多元线性回归模型。综合分析各种因素对农业增效和农民增收的影响^[24]。

1.6. 本文研究内容及目标

本文分为三部分,首先分析农业政策对农民总收入影响作用,后通过建立线性回归模型,分析农业政策对农民输入影响、宏观经济增长与农民收入增长的关系。其次综合选取农村劳动力、农林牧渔业总产值、农用机械总动力、年末实有耕地面积(千公顷)、粮食总产量等十个宏观经济指标,运用熵权法,建立了 PSR 综合反应模型,研究多个指标对农民人均年收入的作用关系,可以清晰地看到农民收入增长过程中遇到的阻力与限制因素、基本现状与未来实现增收所需做出的改变。最后采用 BP 人工神经网络算法,对影响农民收入的种种因素进行分析归类,整合过去对应的数据信息并建立预测模型。可以帮助政策制定者认清本地区农业发展的优势与不足,调整农林牧渔业分配比例和产业结构以制定适合本地区发展的政策,推进农业专业化、产业化进程,充分调动农民积极性实现农民收入不断增长。

1.7. 创新之处

第 4 章采用的 PSR 模型与熵权法对我国农民收入影响的实证分析,在此之前无人使用该方法,本文可能属农业经济领域的首篇。同时第 4 章采用的结合熵权法,基于 BP 神经网络对农民收入预测结果显示,既让预测值与真实值的误差率控制在 2% 的极低范围内,又通过把数据集一分为二,分为训练集和测试集,将测试集输入使用训练集训练成功的网络。通过编程设定了一个最高误差限,对于超过误差限的训练网络弃用,并重新训练直到满足既定误差要求。解决了过拟合问题,预测精度大大提升。

2. 山东省济南市简介



图 2-1 济南行政区划

济南市位于山东省中部，地理位置在北纬 36°01'和 37°32'之间，东经 116°11'到 117°44'。面积 7998 平方公里。南部是泰山，北部是黄河平原。境内河流诸多，主要包括黄河和小清河两大水系，除此之外还有南北大沙河、玉符河等。湖泊有大明湖、白云湖等。济南属暖温带大陆性气候，春季干燥夏季多雨。年平均气温 13.5°C-15.5°C，年无霜期约 230 天，降水量 600-900 毫米。

济南矿产资源丰富，主要有铁、煤、花岗岩、耐火粘土和各种稀有金属、有色金属，稀有金属包括铜、钾、铂、钴等。值得一提的是境内石灰石储备量较大，且具有较高品位。花岗岩中的黑色花岗石质地纯正，是国家独有的。森林资源主要有两类：树木和灌木。南部山区盛产苹果、黄梨、柿子、核桃、山楂、栗子等，并特产多种草本植物，如远志、丹参、野菊和香附等。北方黄河沿岸的平原同样也盛产大枣。济南的种植和养殖资源也十分丰富，有多钟粮食作物、经济作物、家禽、牲畜和水产品。这些资源为济南城乡建设和经济发展提供了一定的物质基础。

济南市下辖的 9 个市辖区、2 个县：市中区、历下区、天桥区、槐荫区、历城区、长清区、章丘区、济阳区、钢城区、平阴县、商河县。截至 2016 年底，全市常住人口为 723 万人，登记总人口为 632.8 万人。

新中国建立后，济南市始终是中国东部沿海经济大省—山东省省会。是全国副省级城市之一，环渤海地区南翼的中心城市，是全省的政治、文化、教育、经济、交通和科技中心，是山东半岛城市群和济南都市圈核心城市。济南是全国区域性金融中心，2016 年年末金融机构本外币各项存款余额达 15537.4 亿元，各项贷款余额 13096.1 亿元^[25]。

3. 济南地区农业政策分析

3.1. 惠农政策

落实中央农村工作会议、中央一号文件和“两会”精神，贯彻落实乡村振兴战略，2017年中央财政继续加大支农投入，加强项目整体整合，完善资金使用管理机制，提出了以下几点政策。

1) 农民直接补贴

包括耕地地力保护补贴：确保有耕地承包权的农民可以直接从中受益，并引导他们自觉提高耕地地力。补贴条件与标准结合地区实际情况而定；农机购置补贴：对于从事农业生产的个人和组织，提供用于保证粮食等农产品生产所需的63个品目的传统农机和绿色农机购置补贴等。

2) 支持新型农业经营主体发展

新型农业经营主体包括推进建立职业农民制度、农民合作社和家庭农场能力建设、农业生产社会化服务以及农业信贷担保体系建设等四个方面。

3) 支持农业结构调整

大力推进优势特色主导农业产业发展。支持各乡镇以促进产业发展和农民增收为目标，围绕具有区域优势、地方特色的农业主导产业，着力发展优势特色主导农业产业带和重点生产区域。

4) 支持农村产业融合发展

对于现代农业产业园的建设，财政通过以奖代补的方式给予支持；深化农村一二三产业融合发展，支持农业产业化，培育农业发展新模式；信息进村入户才去市场化运营，财政给予补贴支持。

5) 支持绿色高效技术推广服务

推动增加绿色优质农产品供给，构建高产高效绿色产业链；支持各乡镇根据实际情况，积极开展农机深松整地作业，打破犁底层等^[26]。

3.2. 政策分析

在全面建成小康社会的决胜时期，“三农”领域仍面临诸多挑战。在国内经济下行压力持续加大、外部国际环境正发生剧烈变化的等诸多复杂形势下，如何做好“三农”工作具有重要意义。所以我们必须要坚持把解决好“三农”问题作为全党工作重中之重，毫不动摇地巩固和发展农业与农村的好形势，尽最大努力改善和提高农村居民的生活水平。

在功能布局方面，规划提出要构建“四区引领、三园示范、三区同建”的农业新旧动能转换格局。“四区引领”指发挥好农村改革试验区、农业绿色发展试点先行区、现代农业示范区和农业对外开放试验示范区的引领作用；“三园示范”指搭建好现代农业产业园、农业科技园、农村创业园示范平台；“三区同建”指建设好粮食生产功能区、重要农产品生产保

护区和特色农产品优势区。

规划围绕结构调整、产业融合、质量品牌、科技创新、主体培育、农村改革等方面，加大力度，继续推进济南地区农业发展新旧动能转换的“六大”重点任务。

挖掘结构调整新动能。调整新型产业与产品结构，不断扩大和加强优势特色产业，持续增强传统产业的活力。把粮经饲种植结构调整放在重点、扩大和加强高效特色产业、同时促进提高畜牧业的质量与效益等工作。

培育跨界融合新动能。积极发展农业“新六产”，推动农业从过去的单一产业向全链条、多功能、新业态发展的动能转换。加大力度发展农产品加工业、加快休闲农业和乡村旅游业发展进程、积攒力量不断提高农村电商发展活力、全力做好农业生产服务业等工作。

强化品牌引领新动能。不断提高标准、引领高端产业发展方向，逐步推动农业从过去依赖数量规模粗放式扩张，转向依质量以兴农、靠品牌来富农的新旧模式动能转换。着重做好培育、发展、壮大区域公共品牌、引领打造企业产品与品牌。

增强创新驱动新动能。促进产业智慧化和智慧产业化，不断促进从过去依赖资源拼消耗的旧模式，转向依靠科技、绿色发展新模式的动能转换。重点推进农业科技创新、加大力度发展和提高现代种业、智慧农业水平，以政策引领和财政补贴等方式，不断提高农业机械现代化水平和进程。

提升主体培育新动能。全力开展机制创新工作，重点引领农业从过去小规模、分散化经营模式，转向新型经营主体适度规模经营的新旧动能转换。引领和促进新型经营主体发展、推动农业社会化服务不断完善、同时兼顾农村人才队伍建设。

激发农村改革新动能。不断深化农业农村改革，充分激发和调动农业农村的内生发展动力。不断深化农村农业集体产权制度改革、持续推进土地确权登记颁证成果应用、推进农业农村创业创新体制机制建设等工作。

总体而言，济南地区农业种植结构继续调整，各类作物播种面积与同比分析如下表所示：

表 3-1 济南市地区各类作物播种面积

品类	播种面积 (万亩)	与去年相比
全年粮食作物	642.2	+1.0%
棉花	11.9	-20.6%
油料	17.7	-0.5%
蔬菜	137	-3.6%
实有果园	46.5	+0.2%

各品类产量如下：

表 3-2 济南市地区各类作物产量

品类	产量 (万吨)	与去年相比
粮食总产量	258.4	+0.4%
棉花	1.0	-24.8%
油料	4.2	1.7%
蔬菜	614.2	-3.2%
水果	51.5	+3.9%

林牧渔生产总体保持平稳，全年造林 5.7 万亩，新育苗 2.4 万亩。肉类总产值 35.9 万吨，

与去年基本持平；禽蛋 33.1 万吨，比去年减少 5.7%；奶类产量 30.7 万吨，增长 18.8%，水产养殖总面积 10 万亩，减少 5.7%；水产品产量 4.1 万吨，减少 12.8%。

农业产业化水平不断提高，市级农业龙头企业总量 420 家，新认定 35 家；农民专业合作社新登记 527 家，总量达 6416 家。新创建国家级畜禽养殖标准化示范场 4 处，省级 13 处，市级 17 处。

农民收入分析

1) 农民收入结构变化

收入来源的绝对数来看，构成济南地区农民人均纯收入的工资性收入、经营净收入、财产净收入、转移净收入总体呈增长态势。农村居民工资性收入 9476 元，增幅达 8.1%；经营净收入 5795 元，增幅达 9.3%，财产净收入 454 元，增幅达 47%；转移净收入 870 元，增幅 33.4%。

2) 收入差异分析

1978 年改革开放以来，济南地区农民收入增长经历了持续增长、缓慢增长、快速增长、缓慢增长四个阶段。近几年来，农民收入增速放缓，城乡居民收入差额绝对量在逐渐增大，两部制收入不断增长的同时，差额所占农村居民收入比也在不断扩大。

表 3-3 济南市地区城乡居民收入差异

年份	城镇居民人均收入	农村居民人均收入	收入差距	差距占农民收入比
1978	337.8	110.5	227.3	2.057014
1990	1619.5	731.1	888.4	1.215155
1995	4720.6	1812.7	2907.9	1.604182
2000	8471.3	3046.8	5424.5	1.780393
2005	13578.5	4812.3	8766.2	1.821624
2010	25321.1	8903.3	16417.8	1.844013
2015	39888.7	14231.8	25656.9	1.802787
2016	43052.2	15345.6	27706.6	1.805508
2017	46642.4	16593.8	30048.6	1.810833

综上，通过对 2017 年济南地区农业政策分析和对农民收入影响效果分析，得出政策对于收入增长产生是分显著的正效应，但对于缩小城乡居民收入差异作用效果不明显。

4. 经济增长与农民收入增长关系的研究

从宏观经济学角度来看，经济增长是一经济体包括产品和提供的劳务在内的实际总产出，在一个相对较长的时期内持续增长，也是按人口平均计算的真正产出的不断增长。国内生产总值、人均国内生产总值等宏观经济指标的不断增长，势必会推动国民收入增加，农民收入的增长必然提高消费水平。根据新古典综合学派基于经济增长理论的索罗模型，我们得知，储蓄率是维持资本存量的决定性因素，短期内与之对应资本的黄金率（资本的边际产量等于折旧率）水平相对稳定，故经济增长与国民收入水平相互作用，本章通过协整关系检验、向量自回归模型(Vector Autoregression)、Granger 因果关系检验、脉冲响应与方差分解分析济南地区农民收入增长与地区宏观经济增长之间的关系。

4.1. 协整关系检验

本节选取地区生产总值 (GDP)、当年年末总人口数 (Population)、GDP 指数 (GDPIndex)、GDP 可比指数 (CompIndex)、实际 GDP (RealGDP)、人均实际 GDP (AvgGDP)、农村居民人均年收入 (Income) 作为宏观研究指标, 为剔除物价波动、通货膨胀等客观因素的影响, 增加不同年份之间可比性, 二元性数据采用真实值, 可比值进行实证分析。详细数据见下表。

表 4-4 济南市地区生产总值及人均地区生产总值

年份	GDP (万元)	GDP 指数 (1978=100)	可比指数 (1978=100)	年末总人口数 (万人)	可比价人均 GDP (元/人)	实际 GDP (万元)
1978	235993	100.00	100.00	450.67	523.65	235993.00
1979	265619	113.00	113.00	456.37	584.33	266672.09
1980	288001	126.17	126.17	458.61	649.26	297758.90
1981	315623	138.64	138.64	467.93	699.18	327169.14
1982	360552	146.45	146.45	474.23	728.78	345607.19
1983	420075	177.23	177.23	479.38	872.46	418240.32
1984	479948	208.26	208.26	483.85	1015.79	491487.75
1985	613741	240.79	240.79	488.39	1163.53	568258.43
1986	712831	274.11	274.11	494.06	1309.32	646883.01
1987	845431	334.68	334.68	501.03	1576.39	789816.75
1988	1142249	401.95	401.95	507.18	1870.29	948573.58
1989	1258319	575.98	575.98	513.39	2647.65	1359276.31
1990	1382350	550.26	550.26	523.60	2480.11	1298585.21
1991	1633920	634.38	634.38	527.43	2838.45	1497085.05
1992	2078386	780.98	780.98	530.70	3472.89	1843061.76
1993	2707637	1081.50	1081.50	533.53	4783.72	2552258.01
1994	3718760	1392.87	1392.87	537.31	6117.64	3287071.32
1995	4735176	1873.62	1873.62	542.12	8156.14	4421605.64
1996	5808366	2273.35	2273.35	543.45	9872.03	5364954.41
1997	7099490	2827.97	2827.97	549.20	12151.88	6673812.53
1998	8021619	3597.98	3597.98	553.54	15339.43	8490990.04
1999	8813156	3868.17	3868.17	557.63	16370.36	9128602.42
2000	9441315	4223.72	4223.72	562.65	17715.59	9967679.44
2001	10579155	4484.76	4484.76	569.00	18600.55	10583714.12
2002	11901167	5025.25	5025.25	575.01	20624.39	11859232.76
2003	13521540	5708.70	5708.70	582.56	23125.72	13472121.04
2004	16002700	6560.43	6560.43	590.08	26237.40	15482163.30
2005	18462792	7838.84	7838.84	597.44	30963.98	18499121.20
2006	21615316	9043.91	9043.91	603.35	35374.14	21342987.55
2007	25001427	10597.31	10597.31	604.85	41347.31	25008920.61

