

河南省农林牧渔业经济增长因素分析

——基于柯布 - 道格拉斯函数

高文敏, 王 菡, 邓媛媛, 阎虎勤

厦门国家会计学院, 福建 厦门
Email: wanghan0627@163.com

收稿日期: 2021年5月6日; 录用日期: 2021年6月3日; 发布日期: 2021年6月10日

摘 要

本文通过运用Python语言, 引入柯布 - 道格拉斯函数, 选取2003~2017年度河南省农林牧渔业生产总值、农林牧渔业城镇就业人员数量、农林牧渔业固定资产投资完成额的相关数据, 对数据进行拟合分析。然后, 又对边际产出、边际技术替代率进行拟合分析, 最后得出河南省农林牧渔业劳动力及资本投入对该省农林牧渔业产出的影响机制。

关键词

柯布 - 道格拉斯函数, 资本投入, 劳动投入

Analysis of Economic Growth Factors of Agriculture, Forestry, Animal Husbandry and Fishery in Henan Province

—Based on the Cobb-Douglas Function

Wenmin Gao, Han Wang, Yuanyuan Deng, Huqin Yan

Xiamen National Accounting Institute, Xiamen Fujian
Email: wanghan0627@163.com

Received: May 6th, 2021; accepted: Jun. 3rd, 2021; published: Jun. 10th, 2021

Abstract

By using Python language and introducing Cobb-Douglas function, this paper selects the data

related to the gross production value of agriculture, forestry, animal husbandry and fishery, the number of employed people in towns and the investment amount of fixed assets in agriculture, forestry, animal husbandry and fishery from 2003 to 2017 in Henan Province, and makes a fitting analysis on the data. Then, it carries on the fitting analysis to the marginal output and marginal technology substitution rate, and finally obtains the influence mechanism of labor and capital input on the agriculture, forestry, animal husbandry and fishery in Henan province.

Keywords

Cobb-Douglas Function, Capital Investment, Labor Input

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

河南省位于黄河中下游，是中原文化的发源地，其气候宜人，人口众多，农业发展历史悠久，河南省不仅是一个人口大省，更是一个农业大省，是中国的粮食主产区。因此对河南农业生产率进行评价，了解其变动趋势和影响因素，具有非常重要的意义。

当前，河南省农业发展总体状况良好，土地流转速度加快，机械化程度提高，经济类作物种植面积增加，特色农业规模扩大，农业劳动力人口快速下降，山区退耕还林工程进展效果显现，平原向种粮大户集中，河南农业现代化水平逐年提升，在中部四省位居前列。但是河南省农业发展还存在农业劳动力素质低、种粮积极性不高、粗放式经营、化肥和农药施用量持续增加、土地污染加剧等问题。

美国数学家柯布(C. W. Cobb)和经济学家保罗·道格拉斯(Paul H. Douglas)在研究投入和产出的关系时，发现了劳动要素和资本要素在投入产出函数中的影响，并引入了技术资源，于是将其研究的函数命名为柯布-道格拉斯函数。最初，该函数诞生于美国制造业的生产函数，柯布和道格拉斯经过23年的研究总结而出。针对美国的制造业，他们认为该行业的投资主要分为两类，一类是对土地的使用和拥有，另一类包括固定资产投资和存货投资。同时，他们认为在商品经济发展的过程中，对商品生产、销售等发挥关键作用的资本不包括流动资本和土地投资，流动资本是商品制造的结果而非原因，土地随着投资数额的变化异常增值的比例较高。基于此，柯布道格拉斯函数中，资本要素选取的是企业正常经常生产的机器、设备、工具、工厂建筑等的投资。劳动要素选取的是普通劳动者。近年来，关于农业经济增长影响因素的研究很多。如张红彦、刘迎洲(2015) [1]在《2009~2012年山东省农业经济增长影响因素分析》中运用柯布·道格拉斯生产函数研究农药、农用塑料薄膜等生态要素对农业经济增长的影响，唐晴(2018) [2]同样以山东农业经济增长作为研究对象，结合山东省1990~2016年相关数据，分析资本投入和劳动力投入为农业经济发展作出的贡献。黄成(2015) [3]，王虹，任宇杰(2015) [4]则分别以福建省和陕西省作为研究对象，利用柯布道格·拉斯函数对制约所研究省份的因素进行了分析，并得到了相同的结论，即经济发展更加依赖于劳动力投入，资本贡献相对较小，因此亟待提升人力及技术的支持力度。而邓雨婷(2018) [5]在对深圳市1979~2016年数据进行分析后，则得到资本投入效果大于劳动投入的结论，可见由于地区发展以及所研究的区域规模的差异，劳动投入与资本投入对经济