2008	30067703	12268.01	12268.01	603.99	47933.99	28951652.47
2009	33409059	14397.25	14397.25	603.27	56320.56	33976504.39
2010	39105271	15883.93	15883.93	604.08	62052.98	37484964.20
2011	44062900	18674.98	18674.98	606.64	72648.75	44071640.42
2012	48126800	20650.43	20650.43	609.21	79994.69	48733567.40
2013	52302000	22330.68	22330.68	613.25	85933.71	52698846.00
2014	57706000	24290.12	24290.12	621.61	92216.97	57322992.00
2015	61002300	26604.23	26604.23	625.73	100337.41	62784128.00
2016	65863100	27942.98	27942.98	632.83	104204.11	65943486.30
2017	71516300	30085.82	30085.82	643.62	110314.19	71000421.80
2018	78565600	32728.77	32728.77	651.34	118582.62	77237604.00

4.1.1. 平稳性分析

单位根检验 (Unit Root Test) 是检验时序类数据是否平稳的重要指标。数据平稳性, 即某时间序列剔除了不变的均值 (可视作截距) 和时间趋势后, 剩余的序列为零均值, 同方差即白噪声。李子奈指出, 非平稳的经济时间序列往往表现出共同的变化趋势, 而这些序列间本身不一定有直接的关联, 如果对这些数据进行回归运算, 即便有较高的 R^2 , 但其结果是没有任何实际意义的。这种情况称为伪回归 (spurious regression) [27]。

ADF 检验 (Augmented Dickey-Fuller) 通过在回归方程右边加入因变量 y_t 的滞后差分项以控制高阶序列相关。其一般形式为:

$$\Delta y_t = \sum_{i=1}^k \beta_i y_{t-i} + \gamma y_{t-1} + \mu_t$$

$$\Delta y_t = \sum_{i=1}^k \beta_i y_{t-i} + \gamma y_{t-1} + \mu_t + c$$

$$\Delta y_t = \sum_{i=1}^k \beta_i y_{t-i} + \gamma y_{t-1} + \mu_t + c + \delta_t$$

其中 c 为常数项, δt 为时间趋势项, β_i 为滞后差分项的回归系数。ADF 检验的原假设 H_0 为: 序列至少存在一个单位根; 备择假设 H_1 为: 序列不存在单位根。

假设检验中, 倘若 ADF 统计量为负且绝对值比 1% 置信水平统计量的绝对值还大, 则拒绝原假设, 即认为该时序数据是平稳的; 此外, 若 ADF 统计量不服从标准 t 分布, 则需参考检验结果中的临界值。如果序列的一阶差分平稳, 则记为一阶单整 I(1), 为非平稳, 则可进行二阶差分继续检验。

本节中, 为消除变量巨大波动带来的影响, 对人均真实 GDP(AvgGDP)、人均年收入 (Income) 变量取自然对数。通过 Eviews 8.0 计算得下表:

表 4-5 ADF 单位根检验结果

指标	$D\ln AvgGDP$	$D^2\ln AvgGDP$	$D\ln Income$	$D^2\ln Income$
检验方式	(C, 0, 0)	(C, 0, 0)	(C, 0, 0)	(C, 0, 0)
ADF	-4.501420	-10.49530	-5.401765	-12.95248
1%	-3.610453	-3.615588	-3.610453	-3.615588
5%	-2.938987	-2.941145	-2.938987	-2.941145
10%	-2.607932	-2.609066	-2.607932	-2.609066
AIC	-2.191893	-2.024380	-2.213326	-2.308537
SC	-2.106582	-1.938191	-2.128015	-2.222349

经过不断调试滞后项数量，计算发现 $\ln AvgGDP$ 和 $\ln Income$ 皆为非平稳序列，进行一阶差分后均表现平稳，二阶差分显著性大大提高。

4.1.2. 协整检验

经过 ADF 检验后， $\ln AvgGDP$ 和 $\ln Income$ 在一阶差分后都实现了序列平稳。经济学常识可知，经济发展的成果由劳动者共享，由图可知，二者存在协整关系，变化趋势相似，在互相促进中都实现了长期均衡的发展。

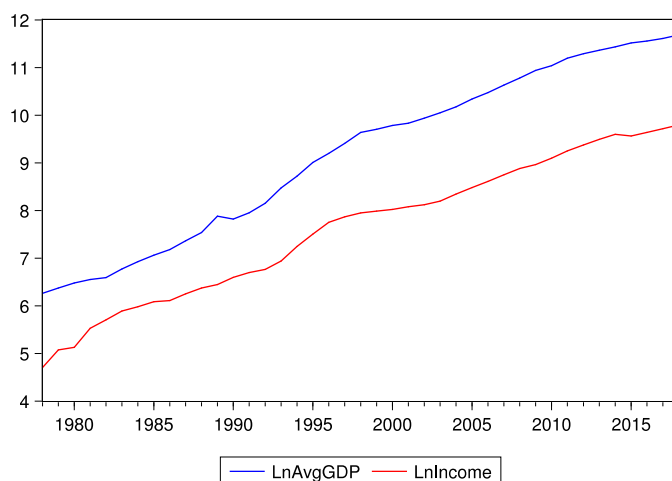


图 4-2 二者的协整关系

通过最小二乘法建立逐步 $\ln AvgGDP$ 和 $\ln Income$ 的回归模型：

$$\ln Income = \frac{0.822257 \ln AvgGDP}{(63.49951)} + \frac{0.068822}{(0.568074)}$$

$$\overline{R^2} = 0.990420 \quad R^2 = 0.990175 \quad F = 4032.188 \quad Dw = 0.464473$$

检验结果显示，D.W.统计量过小，存在变量自相关，无法通过检验，调整滞后项数量后，得到分布滞后模型并绘制出回归方程的实际值，拟合值和残差折线图：

$$\begin{aligned}
 \ln Income &= 0.4510 \ln AvgGDP + 0.28636 \ln AvgGDP_{-1} \\
 &\quad + 0.06062 \ln AvgGDP_{-2} + 0.3698 \\
 &\quad \frac{(1.890779)}{\quad} \quad \frac{(0.765300)}{\quad} \quad \frac{(0.257553)}{\quad} \quad \frac{(0.118356)}{\quad} \\
 R^2 &= 0.993980 \quad \overline{R^2} = 0.993464 \quad F = 1926.378 \quad Dw = 2.156341
 \end{aligned}$$

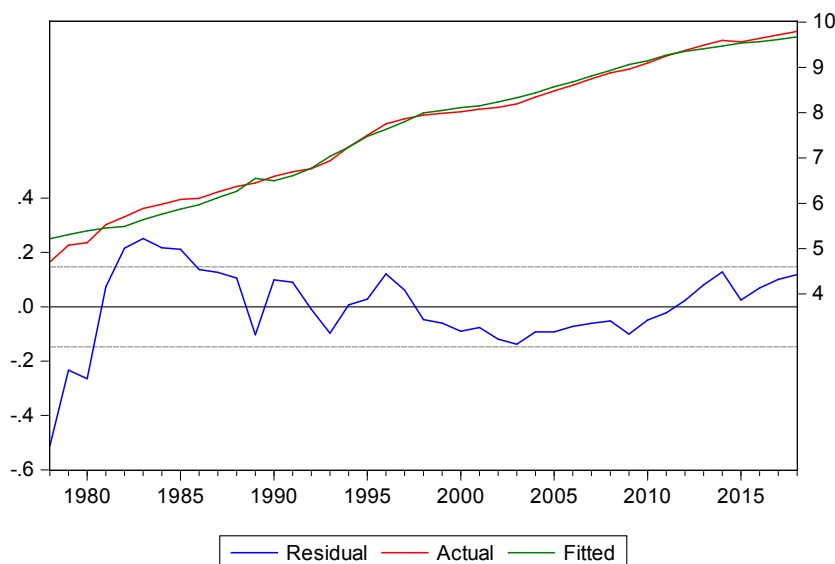


图 4-3 回归拟合图

D.W.统计量显著，自相关得以消除，对序列残差进行 ADF 单位根检验，结果显示残差 ADF 统计量显著，残差序列平稳，所以 $\ln AvgGDP$ 和 $\ln Income$ 存在协整关系。

表 4-6 残差 ADF 检验结果

ADF	1% Level	-3.615588	Prob.
-4.064763	5% Level	-2.941145	0.0031
	10% Level	-2.609066	

4.2. 对数据进行 Granger 因果关系检验

4.2.1. Granger 理论

Granger 理论是 Granger(1969)提出的关于如何检验变量之间因果关系的理论方法，它解决了 A 是否会引起 B 的问题。基本原理为观测现在的 B 能够在多大程度上被过去的 A 所解释，加入 A 的滞后值是否使解释程度增加，如果 A 在 B 的预测中有帮助，则可以说 A 是 B 的 Granger 原因[28]。计算原理如下：

$$Y_t = \sum_{i=1}^m a_i X_{t-i} + \sum_{i=1}^m \beta_i Y_{t-i} + \mu_{1,t}$$

$$X_t = \sum_{i=1}^m \lambda_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^m \delta_i X_{t-i} + \mu_{2,t}$$

其中表示常数项,

X 对 Y 有单方向影响: α 整体不为 0, λ 整体为 0;

Y 对 X 有单方向影响: λ 整体不为 0, α 整体为 0;

Y 与 X 之间存在双向影响: α 和 λ 整体不为 0;

Y 与 X 之间存在双向影响: α 和 λ 整体为 0。

原假设 H_0 : X 不是引起 Y 的 Granger 原因 \Leftrightarrow 检验 $H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_m = 0$ 成立。

Granger 因果关系检验是通过受约束的 F 检验完成:

$$F = \frac{(RSS_R - RSS_U) / m}{RSS_U / (n - k)}$$

如果 $F > F_\alpha(m, n - k)$, 则拒绝原假设。

如果 $F < F_\alpha(m, n - k)$, 则接受原假设。

Granger 因果关系检验对于滞后期长度有着非常敏感的反应, 不同滞后期的选择常常得到完全不同的检验结果。本文通过 AIC 赤池信息准则和 SC 施瓦茨准则作为滞后项确定的依据。

AIC 赤池信息准则 (Akaike information criterion), 是衡量统计模型拟合优良性 (Goodness of fit) 的一种标准, 由日本统计学家赤池弘次创立和发展的。它建立在熵的概念基础上, 可以权衡所估计模型的复杂度和此模型拟合数据的优良性^[29]。计算方法:

$$AIC = -2 \left(\frac{\log L}{T} \right) + 2k/T$$

$$\log L = -\frac{T}{2} \cdot \log(2\pi) - \frac{T}{2} \log \left(\frac{d^2}{T} \right) - \frac{T}{2}$$

其中 $\log L$ 表示对数似然函数的极大值, T 为样本容量, d^2 为向量形式表示的残差平方和, k 表示模型中变量的最大滞后期。随着 k 值的变化, AIC 存在极小值。

SC 施瓦茨准则 (Schwarz), 与 AIC 共享同一个 $\log L$ 变量算法, SC 准则同样也因 k 的变化存在极小值。

$$SC = -2 \left(\frac{\log L}{T} \right) + 2k \log T / T$$

$$\log L = -\frac{T}{2} \cdot \log(2\pi) - \frac{T}{2} \log \left(\frac{d^2}{T} \right) - \frac{T}{2}$$

由模型可知, 随着 $\log L$ 的不断增大, AIC、SC 统计量不断变小, 说明模型越精确; 同样 k 值变小, AIC、SC 统计量也会不断变小, 说明模型更简洁。所以在无其他约束条件下的实际检验中, 默认 AIC、SC 值越小越好。

4.2.2. Granger 因果关系检验

由于 $LnAvgGDP$ 和 $LnIncome$ 序列皆为 $I(1)$ 型, 故建立 VAR 模型:

$$LnAvgGDP_t = \sum_{i=1}^p \alpha_i LnAvgGDP_{t-i} + \sum_{i=1}^p \beta_i LnIncome_{t-i} + \varepsilon_{1,t}$$

$$LnIncome_t = \sum_{i=1}^p \lambda_i LnIncome_{t-i} + \sum_{i=1}^p \delta_i LnAvgGDP_{t-i} + \varepsilon_{2,t}$$

经过 Eviews 8.0 对上述模型进行检验, 得到下表检验指标结果, 运用 AIC、SC 准则可知, 当滞后项 $k = 2$, 即二阶滞后时, Granger 因果关系检验结果最优。

表 4-7 AIC、SC 参数结果

Lag	1	2	3	4	5	6	7
AIC	-4.92312	-5.65858	-5.65775	-5.58799	-5.5462	-5.4926	-5.95098*
SC	-4.56398	-5.1198*	-4.93946	-4.69013	-4.4687	-4.2356	-4.51440
LR	82.97842	27.18098	6.095933	3.972913	4.25706	3.633974	12.48616*

对序列进行 Granger 因果关系检验, 结果如下:

表 4-8 Granger 因果检验结果

Null Hypothesis:	Lag	Obs.	F-Statistic	Prob.
LNINCOME does not Granger Cause LNAVGGDP	1	40	1.68491	0.2023
LNAVGGDP does not Granger Cause LNINCOME			12.1205	0.0013
LNINCOME does not Granger Cause LNAVGGDP	2	39	1.15939	0.3258
LNAVGGDP does not Granger Cause LNINCOME			4.53764	0.0079
LNINCOME does not Granger Cause LNAVGGDP	3	38	0.60002	0.6199
LNAVGGDP does not Granger Cause LNINCOME			8.39924	0.0003
LNINCOME does not Granger Cause LNAVGGDP	4	37	1.77622	0.1617
LNAVGGDP does not Granger Cause LNINCOME			4.65581	0.0052
LNINCOME does not Granger Cause LNAVGGDP	5	36	2.06370	0.1040
LNAVGGDP does not Granger Cause LNINCOME			3.62219	0.0133
LNINCOME does not Granger Cause LNAVGGDP	6	35	3.10570	0.0233
LNAVGGDP does not Granger Cause LNINCOME			2.62255	0.0451
LNINCOME does not Granger Cause LNAVGGDP	7	34	2.66848	0.0420
LNAVGGDP does not Granger Cause LNINCOME			2.38159	0.0628

在二阶滞后条件下, 观测样本为 39, 属于统计理论的大样本, 结果有效。表中检验结果可知, 人均年收入不是人均 GDP 的 Granger 原因概率为 0.32, 人均 GDP 不是人均年收入的 Granger 原因概率为 0.0079, 如果置信区间为 0.01, $0.0079 < 0.001$, 故农民人均 GDP 是人均年收入的 Granger 原因, 而农民人均年收入不是人均 GDP 的 Granger 原因。

通过其他滞后阶数的 Granger 因果关系检验结果中也不难看出, 除 7 阶之外, 其他阶数

检验结果均支持上述结论。由此可知，农民人均年收入是由于 GDP 的不断增长而拉动上升的，但农民收入的不断增长对 GDP 的上涨没有多大影响。

4.3. 对模型进行脉冲响应与方差分解

4.3.1. 脉冲响应

脉冲响应函数描述了 VAR 模型中内生变量对其他内生变量的影响。为了进一步检验人均 GDP 对农民人均年收入的冲击效应和反映程度，可以通过脉冲响应和方差分解进行实证分析。本文通过 Monte Carlo 算法反复迭代 100 次，10 期脉冲，Cholesky 自由度调节分解法，在 VAR 自回归模型基础上对人均年收入和人均 GDP 序列进行脉冲响应计算。动态反映如图所示。

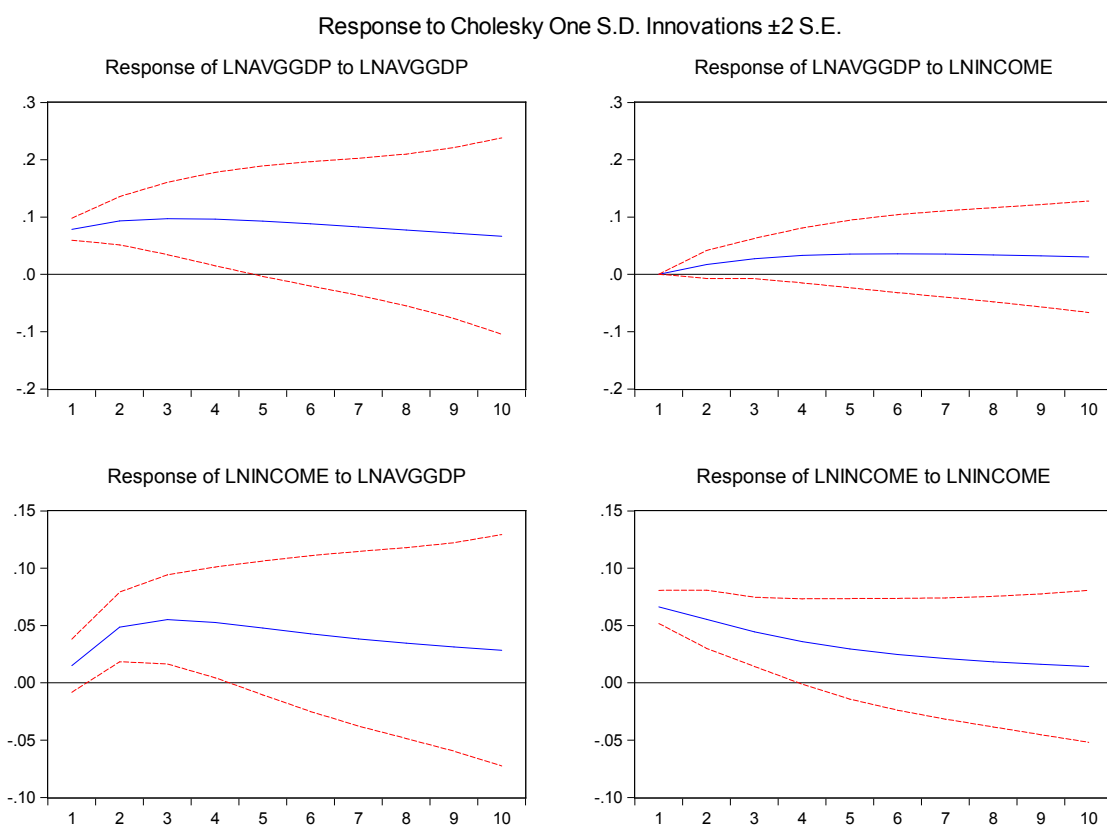


图 4-4 脉冲响应结果

由脉冲响应图可以看出，人均 GDP 对人均年收入产生始终为正的冲击，前 4 期冲击响应不断上升，之后逐渐稳定且略有下降；人均年收入对人均 GDP 同样产生正向冲击，但在第 3 期达到峰值 0.05423 后逐步下降。但始终为正。

4.3.2. 方差分解

方差分解 (Variance Decomposition) 是分析每一个冲击对内生变量变动的影响程度，更进一步评价不同冲击的贡献度。通过 Eviews 8.0 对 VAR 模型进行方差分解，得到图：

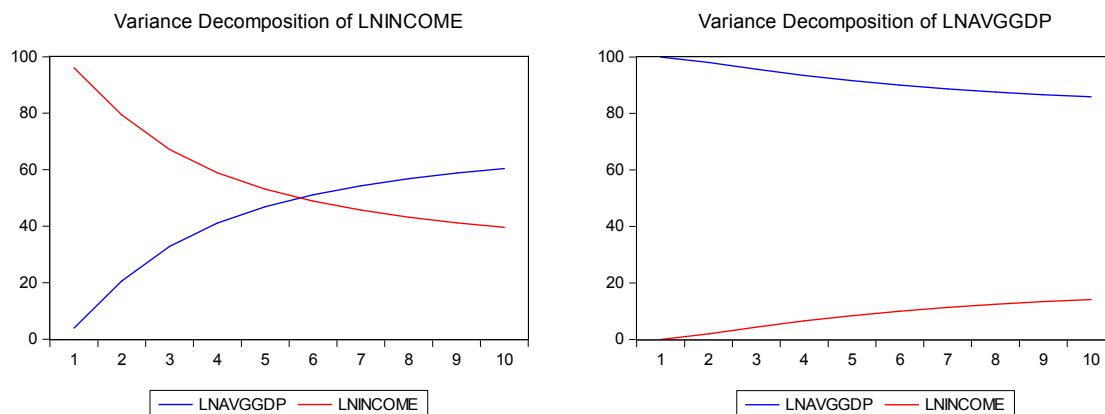


图 4-5 方差分解结果

4.4. 结论分析

图中我们可以看到，对农民人均年收入的来讲，其自身的影响逐渐降低，第 6 期已经减至不到 50%，人均 GDP 对其影响逐期上升；对于人均 GDP 而言，虽然其自身仍然占有绝对地位，但到第 10 期对自身的影响已降至 80%，农民人均年收入的作用越发显现。

根据新古典综合学派基于经济增长理论，政府要充分调动农民消费的积极性，让人均年收入逐渐成为 GDP 增长的 Granger 原因，同时人均 GDP 继续带动农民人均年收入的不断提高，实现二者的长期均衡状态。

5. 基于 PSR 模型和熵权法的综合评价

本章研究对象为济南地区全体农民，研究涉及的参数指标有：农村劳动力（万人）、农林牧渔业总产值（亿元）、农用机械总动力（万千瓦）、年末实有耕地面积（千公顷）、粮食总产量（万吨）、蔬菜总产量（万吨）、肉类总产量（万吨）、粮食单产（千克/公顷）、居民人均 GDP、农民人均年收入。十个宏观经济指标。

5.1. 数据来源

全部数据来源于《济南市统计年鉴》(2018)。

5.2. 建立 PSR 模型

PSR (Pressure-State-Response)，即压力，状态，响应。最初是由加拿大统计学家 David J. Rapport 和 Tony Friend (1979) 提出。PSR 模型使用“压力—状态—响应”这一思维逻辑，它回答了“是什么、为什么、怎么做”3 个可持续发展的基本问题，特别是它提出的所评价对象的压力-状态-响应指标与参照标准相对比的模式受到了很多国内外学者的推崇，广泛地应用于区域环境可持续发展指标体系研究、农业可持续发展评价指标体系研究以及环境保护投资分析等领域。本章使用 PSR 模型研究多个指标对农民人均年收入的作用关系，可以清晰地看到农民收入增长过程中遇到的阻力与限制因素、基本现状与未来实现增收所需做出的改变。

5.2.1. 构建 PSR 模型

农民人均年收入是一个随时间推移不断波动变化的经济指标，受很多宏观经济指标和因素的影响，本章将农民人均年收入作为目的指标，将拟订的十余个影响因素划归到压力系统、状态系统和响应系统中，构筑 PSR 模型对目标体系进行综合考量。

划分依据：考虑各指标与农民人均年收入的关系，压力系统中子指标的变化会对农民收入产生抑制作用；状态系统中子指标反映了在当前资源配置的条件下农业的产值；响应系统则是为了缓解压力系统带来的反馈，农民通过调整某些指标以改变自身状态，从而适应外部压力。例如 CPI 反映了居民家庭一般所购买的消费品和服务项目价格水平的变动情况，其变动率在一定程度上反映了通货膨胀或紧缩的程度，根据“成本决定价格”理论，CPI 的上涨引发农产品价格上升，但农产品价格上升的根本原因是生产成本的上升，农民通常享受不到涨价带来的实惠，反而因成本过高而陷入被动。因此 CPI 指标是对农民人均年收入产生正向作用的压力系统。具体分类见下表：

表 5-9 PSR 模型指标介绍

目的	系统	指标	方向	描述
农	压力	CPI	正向	居民消费价格指数，反应物价变化

民 人 均 年 收 入	状态	人均 GDP	正向	地区生产总值/地区人口总数
		农林牧渔总产值	正向	以货币表现的农、林、牧、渔业总产量
		粮食总产值	正向	指全社会的粮食作物产量。
		蔬菜总产值	正向	蔬菜总产出量
		肉类总产值	正向	肉类总产出量
		农村劳动力	逆向	从事农业生产的劳动力数量
	响应	粮食单产	正向	每亩地产出的粮食数量
		年末耕地面积	正向	年末可用来种植农作物、进行耕作的田地
		农用机械总动力	正向	用于农林牧渔业的各种动力机械的动力总和

5.3. 熵权法介绍

熵最初是一个热力学物理概念，它是系统混乱或无序的衡量标准。熵越小说明系统越有序（即携带的信息越多）。由香农(C. E. Shannon) 将其引入信息论领域，信息熵借鉴了热力学中熵的概念，用于描述事件信息量的大小。因此在数学上，信息熵是对事件中包含的信息量的期望^[30]。

根据信息论基本原理的解释，信息是衡量系统秩序程度的指标，熵是衡量系统无序程度的尺度；如果指标的信息熵较大，则指标提供的信息量越小，综合评价中的作用越小，权重越小。因此信息熵可用于计算每个指标的权重，为多个指标的综合评价提供依据^[31]。

5.4. 建立熵权法模型

5.4.1. 指标选择与数据

本章选取自 2007-2018 年以来，十个宏观经济指标作为评价对象，原始数据如下表所示：

表 5-10 宏观指标及对应数据

指标	农村劳动力 (万人)	农林牧渔业总产值 (亿元)	农机械总动力 (万千瓦)	年末耕地面积 (千公顷)	粮食总产量 (万吨)	蔬菜总产量 (万吨)	肉类总产量 (万吨)	粮食单产 (千克/公顷)	CPI	人均 GDP (元)
2007	191.16	265.50	446.60	358.80	268.01	522.24	31.85	6064	103.9	38301
2008	190.45	308.70	466.00	361.33	281.50	548.36	36.20	6230	105.7	45563
2009	195.56	329.00	486.00	361.18	289.47	591.18	37.61	6246	100.3	50219
2010	196.85	378.43	509.68	362.30	289.43	601.44	38.08	6192	102.1	57947
2011	197.38	422.99	527.39	361.25	295.84	617.82	38.85	6315	105.4	64310
2012	198.74	451.86	538.66	361.08	286.03	633.62	39.80	6285	102.4	69444
2013	199.80	508.84	552.06	361.81	266.60	657.12	40.24	5997	102.8	74994
2014	199.73	524.22	567.02	360.24	271.19	665.86	40.67	6109	102.2	82052
2015	200.45	544.68	584.98	362.30	264.55	649.73	39.44	6117	101.9	85919
2016	200.46	559.76	447.83	357.60	275.43	634.22	35.96	5778	102.7	90999
2017	198.91	559.93	442.90	355.66	255.57	614.17	35.94	5660	102.0	98967

2018	199.65	555.81	471.90	357.47	263.66	628.10	36.71	5786	104.6	100292
------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	-------	------	-------	--------

5.4.2. 构建评价指标模型

建立评价指标数据矩阵 X ，其中 $X_{i,j}$ 表示第 i 年的第 j 个评价指标。

$$X = \begin{pmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & \text{L} & x_{1,10} \\ x_{2,1} & x_{2,2} & \text{L} & x_{2,10} \\ \text{M} & \text{M} & \text{O} & \text{M} \\ x_{12,1} & x_{12,2} & \text{L} & x_{12,10} \end{pmatrix}$$