发展的影响往往也会呈现差异。闫二旺, 蒋伟, 张瑜(2019) [6]在对山西省经济增长要素进行分析后提出应当改善劳动力结构、加大资本投入以及提高全要素生产率的对策建议。学者们除了借助柯布道格拉斯函数对不同地区经济发展要素进行分析, 还利用该模型进行了许多社科类研究。例如, 马鹏超(2017) [7]在《中国农村剩余劳动力转移对农业经济增长的影响研究》, 文中用柯布·道格拉斯函数计量模型分析了农村剩余劳动力转移对农业经济发展的影响。张康宁(2019) [8]以美国井公矿为例, 分析了人员投入和产能的关系, 并对我国西部优质煤炭产能释放过程中人员结构提供有益借鉴。刘案体(2018) [9]基于 1985 与 2014 年中国省级截面数据对劳动力与资本进行分析, 解释我国改革开放的经济政策和人口政策的变化原因。可见, 柯布·道格拉斯函数不仅对研究地区经济发展驱动要素起到重要作用, 还有利于经济现象的分析和宏观政策的解读。本文试图采用柯布 - 道格拉斯生产函数并结合 2003~2017 年河南省农林牧渔业的相关数据, 分析河南省农林牧渔业的资产投入、劳动力投入对农林牧渔业经济增长的贡献值, 并得出相关结论。

2. 柯布 - 道格拉斯函数原理

柯布 - 道格拉斯函数也称为生产函数(Cobb Douglas Product Function, CD 函数), 特指一类满足指数函数特征的多元函数。该函数在数理经济学、计量经济学、微观、宏观经济学中使用广泛, 是经济学中最广泛的一种生产函数。它主要是用来预测国家、地区投入产出关系的一种数学模型, 既可以应用于宏观, 也可以应用于微观, 地位十分重要。其基本表达式为:

$$y = f(x) = f(x_1, x_2) = Ax_1^\alpha x_2^\beta, \quad \partial + \beta = \theta \quad (1)$$

其中变量 x_1, x_2 为两个不同类别的投入要素, y 表示投入要素所带来的产出。 α, β 表示投入要素 x_1, x_2 的边际弹性, 一般要求大于 0。

参数 $A > 0$, 表示技术发展水平对于产出的影响, 又或者称为技术进步因子。由于技术进步与时间变量 t 有关, 所以, 如果将技术进步因子表示为时间 t 的函数, 那么 A 可以表示为 $A = e^{g(t)}$, 函数 $g(t)$ 可以是一个多项式, 也可以是其他类型的函数, 这样表示的生产函数具有一定的动态性[10]。当我们将技术进步因子中的 $g(t)$ 定为多项式时, $g(t)$ 表现为:

$$g(t) = a_0 + a_1t + a_2t^2 + \dots + a_nt^n \quad (2)$$

因此, 柯布 - 道格拉斯函数可以表示为:

$$y = f(t, x_1, x_2) = e^{g(t)} x_1^\alpha x_2^\beta = e^{a_0 + a_1t + a_2t^2 + \dots + a_nt^n} x_1^\alpha x_2^\beta, \quad \partial + \beta = \theta \quad (3)$$

3. 本文数据来源及研究方法

3.1. 数据来源

本文利用万得数据库, 收集了 2003~2017 年度河南省农林牧渔业生产总值、农林牧渔业城镇就业人员数量、农林牧渔业固定资产投资完成额的相关数据, 并将城镇就业人口数、固定资产投资完成额作为自变量, 农林牧渔业生产总值作为因变量, 探讨它们之间的函数关系。数据如表 1 所示。