5.4.3. 指标序列标准化

由于各项宏观经济指标单位不统一，且数量级跨度较大；制约农民人均年收入的因素又分为正向与负向反馈，同时消除指标极性的影响，计算公式如下：

- 正向指标标准化公式

$$x_{i,j}^* = \frac{x_{i,j} - \min_{0 \leq j \leq 10} (x_{i,j})}{\max_{0 \leq j \leq 10} (x_{i,j}) - \min_{0 \leq j \leq 10} (x_{i,j})}$$

- 逆向指标标准化公式

$$x_{i,j}^* = \frac{\max_{0 \leq j \leq 10} (x_{i,j}) - x_{i,j}}{\max_{0 \leq j \leq 10} (x_{i,j}) - \min_{0 \leq j \leq 10} (x_{i,j})}$$

- 适度指标标准化公式

$$x_{i,j} = 1 - \frac{|x_{i,j} - x_i^*|}{\max |x_i - x_i^*|}$$

- 根据标准化公式对矩阵 X 进行处理，得到规范化的矩阵 X^*

$$X^* = (x_{i,j}^*)_{12 \times 10} = \begin{pmatrix} x_{1,1}^* & x_{1,2}^* & \text{L} & x_{1,10}^* \\ x_{2,1}^* & x_{2,2}^* & \text{L} & x_{2,10}^* \\ \text{M} & \text{M} & \text{O} & \text{M} \\ x_{12,1}^* & x_{12,2}^* & \text{L} & x_{12,10}^* \end{pmatrix}$$

- 指标数据归一化处理

数据进行归一化处理。无量纲标准化区间为[0,1]，归一化公式：

$$f_{i,j} = \frac{x_{i,j}^*}{\sum_{j=1}^{10} x_{i,j}^*}$$

对规范化矩阵 X^* 进行归一化处理，得到归一化后的数据表，即标准化矩阵 F ，

$$F = \begin{pmatrix} f_{1,1} & f_{1,2} & \dots & f_{1,10} \\ f_{2,1} & f_{2,2} & \dots & f_{2,10} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f_{12,1} & f_{12,2} & \dots & f_{12,10} \end{pmatrix}$$

表 5-11 归一化结果

指标	农村劳动 力 (万人)	农林牧渔 业总产值 (亿元)	农用机械 总动力 (万千瓦)	年末耕地 面积 (千公顷)	粮食总 产量 (万吨)	蔬菜总 产量 (万吨)	肉类总 产量 (万吨)	粮食单产 (千克/公 顷)	CPI	人均 GDP (元)
2007	0.0807	0.0491	0.0739	0.0830	0.0810	0.0709	0.0706	0.0833	0.0841	0.0446
2008	0.0804	0.0571	0.0771	0.0836	0.0851	0.0745	0.0802	0.0856	0.0855	0.0530
2009	0.0825	0.0608	0.0805	0.0836	0.0875	0.0803	0.0833	0.0858	0.0812	0.0585
2010	0.0831	0.0700	0.0844	0.0838	0.0875	0.0817	0.0844	0.0851	0.0826	0.0675
2011	0.0833	0.0782	0.0873	0.0836	0.0895	0.0839	0.0861	0.0868	0.0853	0.0749
2012	0.0839	0.0835	0.0892	0.0836	0.0865	0.0860	0.0882	0.0864	0.0829	0.0808
2013	0.0843	0.0941	0.0914	0.0837	0.0806	0.0892	0.0892	0.0824	0.0832	0.0873
2014	0.0843	0.0969	0.0939	0.0834	0.0820	0.0904	0.0901	0.0839	0.0827	0.0955
2015	0.0846	0.1007	0.0968	0.0838	0.0800	0.0882	0.0874	0.0840	0.0824	0.1000
2016	0.0846	0.1035	0.0741	0.0828	0.0833	0.0861	0.0797	0.0794	0.0831	0.1059
2017	0.0840	0.1035	0.0733	0.0823	0.0773	0.0834	0.0796	0.0778	0.0825	0.1152
2018	0.0843	0.1027	0.0781	0.0827	0.0797	0.0853	0.0813	0.0795	0.0846	0.1168

- 求各指标的信息熵

$$H_i = -K \sum_{j=1}^{10} f_{i,j} \ln f_{i,j}$$

其中 $K = \ln i$ ， H_i 为第 $f_{i,j}$ 个指标的信息熵，当 $f_{i,j} = 0$ 时， $f_{i,j} \ln f_{i,j} = 0$

- 确定各指标的熵权

$$\omega_i = \frac{(1 - H_i)}{n - \sum_{i=1}^{12} H_i}$$

由此可以得到 10 评价指标的熵权向量：

$$W = (\omega_1, \omega_2, \omega_3 \dots \omega_{10})^T$$

计算出每个指标分别对应的熵权，MATLAB 2015a 算法代码请见附录 2,3:

表 5-12 所得熵权

指标	熵权	指标	熵权
农村劳动力(万人)	0.0018	蔬菜总产量(万吨)	0.0292
农林牧渔业总产值(亿元)	0.3521	肉类总产量(万吨)	0.0259
农用机械总动力(万千瓦)	0.0575	粮食单产(千克/公顷)	0.0076
年末耕地面积(千公顷)	0.0002	CPI	0.0014
粮食总产量(万吨)	0.0123	人均 GDP(元)	0.5120

确定综合评价模型进行因子权值:

表 5-13 各系统指标熵权

目的	系统	指标	熵权值	系统熵权
农民人均年收入	压力	CPI	0.0014	0.5134
		人均 GDP	0.5120	
	状态	农林牧渔总产量	0.3521	0.4289
		粮食总产量	0.0123	
		蔬菜总产量	0.0292	
		肉类总产量	0.0259	
		粮食单产	0.0076	
	响应	农村劳动力	0.0018	0.0577
		年末耕地面积	0.0002	
		农用机械总动力	0.0575	

5.5. 分析结果

发现人均 GDP(0.5120)和农林牧渔总产值(0.3521)占了绝大比例，然而第二项农林牧渔总产值仍然可以继续向下分割为农业、林业、牧业、渔业和农林牧渔服务业(亿元) 所以再运用熵权法对此计算。通过查阅《济南统计年鉴》(2018) 我们可以得到 2007-2017 的数据，2018 暂时缺省故向前顺延一年，表格如下:

表 5-14 细化指标数据

指标	农业(亿元)	林业(亿元)	牧业(亿元)	渔业(亿元)	农林牧渔服务业(亿元)
2006	147.98	06.44	084.86	2.89	05.55
2007	156.88	07.34	091.90	3.06	06.31
2008	179.13	10.82	105.85	4.20	08.68
2009	202.74	11.46	100.84	4.26	09.70
2010	246.82	07.12	109.10	4.54	10.85
2011	261.48	08.34	135.74	4.97	12.45
2012	277.71	09.49	145.26	5.44	13.96

2013	319.46	10.99	156.16	6.09	16.13
2014	333.07	12.00	155.16	6.40	17.58
2015	344.39	13.14	162.01	6.55	18.59
2016	352.12	14.41	166.38	6.67	20.18
2017	357.14	14.44	159.05	6.66	22.64

标准化、归一化后得到:

表 5-15 归一化结果

指标	农业(亿元)	林业(亿元)	牧业(亿元)	渔业(亿元)	农林牧渔服务业(亿元)
2006	0.0466	0.0511	0.0540	0.0468	0.0341
2007	0.0494	0.0583	0.0584	0.0496	0.0388
2008	0.0563	0.0859	0.0673	0.0680	0.0534
2009	0.0638	0.0910	0.0641	0.0690	0.0596
2010	0.0776	0.0565	0.0694	0.0735	0.0667
2011	0.0823	0.0662	0.0863	0.0805	0.0766
2012	0.0874	0.0753	0.0924	0.0881	0.0858
2013	0.1005	0.0872	0.0993	0.0987	0.0992
2014	0.1048	0.0952	0.0987	0.1037	0.1081
2015	0.1083	0.1043	0.1030	0.1061	0.1143
2016	0.1108	0.1144	0.1058	0.1081	0.1241
2017	0.1123	0.1146	0.1012	0.1079	0.1392

计算出每个指标分别对应的熵权:

表 5-16 各指标熵权

指标	农业(亿元)	林业(亿元)	牧业(亿元)	渔业(亿元)	农林牧渔服务业(亿元)
熵权	0.1953	0.1531	0.1187	0.1601	0.3728

由此我们可以看出, 农林牧渔总产值里, 起支柱性作用的是服务业, 权重约 37.28%, 对状态系统的贡献和影响程度分别远高于同水平下的农、林、牧、渔业。

5.6. 综合得分

农民年收入是由压力、状态、响应三个系统的相互作用, 共同影响的结果。每个系统的熵权值都是从不同角度作用于农民人均年收入的不同程度的反馈。因此可以构建综合评价模型, 定量计算出三个系统作用的综合结果。

$$F = W_P \sum_{P=1}^m p_P \mathbf{g}\omega_P + W_S \sum_{S=1}^n p_S \mathbf{g}\omega_S + W_R \sum_{R=1}^j p_R \mathbf{g}\omega_R$$

其中, F 表示农民人均年收入的综合情况; W_P 、 W_S 、 W_R 表示压力、状态和响应三系统的熵权值; ω_P 、 ω_S 、 ω_R 分别表示系统下每个小指标的熵权值; p_P 、 p_S 、 p_R 分别表

示对应小指标的归一值。由此我们可以得出：

表 5-17 各系统得分

年份	压力系统	状态系统	响应系统	综合得分
2007	0.0118	0.0098	0.0003	0.0219
2008	0.0140	0.0112	0.0003	0.0255
2009	0.0154	0.0119	0.0003	0.0276
2010	0.0178	0.0133	0.0003	0.0314
2011	0.0197	0.0146	0.0003	0.0346
2012	0.0213	0.0154	0.0003	0.0370
2013	0.0230	0.0170	0.0003	0.0403
2014	0.0252	0.0175	0.0003	0.0430
2015	0.0263	0.0180	0.0003	0.0447
2016	0.0279	0.0183	0.0003	0.0464
2017	0.0303	0.0182	0.0003	0.0488
2018	0.0308	0.0181	0.0003	0.0492

5.6.1. 农民人均年收入的压力分析

由图可知，济南地区农民收入增长受到的压力在不断稳定增长，这主要取决于居民消费物价的不断上扬，带来的生活成本增高的影响，同时地区生产总值和人均值的稳步提高，很大程度是第二、三产业的蓬勃发展导致，农民在耕种和养殖方面并没有实现重大突破，面对人均 GDP 和 CPI 的上升，他们中不少因生活所迫而放弃务农，转而进城务工，投身第二、三产业的建设中，长此以往，农民收入受到越来越大的压力影响。

5.6.2. 农民人均年收入的状况分析

2007-2013 年状态系统影响因素在不断上升，2013 年之后趋于平缓。而状态因素主要受制于农林牧渔业及其服务业等产值，我们有理由相信，2007-2013 上升阶段中，农民产出处于欠饱和状态，产出价值方面有很大提升的空间，然而 2013 年之后曲线趋于平缓，结合熵权法拆解农林牧渔业为农、林、牧、渔业和农林牧渔服务业可知，传统农业方式已经走入瓶颈期，作为第三产业的农林牧渔服务业在其中扮演更为重要的角色，一方面它占有最大的熵权；另一方面它一直稳步增长，从未断绝。

5.6.3. 农民人均年收入的响应分析

由图可知，响应系统长期为 3%且从未变动过，将取舍部分放到小数点后 6 位才能看到微小的波动。而这一系统包含着农村劳动力、耕地面积、农用机械总功率等指标，说明即便是面临与日俱增的压力曲线，济南地区的农民对此似乎并不敏感，从来没有及时调度以缓解增收压力。同时说明了济南地区农民收入仍然有非常大的上升空间。

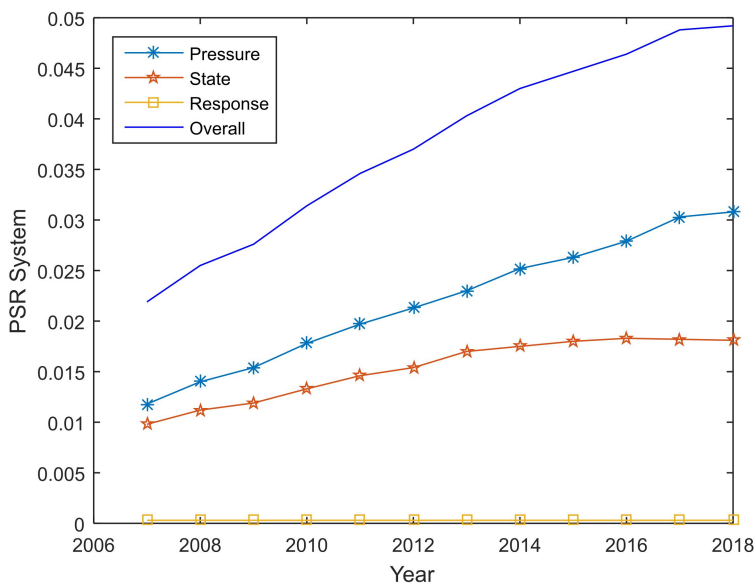


图 5-6 各系统走势

5.7. 协调度分析

因为 PSR 系统是压力、状态、响应三方面共同影响和决定济南农民收入的动向，单个系统的发展变化很难准确判断作用方式，因此需要一个综合调度因子 U，研究三方面系统是如何共同影响农民收入的。

$$U = \frac{P + S + R}{\sqrt{P^2 + S^2 + R^2}}$$

其中 P、S、R 分别表示压力、状态、响应综合得分。计算得：

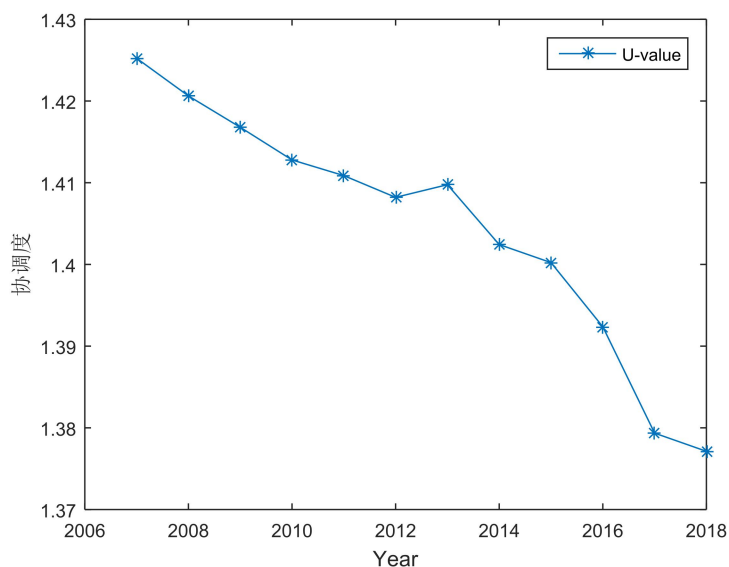


图 5-7 协调度得分

由图可知, 济南地区农民收入所受的压力、状态和响应三系统之间的协调性逐年下降。

5.8. 结果讨论与研究结论

本章通过构建基于 PSR 模型的熵权法评估体系, 对济南地区农民收入从压力、状态和响应三个方面十个测度十二年数据进行综合分析, 得到以下结论。

- 1) 济南地区农民收入增大的压力状况逐年持续增加, 农业状态比较平稳, 针对压力做出的响应并不积极, 一定程度上说明传统耕作畜牧的务农方式带来的产值几近饱和, 而农林牧渔服务业正蓬勃发展且所占熵权越来越大。响应状况处于较低水平且逐年不变, 占最大熵权的农用机械总动力不仅没有上涨反而下降, 说明济南地区农业仍采用粗放式耕种, 距离实现农业机械化全自动生产方式仍有相当大的差距, 农民收入有非常大的提升潜力。
- 2) 农村劳动力波动下降说明在压力状态的作用下, 越来越多的农民放弃务农, 进城务工或参与当地农林牧渔服务, 从第一产业转向第二、三产业。通过协调度折线图可知, 影响济南地区农民收入的压力、状态和响应指标逐渐失衡, 协调程度除 2013 年有所好转, 其他时间都在下降。表明传统农业体系正在剥离。
- 3) 占响应状况熵权值最大的农用机械总动力近年来不断下降, 几乎回到十年前的功率水平, 尝试通过实地调研的方式发掘其原因。在与家乡农民交流后得知, 此前国家补贴力度很大, 农民几乎人均一辆农用拖拉机或是三轮车, 但在具体实践中发现, 效率虽然得以提高, 但衍生出一系列新问题: 首先农用机械只有在播种、收割和运输时会派上用场, 平时在家闲置, 修理、折旧而且占用空间, 无疑是一笔不小的机会成本。由于村里耕地作物和地理位置高度集中化, 越来越多的农民选择相邻几家共同租赁联合收割机等机械。由专业团队实地操作高效放心而且成本很低。这样以来淘汰的粗放式农用机械被集约型专业机械所代替, 农用机械总动力自然下降。
- 4) 因此想要提高农民收入, 首先应推进农用机械的普及力度, 提高农具总功率, 减少每亩土地上的劳动力数量; 其次应使因机械化而挤出的多余劳动力转向农林牧渔服务业。耕地和作物选择方面, 少种或不种粮食作物, 转而种植熵权较大的蔬菜类作物。耕地面积可以保持不变。但机械化水平一定要推进。

6. 基于 BP 神经网络的济南地区农民收入预测模型

6.1. 农民收入预测

对影响农民收入的种种因素进行分析归类, 整合过去对应的数据信息并建立预测模型, 把预测值与真实值做差分析, 调节模型参数使预测误差率控制在较低水平, 再将调整后的模型用于预测未来的农民收入。农民收入预测可以帮助政策制定者认清本地区农业发展的优势与不足, 调整农林牧副渔业分配比例和产业结构以制定适合本地区发展的政策, 推进农业专业化、产业化进程, 充分调动农民积极性实现农民收入不断增长。

6.2. 文献综述

当前, 预测农民收入有诸多方法。主要有以下四种:

6.2.1. 基于时间序列模型的预测

安徽农业大学陈莉利用时间序列模型, 对安徽地区农民收入做了预测分析, 通过采用 1984 年-2001 年农民收入数据信息建立 Logarithmic 模型, 并且对之进行回归模型检验, 预测了安徽地区未来五年的农民收入^[32]。

南京农业大学范小燕等根据 1985~2014 年农民收入数据信息, 建立 ARMA 模型, 并对其数据进行平稳性调整, 通过 Eviews 8.0 计算出 2011~2014 年农民收入预测值并与真实值做差分析对比, 检验结果误差率控制在 5%以内, 拟合效果良好。为进一步提高农民收入水平, 缩小城乡差距, 针对预测模型和拟合数据提出了提高农民综合素质、有效调整产业结构、提高农业产业化程度等政策建议^[33]。

综合分析基于时间序列模型的预测方法, 以及通过带入历史数据检验其预测值的误差率, 可以发现如下缺陷:

1. 时间序列分析的基本假设是事物的过去和未来有一定的关系, 并将延伸到未来; 现实的结果是历史发展的必然性, 未来是现实的延伸。然而事物本身的发展不仅是连续的, 而且是复杂的和多样的。根据马克思主义的观点, 事物是在动态中发展, 波浪式前进, 螺旋式上升的, 过去的发展规律不能教条地运用到未来的发展之中。
2. 时间序列法将时间因素在预测中置于核心地位且过度突出, 然而忽略了其他外界因素和内生变量的综合影响, 当外生变量发生较大变化时, 预测模型通常会失灵, 极易出现预测值与真实值严重不符等情况。具体而言, 每年党中央针对农业发展的政策是紧随时代发展而不是依照上一年政策进行一味机械的重复。不排除未来可能会做出重大调整 (例如 2003 年取消农业税), 这种变化是本方法所无法考量的。

6.2.2. 灰色预测模型

灰色预测(Grey Prediction)克服了时间序列预测法忽略外生变量的缺点,是一种对含有不确定因子的系统进行预测的方法。通过鉴别系统因素之间发展趋势的相异程度,即进行关联分析,并对原始数据进行生成处理来寻找系统变动的规律,生成有较强规律性的数据序列,建立微分方程模型以预测事物未来发展趋势的状况。

武汉科技大学管理学院的熊吉峰等应用灰色系统理论的关联分析方法与 GM(1,1)模型,根据 1994~2003 年的农民人均年收入、家庭经营性收入、财政性收入等数据,对农民收入结构的现状与未来预期进行了实证分析,得出家庭营业收入是农民收入的主要来源,但工资收入日益显著等结论,提出应长期稳定家庭经营的主体地位,大力发展劳务经济,注重产业平衡等政策建议^[34]。

然而灰色预测模型虽然在一定程度上克服了时间序列法的缺陷,但仍然存在诸多不足之处:灰色预测只适用于数据较少的短期预测,且更适合进行指数型增长的序列预测,对数据较多,信息复杂,因素多变等综合影响下的农民收入预测效果不是很理想。

6.2.3. 多元线性回归预测分析

四川大学经济学院张海燕选取农民纯收入(SC)作为被解释变量,人均农林渔业产值(SRZ),人均生产费用支出(SRF),工资收入(SRG),人均用电量(SRK),人均财政支农支出(SRC)作为解释变量构建多元线性回归模型,运用 1992~2007 年数据进行回归拟合,并进行逐步回归,得到拟合结果: $SC=2.39+0.37SRG+0.43SRF+0.61AR(1)$ 。^[35]

回归分析同样存在诸多缺陷:

1. 从本质上讲,多元线性回归模型是建立在线性分析的基础之上,过于理想化,然而在实际生产生活中,因素之间相互作用几乎都是非线性映射,这就加大了预测值与真实值之间的误差。
2. 对往期数据要求严格,一方面是对数据有效性要求严格,另一方面是对样本数据与样本之间关系要求严格。不然会影响模型可靠度,大大降低预测准确度。
3. 此外,在诸多影响农民收入的因素中,大部分可以通过数字量化固定下来,仍有部分关键因素如具体政策、农民心理状态、对作物的履足程度、对未来市场价格的预期判断等都无法进行数字量化,但这些因素对农民收入的影响是比较显著的。

6.2.4. 神经网络预测

西北农林科技大学的常引建立 BP 神经网络以预测陕西地区农民收入水平,并根据 1996-2007 年的宏观经济指标确定了包括隐含层节点数、激活函数、网络学习率、训练迭代次数、误差精度等参数的确定和调整,将预测值与真实值对比分析,使预测精确度大幅提高,误差率总体控制在 10%以内^[36]。

首先 BP 神经网络具有以下优点^[37]:

- 1) 具有较强的非线性映射能力。

BP 神经网络实质上实现了一个从输入到输出的映射功能, 数学理论证明三层的神经网络就能够以任意精度逼近任何非线性连续函数。这使得其特别适合于求解内部机制复杂的问题。

2) 具有高度自学习和自适应的能力。

训练时, BP 神经网络可以通过学习自动提取输入和输出数据之间的“合理规则”, 并自适应地记忆网络权重中的学习内容。

3) 具有将学习成果应用于新知识、泛化能力。

所谓的泛化能力意味着在设计模式分类器时, 有必要考虑网络以确保所需分类对象的正确分类。同样重要的是要知道神经网络是否能够正确地将未遇到的模式或者有噪点污染的模式分类。

4) 具备强大的容错能力。

具备强大的鲁棒性, 在局部神经元被破坏后, BP 神经网络对全局训练结果没有太大影响。这意味着即使系统部分损坏系统也能正常工作。

6.3. BP 神经网络相关理论

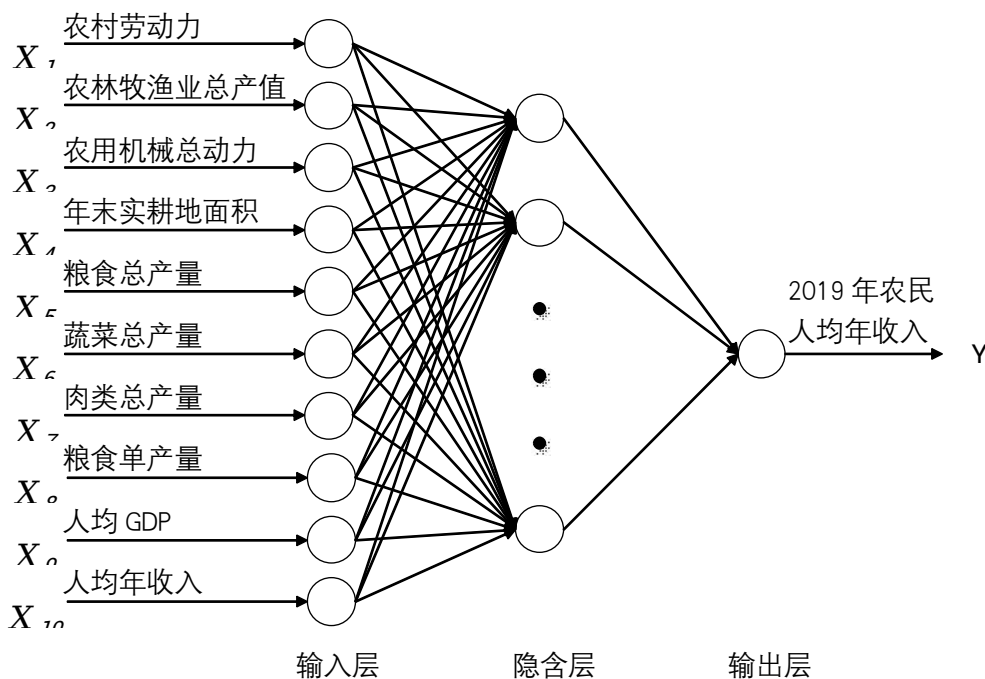
BP(back propagation)神经网络是 1986 年由 Rumelhart 和 McClelland 为首的科学家提出的概念, 是一种按照误差逆向传播算法训练的含有隐含层的多层前馈神经网络, 它的基本思想是梯度下降法, 利用梯度搜索技术, 以期使网络的实际输出值和期望输出值的误差均方差为最小^[38]。

6.3.1. 运行原理

基本 BP 算法包括信号的前向传播和误差的反向传播两个过程。信号前向传播是指计算误差按从输入到输出的方向输出, 误差反向传播则是调整权值和阈值从输出到输入的方向进行。正向时, 输入信号经过隐含层非线性映射变换作用于输出节点并输出信号, 若实际输出与预期输出不符, 则系统转入误差反向传播阶段。此时系统输出的误差经过隐含层向输入层逐层反向呈递, 同时将误差分配给各层单元, 并以从各个层级获取的误差信号作为调整各单元权值的依据。系统通过调整输入节点与隐层节点之间相互的联接强度及阈值, 使误差沿梯度方向逐级降低, 此外配合反复学习训练, 当输入结果到达既定最小误差相对应的权值或阈值时, 训练停止。此时经过了以上训练的神经网络, 可以对类似样本的输入信息进行输出误差最小的且经过非线性变换的信息处理分析^[39]。

6.3.2. 基本结构

BP 网络是在输入层与输出层之间增加若干层(一层或多层)神经元, 这些神经元称为隐单元, 它们与外界没有直接的联系, 但其状态的变化, 则能影响输入与输出之间的关系, 每一层可以有若干个节点。本章模型原理如下^[40]。