通过对数据进行分析, 我们发现河南省农林牧渔业固定资产投资完成额呈现快速增长, 年几何平均增长达到了 23%, 农林牧渔业生产总值增长速度虽然每年也在高速增长, 但是增长速度不到固定资产投资完成额的一半, 几何平均增长率为 9.3%。与此同时, 随着科技的飞速发展, 自动化水平的不断提高, 大量人工劳动被机器所取代, 致使城镇就业人员数量不断减少, 年几何平均递减率为 11.18%。

Table 1. Relevant data of agriculture, forestry, animal husbandry and fishery in Henan Province from 2003 to 2007
表 1. 河南省农林牧渔业 2003~2007 年相关数据

y	固定资产投资完成额	城镇就业人数	生产总值
2003	149.49	9.63	1239.7
2004	129.51	9.06	1692.8
2005	166.56	9.53	1892
2006	193.35	8.81	1916.71
2007	286.02	8.69	2218
2008	537.6	7.94	2659
2009	761.5	6.97	2769
2010	824.1	7.12	3258.11
2011	720.89	7.25	3512.24
2012	825.89	5.83	3769.5
2013	962.03	5.19	4059
2014	1343.18	5.09	4261.7
2015	1738.89	2.53	4348.4
2016	2250.44	2.08	4439.96
2017	2675.94	1.83	4310.55

3.2. 模型拟合过程及结果

基于前述模型原理, 本文利用 Python 语言, 首先对时间变量进行了一定的处理, 然后调用了 Curve-Fit 函数库, 之后又引入了柯布一道格拉斯函数模型, 最后通过不断调整 $g(t)$ 的时间变量 t 的阶数, 分析得出结果最优的阶数。通过运用以上过程, 对影响河南省农林牧渔业经济增长的因素进行拟合与分析, 其中自变量 x_1 , x_2 分别为河南省从事农林牧渔业的城镇就业人员数量, 河南省农林牧渔业的固定资产投资完成额, y 表示河南省农林牧渔业生产总值, 同时 $\partial + \beta = \theta = 1$ 。

首先, 我们通过构造比例关系对时间因素进行一定的处理, 使时间变量值落在 $[-1, 1]$ 的区间上。假设时间 T 落在 $[a, b]$ 的区间上, 以转化后的自变量设为 x , 比例关系为:

$$\frac{T-a}{b-a} = \frac{x+1}{2} \quad (4)$$

可得: $x = 2 * (T - a) / (b - a) - 1$

通过循环函数不断代入表格中的时间数据, 可以得到关于时间的数据集合, 经过处理, 其区间由原来的 $[2003, 2017]$ 变化为 $[-1, 1]$, 并将其作为 Curve-fit 函数表达式中嵌入的切比雪夫函数的自变量。

其次, 我们运用程序语言读取原表格中的自变量以及因变量的数据, 并通过 Curve-Fit 函数以及 Cobb-Douglas 函数对数据进行运行。最后, 通过不断对 $g(t)$ 的时间变量 t 的阶数进行调整, 得到以下结果, 如下表 2 所示。

Table 2. Summary table of t-order fitting results
表 2. t 阶数拟合结果汇总表

阶数	R 平方	α (城镇就业人口数量)	β (固定资产投资完成额)
1	0.8263	0.4683	0.5317
2	0.9509	0.3886	0.6114
3	0.9428	0.4270	0.5730
4	0.9729	0.4419	0.5581
5	0.9727	0.6953	0.3047
6	0.9669	0.5876	0.4124