6.4. 建立济南地区农民收入预测神经网络

6.4.1. 指标与数据的选择

本章选取 2007-2018 年济南地区农村劳动力、农林牧渔业总产值、农用机械总动力、年末实际耕地面积、粮食总产量、蔬菜总产量、肉类总产量、人均 GDP 和人均年收入等经济指标进行神经网络的训练。用于预测 2019 年的农民人均年收入。数据来源于济南市统计局发布的《济南统计年鉴》(2018)

6.4.2. 数据预处理

由于各指标的单位不同、对应数据的数量级不一，因此对全部数据进行归一化处理，量化区间为[0.2,0.9]。

6.4.3. 样本的确定

神经网络在大样本多数据，配合适当的隐含层数选择下才能发挥出优秀准确的预测能力，但统计年鉴中适当指标和完整数据只给出了 2007-2018 年度。(其余关键指标有些在某年中因政策调整剔除统计范畴、部分指标某几年度为缺省空白)

将 12 期数据样本分为两组，每组 10 个，分别作为训练集 (2007 年起) 和训练集 (2009 年起)，设计的 BP 网络有 10 个输入，1 个输出。

6.4.4. 变量的确定

输入变量为历年农民收入因素的影响因素所对应的数据值, 输出变量为历年农民人均年收入。

6.4.5. 工具选择与模型的构建

本章选取 MATLAB 2015a 官方教育版进行数据训练, 模型选择 MATLAB 内置的人工神经网络工具箱中的 BP 网络模型。

本章建立 BP 网络所调用的函数为:

$$net = newff(PR, [S_i R L S_N], \{TF_i, TF_{i+1} L TF_N\}, BTF, TF)$$

其中网络训练函数选择 trainlm, 激活函数选择 Sigmoid, 输出神经元转移函数为 purelin, train 函数选择的训练方法为 LM(Levenberg-Marquardt)算法。

6.4.6. 隐含层数量

隐含层数量的多少是 BP 神经网络预测能力高低的重要因素, 是模型成功与否的关键指标, 它从网络结构上根本性决定了模型预测能力的高低, 但遗憾的是目前为止, 学术界没能找到任何一个准确计算隐含层数、隐含层节点数和隐含层神经元数量的映射关系。但通过数学证明可以得知, 理论上最多三层隐含便可解决世上任意复杂多变的非线性问题, 但其余两个参数如何敲定, 一方面是根据经验判断, 另一方面是在不断尝试拟合中调试。

本章所采用的调参流程图如下:

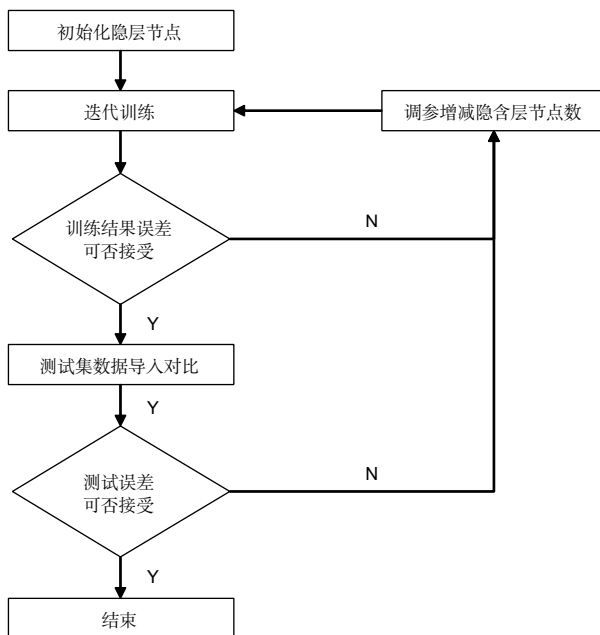


图 6-9 调参流程图

仿真预测流程图如下所示:

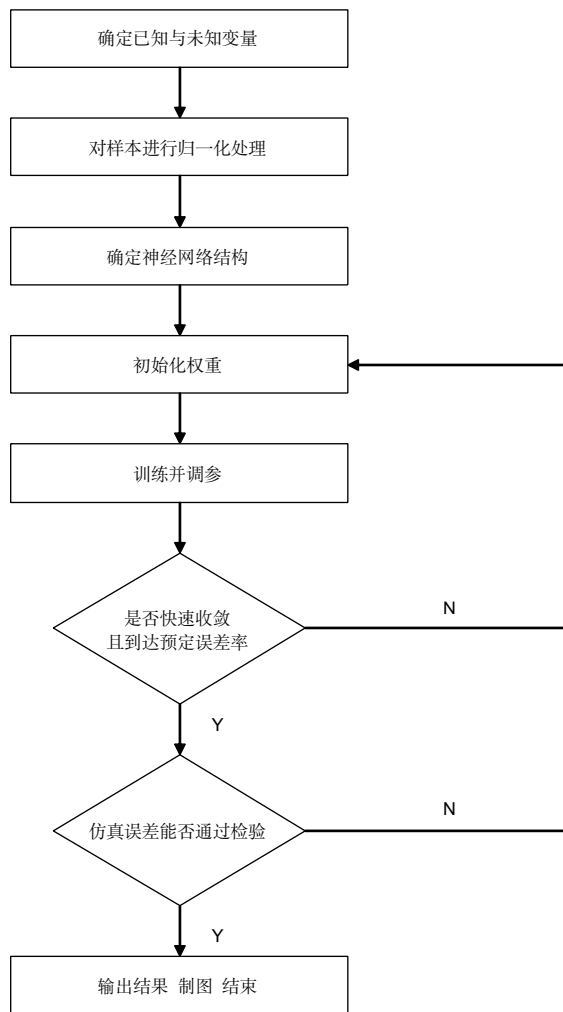


图 6-10 仿真预测流程图

对 10 个输入变量进行归一化处理:

表 6-18 各变量原始数据

年份	农村劳 动力 (万人)	农林牧 渔业总 产值 (亿元)	农用机 械总动 力 (万千瓦)	实耕地 面积 (千公顷)	粮食总 产量 (万吨)	蔬菜总 产量 (万吨)	肉类总 产量 (万吨)	粮食单 产(千克/ 公顷)	农民人 均年收 入 (元)	居民人 均 GDP (元)
2007	191.16	265.50	446.60	358.80	268.01	522.24	31.85	6064	6300.1	38301
2008	190.45	308.70	466.00	361.33	281.50	548.36	36.20	6230	7180.2	45563
2009	195.56	329.00	486.00	361.18	289.47	591.18	37.61	6246	7804.8	50219
2010	196.85	378.43	509.68	362.30	289.43	601.44	38.08	6192	8903.3	57947
2011	197.38	422.99	527.39	361.25	295.84	617.82	38.85	6315	10411.8	64310
2012	198.74	451.86	538.66	361.08	286.03	633.62	39.80	6285	11786.2	69444
2013	199.80	508.84	552.06	361.81	266.60	657.12	40.24	5997	13247.6	74994
2014	199.73	524.22	567.02	360.24	271.19	665.86	40.67	6109	14726.0	82052
2015	200.45	544.68	584.98	362.30	264.55	649.73	39.44	6117	14231.8	85919

2016	200.46	559.76	447.83	357.60	275.43	634.22	35.96	5778	15345.6	90999
2017	198.91	559.93	442.90	355.66	255.57	614.17	35.94	5660	16593.8	98967
2018	199.65	555.81	471.907	357.47	263.66	628.10	36.71	5786	17924.0	100292

表 6-19 归一化数值

年份	农村劳 动力 (万人)	农林牧 渔业总 产值 (亿元)	农用机 械总动 力 (万千瓦)	实耕地 面积 (千公顷)	粮食总 产量 (万吨)	蔬菜总 产量 (万吨)	肉类总 产量 (万吨)	粮食单 产(千克/ 公顷)	农民人 均年收 入 (元)	居民人 均 GDP (元)
2007	0.249650	0.200000	0.218229	0.531024	0.416240	0.200000	0.200000	0.631756	0.200000	0.200000
2008	0.200000	0.302707	0.313809	0.797741	0.650733	0.327308	0.545238	0.809160	0.282002	0.253000
2009	0.557343	0.350970	0.412345	0.781928	0.789272	0.536012	0.657143	0.826260	0.334578	0.290614
2010	0.647552	0.468488	0.529012	0.900000	0.788577	0.586019	0.694444	0.768550	0.421842	0.356767
2011	0.684615	0.574429	0.616265	0.789307	0.900000	0.665854	0.755556	0.900000	0.493693	0.447610
2012	0.779720	0.643066	0.671791	0.771386	0.729476	0.742863	0.830952	0.867939	0.551666	0.530377
2013	0.853846	0.778535	0.737810	0.848343	0.391731	0.857401	0.865873	0.560153	0.614336	0.618384
2014	0.848951	0.815100	0.811515	0.682831	0.471517	0.900000	0.900000	0.679847	0.694035	0.707414
2015	0.899301	0.863744	0.900000	0.900000	0.356096	0.821383	0.802381	0.688397	0.737701	0.677653
2016	0.900000	0.899596	0.224289	0.404518	0.545220	0.745787	0.526190	0.326107	0.795064	0.744727
2017	0.791608	0.900000	0.200000	0.200000	0.200000	0.648064	0.524603	0.200000	0.885038	0.819894
2018	0.843147	0.890195	0.342862	0.390497	0.340556	0.715976	0.585516	0.335084	0.900000	0.900000

6.5. 结果分析

将归一化数据带入 Matlab 2015a 中进行仿真预测，经过长达五天不间断地调试，终于发现当网络结构为 10-9-1，trainParam.lr 为 0.7, epochs 为 6, trainParam.goal 为 1e-9 时，测试误差通过检验。得到以下检验结果。

如图所示，图例中蓝色实线表示训练误差 MSE，疏点线表示本章设定的通过检验时最大误差 (1e-9)，密点线表示实际仿真预测中达到既定误差最小 epochs 时的误差 (1.28e-16)，这个误差值可以说是非常小了。

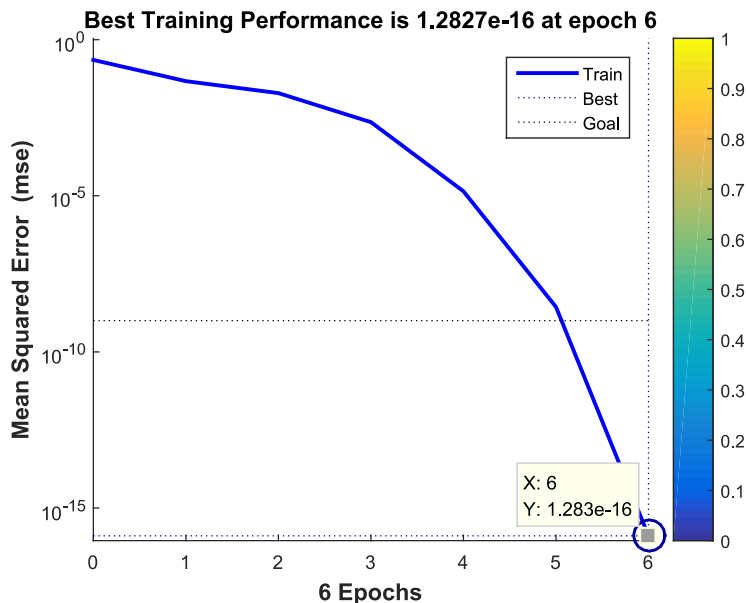


图 6-11 训练误差与对应的 Epochs

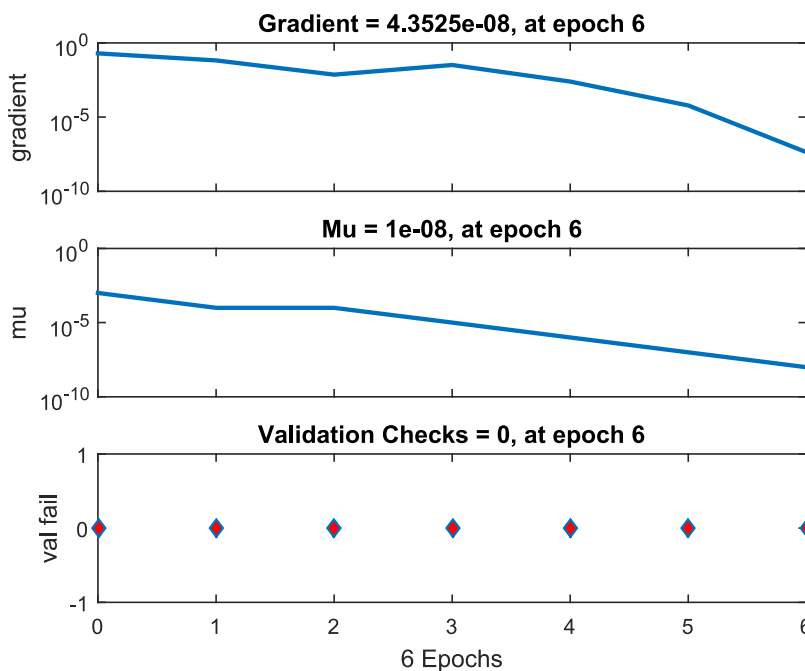


图 6-12 训练误差随 Epochs 变化

预测结果如图所示，图例中绿色十字星表示 2007 年~2018 年农民人均年收入的真实值，红色圆圈表示模型仿真得到的预测值，图像反应出模型预测效果极好，准确度极高。

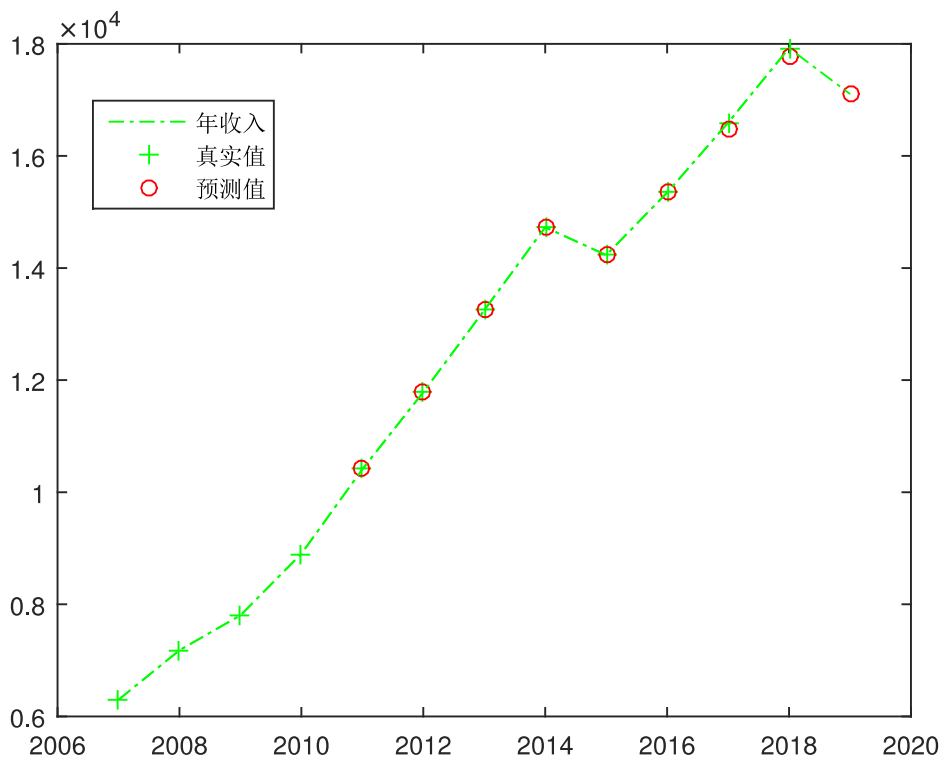


图 6-13 预测值与真实值对比

将 2011-2018 年预测值准确数据导出，并将预测值与真实值进行做差分析，计算出预测误差值如下表所示：

表 6-20 预测误差率

年份	预测值	真实值	误差	误差率
2011	10411.64	10411.8	-0.1604	0.001541%
2012	11786.58	11786.2	0.381	0.003233%
2013	13247.87	13247.6	0.2711	0.002046%
2014	14725.77	14726.0	-0.2331	0.001583%
2015	14232.58	14231.8	0.7814	0.005491%
2016	15345.15	15345.6	-0.4452	0.002901%
2017	16957.81	16593.8	364.0067	2.193631%
2018	17896.47	17924.0	-27.5287	0.153586%

表中可知，预测误差值最低 0.16 元，也就是说模型预测的 2011 年农民人均年收入与实际人均年收入只差了 1 毛 6 分钱，误差率不到十万分之二，误差值最大在 2017 年，模型预测值比真实值高出 364 元，误差率在 2.19% 左右，低于 5% 的检验标准。值得一提的是，即便在 2015 年这一特殊年份，误差率也在十万分之五左右，之所以称其特殊，是因为 2015 年是济南地区自 1978 年以来，首次出现农民人均年收入同比下跌的情况，在此之前一直上扬从未出现过下降。

由此可见，本次神经网络参数设置合适、模型架构合理，不太容易受过去数据的惯性影

响,对于可能发生的不确定因素也能考虑在内,算法本身具有鲁棒性。针对“过拟合”现象,算法之初即将数据集一分为二,分为训练集和测试集,将测试集输入使用训练集训练成功的网络。通过编程设定了一个最高误差限,对于超过误差限的训练网络弃用,并重新训练直到满足既定误差要求。此外还通过加大 Epochs 参数值,使其过拟合的可能性大大降低。

多次仿真模拟,在此模型下,预测得到 2019 年济南地区农民人均年收入为: 18200 元,因观测模型预测误差自 2011 之后逐年增加,故 2019 年预测值与真实值误差率应在 3%以内。

6.5.1. 预测程序及模型求解

具体算法代码详见附录。

7. 研究结论

1. 通过对 2017 年济南地区农业政策分析和对农民收入影响效果分析, 得出政策对于收入增长产生显著的正效应, 但对于缩小城乡居民收入差异作用效果不明显。经过对宏观经济增长指标与农民人均年收入的线性回归分析, 可以得知人均 GDP 和农民人均年收入之间存在长期协整关系, 而且通过 Granger 因果关系检验可以明确: 农民人均年收入是由于 GDP 的不断增长而拉动上升的, 但农民收入的不断增长对 GDP 的上涨没有多大影响。通过脉冲响应和方差分解可以进一步了解到: 人均 GDP 对农民人均年收入的冲击影响逐渐平稳, 而农民人均年收入对人均 GDP 的冲击起高回落又逐渐降低, 但始终为正。对农民人均年收入来讲, 其自身的影响逐渐降低, 第 6 期已经减至不到 50%, 人均 GDP 对其影响逐期上升; 对于人均 GDP 而言, 虽然其自身仍然占有绝对地位, 但到第 10 期对自身的影响已降至 80%, 农民人均年收入的作用越发显现。

根据新古典综合学派基于经济增长理论, 政府要充分调动农民消费的积极性, 让人均年收入逐渐成为 GDP 增长的 Granger 原因, 同时人均 GDP 继续带动农民人均年收入的不断提高, 实现二者的长期均衡状态。

2. 通过对济南地区诸多因素建立 PSR 模型进行熵权法定权, 可以得知农民收入增大的压力状况逐年持续增加, 农业状态比较平稳, 但是针对外部压力做出的响应并不积极。一定程度上说明传统耕作畜牧的务农方式带来的产值几近饱和, 而农林牧渔服务业正蓬勃发展且所占熵权越来越大。

响应状况处于较低水平且逐年不变, 占最大熵权的农用机械总动力不仅没有上涨反而下降, 说明济南地区农业仍采用粗放式耕种, 距离实现农业机械化全自动生产方式仍有相当大的差距, 农民收入有非常大的提升潜力。

农村劳动力波动下降说明在压力状态的作用下, 越来越多的农民放弃务农, 进城务工或参与当地农林牧渔服务, 从第一产业转向第二、三产业。通过协调度折线图可知, 影响济南地区农民收入的压力、状态和响应指标逐渐失衡, 协调程度除 2013 年有所好转, 其他时间都在下降。表明传统农业体系正在剥离。

占响应状况熵权值最大的农用机械总动力近年来不断下降, 几乎回到十年前的功率水平, 尝试通过实地调研的方式发掘其原因。实地调研发现, 此前国家补贴力度很大, 农民几乎人均一辆农用拖拉机, 但在具体实践中发现, 效率虽然得以提高, 但衍生出一系列新问题: 首先农用机械只有在播种、收割和运输时会使用, 平时在家闲置, 修理、折旧而且占用空间, 无疑是一笔不小的机会成本。由于村里耕地作物和地理位置高度集中化, 越来越多的农民选择相邻几家共同租赁联合收割机等机械。由专业团队实地操作高效放心而且成本很低。这样以来淘汰的粗狂式农用机械被集约型专业机械所代替, 农用机械总动力自然下降。

3. 综合诸多因素建立起的预测农民收入的 BP 神经网络模型, 通过使用大量数据参与运算、科学调参等修正, 使农民人均年收入的预测集与其真实集的误差率控制在 2% 以内, 预测得到 2019 年济南地区农民人均年收入为: 18200 元。该模型克服了传统多元线性回归模型只能进行线性回归预测的缺陷, 具备强大的非线性映射能力。

8. 参考文献

- [1] 央广网. 2019 年中央一号文件公布 连续 16 年聚焦“三农问题”[EB/OL]
<http://finance.sina.com.cn/roll/2019-02-20/doc-ihqfskcp6925470.shtml>
- [2] 市史志办. 人民生活[EB/OL] http://www.jinan.gov.cn/art/2018/7/5/art_25304_1840790.html
- [3] 百度百科. 农民[EB/OL] <https://baike.baidu.com/item/%E5%86%9C%E6%B0%91/3843#viewPageContent>
- [4] 百度百科. 农民人均纯收入[EB/OL]
<https://baike.baidu.com/item/%E5%86%9C%E6%B0%91%E4%BA%BA%E5%9D%87%E7%BA%AF%E6%94%B6%E5%85%A5/10535286?fr=aladdin>
- [5] 百度百科. 济南[EB/OL] <https://baike.baidu.com/item/%E6%B5%8E%E5%8D%97/135066>
- [6] 百度百科. 济南[EB/OL] <https://baike.baidu.com/item/%E6%B5%8E%E5%8D%97/135066>
- [7] 二元经济理论 二元经济理论效应 二元经济理论含义
[EB/OL]<http://www.365zhishi.com/knowledge/75817.html>
- [8] 哈罗德-多马模型与新古典经济增长模型的区别是什么? [EB/OL]
<https://bbs.pinggu.org/thread-3948522-1-1.html>
- [9] 百度百科. 配第一克拉克定理[EB/OL]
<https://baike.baidu.com/item/%E9%85%8D%E7%AC%AC%E2%80%94%E5%85%8B%E6%8B%89%E5%85%8B%E5%AE%9A%E7%90%86/4702618>
- [10] 道客巴巴. 农业经济学名词解释[EB/OL] <http://www.doc88.com/p-4197669906394.html>
- [11] Reardon T, Kelly V, Crawford E, et al. Promoting sustainable intensification and productivity growth in Sahel agriculture after macroeconomic policy reform[J]. 1997, 22(4):317-327.
- [12] Lerman Z. Policies and institutions for commercialization of subsistence farms in transition countries[J]. Journal of Asian Economics, 2004, 15(3):461-479.
- [13] Reardon T, Corral L. Rural Nonfarm Incomes in Nicaragua[J]. World Development, 2001, 29(3):427-442.
- [14] North, Douglass C. Perspectives on Positive Political Economy: Institutions and a transaction-cost theory of exchange[J]. 1990
- [15] 朱晟坤. 农民收入增长问题的实证研究 ——以山西省运城市为例[J]. 全国流通经济, 2017(19):54-55.
- [16] 杨雪, 于冷. 投资视角下中国农村居民收入-消费结构实证分析[J]. 农业技术经济, 2009(1):74-80.
- [17] 周海燕. 江西省农民收入增长与农村政策支持耦合研究[J]. 中国农业资源与区划, 2018, 39(10):229-233.
- [18] 刘琦, 李宝怀. 工业化、人口转型与农民收入增长的关系:以陕西省为例[J]. 贵州农业科学, 2018, 46(09):166-171.
- [19] 翁贞林, 朱述斌. 农民收入水平与影响因素关系的实证模型分析[J]. 农业系统科学与综合研究, 2003, 19(4):241-243.
- [20] 聂传定, 路彦. 中国农民收入来源的模型分析与研究[J]. 内蒙古农业大学学报: 社会科学版, 2006, 8(1):24-26.
- [21] 张海燕. 基于多元线性回归模型的四川农村居民收入增长分析[J]. 统计与决策, 2010(13):88-90.

- [22] 胡瑞丽, 胡曼. 影响农民收入因素的实证分析[J]. 北方经济, 2007(6):16-17.
- [23] 唐敏, 吴本银. 农民收入增长模型: 一个宏观计量分析[J]. 农业经济问题, 2007(8):81-86.
- [24] 郭威威. 农业机械化与农业稳产增效、农民增收的实证分析[J]. 生产力研究, 2015(12):40-42.
- [25] 济南市统计局. 济南概况[EB/OL] <http://jntj.jinan.gov.cn/col/col18249/index.html>
- [26] 农业农村部 财政部发布 2018 年财政重点强农惠农政策 [EB/OL] http://www.jinan.gov.cn/art/2018/4/11/art_28865_2634588.html
- [27] 尚梅. 我国能源消费影响因素与地区差异研究[D]. 西安科技大学, 2011.
- [28] 乔小勇, 何海燕. 倾销与产业损害因果关系确定的理论与方法[J]. 当代经济, 2008(8):58-59.
- [29] 戴蓉蓉, 朱海红, 李霖. 基于 ARIMA 模型的市内人群移动预测[J]. 测绘工程, 2016, 25(2):38-41.
- [30] 熵权法. CSDN 博客[EB/OL] https://blog.csdn.net/mycafe_/article/details/79285762
- [31] 陈权宝, 聂锐. 基于熵理论的开放式投资基金绩效评价[J]. 商业时代, 2007(24).
- [32] 陈莉. 安徽省农民收入预测与分析[J]. 技术经济, 2003 年第 9 期
- [33] 范小燕, 张兆同, 陈冬梅. 基于 ARMA 模型的农民收入增长趋势预测研究[J]. 农村经济与科技, 2017(07):113-116.
- [34] 熊吉峰, 王雅鹏. 中国农民收入结构的灰关联与 G(1,1)模型研究[J]. 湖南农业大学学报 (社会科学版), 2005, 6(3):7-8
- [35] 张海燕. 基于多元线性回归模型的四川农村居民收入增长分析[J]. 统计与决策, 2010(13):88-90.
- [36] 常引. 基于人工神经网络的农民收入预测模型的应用分析——以陕西省为例[J]. 安徽农业科学 (29):9141-9142.
- [37] 孔令文, 靳德才, 王新宇. BP 神经网络与局部线性模型树算法的比较[J]. 消费电子, 2014(6):144-145.
- [38] BP 神经网络代码示例.CSDN 博客[EB/OL] <https://blog.csdn.net/lusongno1/article/details/77150514>
- [39] BP 神经网络代码示例.CSDN 博客[EB/OL] <https://blog.csdn.net/lusongno1/article/details/77150514>
- [40] 常引. 基于 BP 人工神经网络的陕西省农民收入预测研究[D]. 西北农林科技大学, 2008.

9. 附录

1

附录1：宏观经济指标的熵权法定权代码

```

1  %熵值法确定权重
2  %确定指标层权重
3  close all
4  clear;
5  clc;
6
7  x=[
8  191.16 265.50 446.60 358.80 268.01 522.24 31.85 6064 103.9 38301
9  190.45 308.70 466.00 361.33 281.50 548.36 36.20 6230 105.7 45563
10 195.56 329.00 486.00 361.18 289.47 591.18 37.61 6246 100.3 50219
11 196.85 378.43 509.68 362.30 289.43 601.44 38.08 6192 102.1 57947
12 197.38 422.99 527.39 361.25 295.84 617.82 38.85 6315 105.4 64310
13 198.74 451.86 538.66 361.08 286.03 633.62 39.80 6285 102.4 69444
14 199.80 508.84 552.06 361.81 266.60 657.12 40.24 5997 102.8 74994
15 199.73 524.22 567.02 360.24 271.19 665.86 40.67 6109 102.2 82052
16 200.45 544.68 584.98 362.30 264.55 649.73 39.44 6117 101.9 85919
17 200.46 559.76 447.83 357.60 275.43 634.22 35.96 5778 102.7 90999
18 198.91 559.93 442.90 355.66 255.57 614.17 35.94 5660 102.0 98967
19 199.65 555.81 471.90 357.47 263.66 628.10 36.71 5786 104.6 100292
20 ];
21 y=[]
22
23 [m,n]=size(x);
24 for i=1:n
25     y(:,i)=x(:,i)/sum([x(:,i)]) %原始矩阵归一化
26 end
27
28 for l=1:n
29     s(1,l)=0;
30     for j=1:m
31         p(1,l)=y(j,l)*log(y(j,l))
32         s(1,l)=s(1,l)+p(1,l)
33     end
34 end
35
36 k=(log(m))^(-1)
37 e=-k*s
38 h=ones(1,n)-e
39 w=h/sum(h) %指标权重值
40 sum(w)
41 %计算综合评价
42 g=y*w'
```

附录2：农业分产值的熵权法定权代码

```
1 %熵值法确定权重
2 %确定指标层权重
3 close all
4 clear;
5 clc;
6
7 x=[
8 156.88 07.34 091.90 3.06 06.31
9 179.13 10.82 105.85 4.20 08.68
10 202.74 11.46 100.84 4.26 09.70
11 246.82 07.12 109.10 4.54 10.85
12 261.48 08.34 135.74 4.97 12.45
13 277.71 09.49 145.26 5.44 13.96
14 319.46 10.99 156.16 6.09 16.13
15 333.07 12.00 155.16 6.40 17.58
16 344.39 13.14 162.01 6.55 18.59
17 352.12 14.41 166.38 6.67 20.18
18 357.14 14.44 159.05 6.66 22.64
19 ];
20
21 y=[]
22
23 [m,n]=size(x);
24 for i=1:n
25     y(:,i)=x(:,i)/sum([x(:,i)]) %原始矩阵归一化
26 end
27
28 for l=1:n
29     s(1,l)=0;
30     for j=1:m
31         p(1,l)=y(j,l)*log(y(j,l))
32         s(1,l)=s(1,l)+p(1,l)
33     end
34 end
35
36 k=(log(m))^(-1)
37 e=-k*s
38 h=ones(1,n)-e
39 w=h/sum(h) %指标权重值
40 sum(w)
41 %计算综合评价
42 g=y*w'
```

附录3：人均纯收入BP网络预测代码

```
1 %人均纯收入BP网络预测
2 %问题：用BP网络预测人均纯收入
3 %分析：12期数据样本分为两组，每组10个，分别作为训练集（2007年开始）
4 %和测试集（2009年开始）。设计BP网络有10个输入，1个输出。
5 %隐含层神经元数采用试差法确定，经检验，隐含层神经数目为9，即BP网络设计为10-9-1
6 %用2007年开始的10个训练集训练网络。经2009年开始的10个测试集测试
7
8
9 close all
10 clc;
11 clear;
12
13
14 %按年份排列的原始人均纯收入数据
15 t0=[6300.1 7180.2 7804.8 8903.3 10411.8 11786.2
16 13247.6 14726.0 14231.8 15345.6 16593.8 17924];
17
18
19 %绘制人均纯收入随年份的变化曲线
20 year=2007:2018
21 plot(year, t0, 'b+')
22 hold on
23 plot(year, t0, 'b-')
24 pause
25
26
27 %p、t、testp、testt为处理后的数据,处理程序为chuli.m
28 p=[
29 0.2497 0.2000 0.5573 0.6476 0.6846 0.7797 0.8538 0.8490 0.8993 0.9000;
30 0.2000 0.3027 0.3510 0.4685 0.5744 0.6431 0.7785 0.8151 0.8637 0.8996;
31 0.2182 0.3138 0.4123 0.5290 0.6163 0.6718 0.7378 0.8115 0.9000 0.2243;
32 0.5310 0.7977 0.7819 0.9000 0.7893 0.7714 0.8483 0.6828 0.9000 0.4045;
33 0.4162 0.6507 0.7893 0.7886 0.9000 0.7295 0.3917 0.4715 0.3561 0.5452;
34 0.2000 0.3273 0.5360 0.5860 0.6659 0.7429 0.8574 0.9000 0.8214 0.7458;
35 0.2000 0.5452 0.6571 0.6944 0.7556 0.8310 0.8659 0.9000 0.8024 0.5262;
36 0.6318 0.8092 0.8263 0.7685 0.9000 0.8679 0.5602 0.6798 0.6884 0.3261;
37 0.2000 0.2820 0.3346 0.4218 0.4937 0.5517 0.6143 0.6940 0.7377 0.7951];
38
39 t=[
40 0.2000 0.2530 0.2906 0.3568 0.4476 0.5304 0.6184 0.7074 0.6777 0.7447];
41
42
43 testp=[
```

```

44 0.5573 0.6476 0.6846 0.7797 0.8538 0.8490 0.8993 0.9000 0.7916 0.8431;
45 0.3510 0.4685 0.5744 0.6431 0.7785 0.8151 0.8637 0.8996 0.9000 0.8902;
46 0.4123 0.5290 0.6163 0.6718 0.7378 0.8115 0.9000 0.2243 0.2000 0.3429;
47 0.7819 0.9000 0.7893 0.7714 0.8483 0.6828 0.9000 0.4045 0.2000 0.3905;
48 0.7893 0.7886 0.9000 0.7295 0.3917 0.4715 0.3561 0.5452 0.2000 0.3406;
49 0.5360 0.5860 0.6659 0.7429 0.8574 0.9000 0.8214 0.7458 0.6481 0.7160;
50 0.6571 0.6944 0.7556 0.8310 0.8659 0.9000 0.8024 0.5262 0.5246 0.5855;
51 0.8263 0.7685 0.9000 0.8679 0.5602 0.6798 0.6884 0.3261 0.2000 0.3351;
52 0.3346 0.4218 0.4937 0.5517 0.6143 0.6940 0.7377 0.7951 0.8850 0.9000];
53
54 testt=[
55 0.2906 0.3568 0.4476 0.5304 0.6184 0.7074 0.6777 0.7447 0.8199 0.9000];
56
57
58 %建立 BP 网络,可以设计为一个隐含层的 BP 网络,隐层神经元数为 9
59 net = newff(minmax(p),[9 1],{'logsig' 'logsig'},'trainlm');
60
61
62 %设置训练参数
63 net.trainParam.lr=0.7; %学习率
64 net.trainParam.epochs = 10000; %最大训练次数
65 net.trainParam.goal = 1e-9; %目标误差
66
67
68 %训练网络
69 net = train(net,p,t);
70
71
72 %仿真
73 y = sim(net,testp); %将 2007 起的 10 组测试数据输入网络进行测试
74 E=testt-y; %计算测试集网络输出和目标的误差
75 %mse=MSE(E)
76
77 %预测 2011 年人均纯收入
78 p11=[0.6846;;
79 0.5744
80 0.6163;
81 0.7893;
82 0.9000;
83 0.6659;
84 0.7556;
85 0.9000;
86 0.4937]; %取预测数据
87 y11=sim(net,p11) %用 sim 仿真,计算 2011 年人均纯收入(规一化值)
88 y2011=min(t0)+(y11-0.2)*(max(t0)-min(t0))/0.7; %反归一化,求人均纯收入实际值
89 E11=y2011-10411.8 %计算误差

```

```

90
91 %预测 2012 年人均纯收入
92 p12=[0.7797;
93     0.6431;
94     0.6718;
95     0.7714;
96     0.7295;
97     0.7429;
98     0.8310;
99     0.8679;
100    0.5517]; %取预测数据
101 y12=sim(net,p12) %用 sim 仿真,计算 2012 年人均纯收入(规一化值)
102 y2012=min(t0)+(y12-0.2)*(max(t0)-min(t0))/0.7; %反归一化,求人均纯收入实际值
103 E12=y2012-11786.2 %计算误差
104
105 %预测 2013 年人均纯收入
106 p13; =[0.8538;
107     0.7785;
108     0.7378;
109     0.8483;
110     0.3917;
111     0.8574;
112     0.8659;
113     0.5602
114     0.6143]; %取预测数据
115 y13=sim(net,p13) %用 sim 仿真,计算 2013 年人均纯收入(规一化值)
116 y2013=min(t0)+(y13-0.2)*(max(t0)-min(t0))/0.7; %反归一化,求人均纯收入实际值
117 E13=y2013-13247.6 %计算误差
118
119
120 %预测 2014 年人均纯收入
121 p14=[0.8490;
122     0.8151;
123     0.8115;
124     0.6828;
125     0.4715;
126     0.9000;
127     0.9000;
128     0.6798;
129     0.6940]; %取预测数据
130 y14=sim(net,p14) %用 sim 仿真,计算 2014 年人均纯收入(规一化值)
131 y2014=min(t0)+(y14-0.2)*(max(t0)-min(t0))/0.7; %反归一化,求人均纯收入实际值
132 E14=y2014-14726.0 %计算误差
133
134 %预测 2015 年人均纯收入
135 p15=[0.8993;

```



```
136     0.8637;
137     0.9000;
138     0.9000;
139     0.3561;
140     0.8214;
141     0.8024;
142     0.6884;
143     0.7377]; %取预测数据
144 y15=sim(net,p15) %用 sim 仿真,计算 2015 年人均纯收入(规一化值)
145 y2015=min(t0)+(y15-0.2)*(max(t0)-min(t0))/0.7; %反归一化,求人均纯收入实际值
146 E15=y2015-14231.8 %计算误差
147
148
149 %预测 2016 年人均纯收入
150 p16=[0.9000;
151     0.8996;
152     0.2243;
153     0.4045;
154     0.5452;
155     0.7458;
156     0.5262;
157     0.3261;
158     0.7951]; %取预测数据
159 y16=sim(net,p16) %用 sim 仿真,计算 2016 年人均纯收入(规一化值)
160 y2016=min(t0)+(y16-0.2)*(max(t0)-min(t0))/0.7; %反归一化,求人均纯收入实际值
161 E16=y2016-15345.6 %计算误差
162
163
164 %预测 2017 年人均纯收入
165 p17=[0.7916;
166     0.9000;
167     0.2000;
168     0.2000;
169     0.2000;
170     0.6481;
171     0.5246;
172     0.2000;
173     0.8850]; %取预测数据
174 y17=sim(net,p17) %用 sim 仿真,计算 2017 年人均纯收入(规一化值)
175 y2017=min(t0)+(y17-0.2)*(max(t0)-min(t0))/0.7; %反归一化,求人均纯收入实际值
176 E17=y2017-16593.8 %计算误差
177
178 %预测 2018 年人均纯收入
179 p18=[0.8431;
180     0.8902;
181     0.3429;
```

```

182     0.3905;
183     0.3406;
184     0.7160;
185     0.5855;
186     0.3351;
187     0.9000];           %取预测数据
188 y18=sim(net,p18)     %用 sim 仿真,计算 2018 年人均纯收入(规范化值)
189 y2018=min(t0)+(y18-0.2)*(max(t0)-min(t0))/0.7; %反归一化,求人均纯收入实际值
190 E18=y2018-17924     %计算误差
191
192 %预测 2019 年人均纯收入
193 p19=[0.9000;
194     0.9000;
195     0.3429;
196     0.3905;
197     0.3406;
198     0.7160;
199     0.5855;
200     0.3351;
201     0.9000];           %取预测数据
202 y19=sim(net,p19)     %用 sim 仿真,计算 2019 年人均纯收入(规范化值)
203 y2019=min(t0)+(y19-0.2)*(max(t0)-min(t0))/0.7; %反归一化,求人均纯收入实际值
204
205
206 t2=[t0 y2019];       %将 2019 年数据加入原始数据 p0 中
207 %year=[year 2019];
208
209 figure
210 plot(year,t0,'g-.')
211 hold on
212 plot(year,t0,'g+')
213 hold on
214 plot(2011,y2011,'ro') %用红色 o 绘制 2011 年预测的数据点。
215 plot(2012,y2012,'ro') %用红色 o 绘制 2012 年预测的数据点。
216 plot(2013,y2013,'ro') %用红色 o 绘制 2013 年预测的数据点。
217 plot(2014,y2014,'ro') %用红色 o 绘制 2014 年预测的数据点。
218 plot(2015,y2015,'ro') %用红色 o 绘制 2015 年预测的数据点。
219 plot(2016,y2016,'ro') %用红色 o 绘制 2016 年预测的数据点。
220 plot(2017,y2017,'ro') %用红色 o 绘制 2017 年预测的数据点。
221 plot(2018,y2018,'ro') %用红色 o 绘制 2018 年预测的数据点。
222 plot(2019,y2019,'ro') %用红色 o 绘制 2019 年预测的数据点。
223 year=[year 2019];
224 plot(year,t2,'g-.')
225 pause
226 disp('2019 年人均纯收入预测值为: '),y2019
227 disp('程序运行结束');

```