最后，根据在拟合系数近似的情况下优先选用阶数较小的原则，我们发现当阶数为 4 时，拟合效果最佳，拟合结果如图 1 所示。

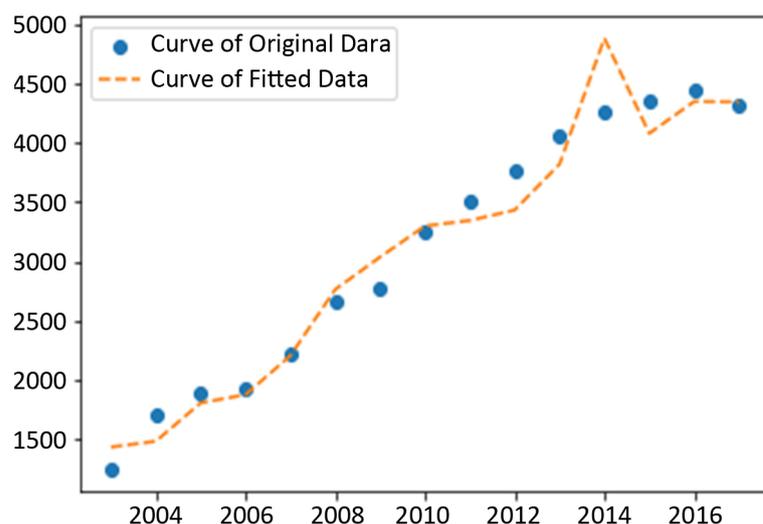


Figure 1. Labour and capital inputs to GDP projection
图 1. 劳动力和资本投入对生产总值预测图

当阶数为 4 时，我们还发现无论 p_0 值为多少，拟合系数 r 平方的变化极小，可以忽略不计，并且自变量的系数也没有明显变化。因而我们任选其中一个 p_0 值代入函数表达式，得出自变量城镇就业人口数对应的系数为 0.5581，固定资产投资完成额对应的系数为 0.4419。当阶数为 4 时 $g(t)$ 模型表达式如下所示：

$$g(t) = e^{-0.5309t^4 + 0.0358t^3 + 0.6616t^2 + 0.3475t + 3.6158} \quad (5)$$

3.3. 拟合结果分析

3.3.1. 拟合指标 R 平方值

R 平方值是趋势线拟合程度的指标，取值范围在 0~1 之间，它的数值大小可以反映趋势线的估计值与对应的实际数据之间的拟合程度，拟合程度越高，趋势线的可靠性就越高。当趋势线的 R 平方值等于 1 或接近 1 时，其可靠性最高，反之则可靠性较低。

根据拟合系数计算公式，R 平方值 = 回归平方和(ESS)/总平方和(TSS)，本文中 R 平方值为 0.973，可知自变量对结果的解释能力较强。

3.3.2. 边际产出

边际产出是指每新增一单位生产要素所带来的产出量的增加，以本文研究对象为例，是指每新增一单位生产要素投入量带来的河南省农渔业生产总值的增加值。表达式为：

$$MP_1 = \frac{\partial y}{\partial x_1} = \alpha A x_1^{\alpha-1} x_2^\beta = \frac{\alpha y}{x_1} \quad (6)$$

$$MP_2 = \frac{\partial y}{\partial x_2} = \beta A x_1^\alpha x_2^{\beta-1} = \frac{\beta y}{x_2} \quad (7)$$

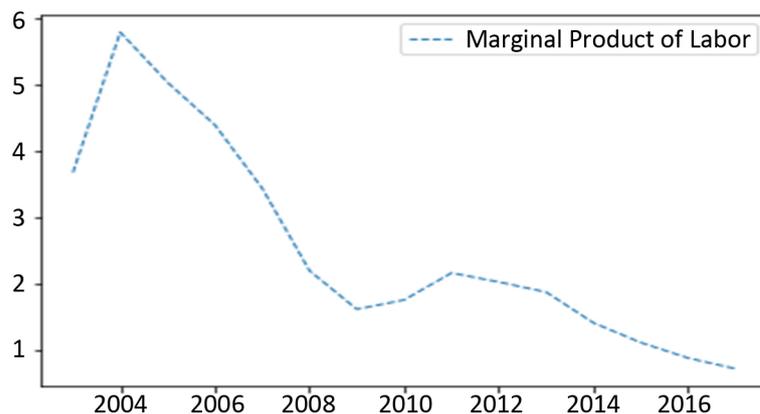


Figure 2. Output of agroforestry
图 2. 从业人数的边际产出

从图 2 中可以看出，2004~2009 年，农林牧渔业从业人数的边际产出急剧下降，即每增加一单位劳动力数量，所带来的产出值不断减小，2010~2011 年出现了短暂的回升后，2012 年及之后年份又出现了持续的下降。这说明随着科技进步，劳动力数量对产出值的贡献在不断受到削弱。首先，机器的普及，替代了大量低效率的劳动力。其次，人工成本的提高，给从事农牧渔业的企业带来了沉重的负担，而机器的不断更新迭代，对农牧渔业从业人员快速学习能力和使用能力都提出了较高的要求，也提高了企业的员工培训成本。因此，企业更倾向于减少雇佣廉价的劳动力，从而集中资源培训少量得以留用的员工。

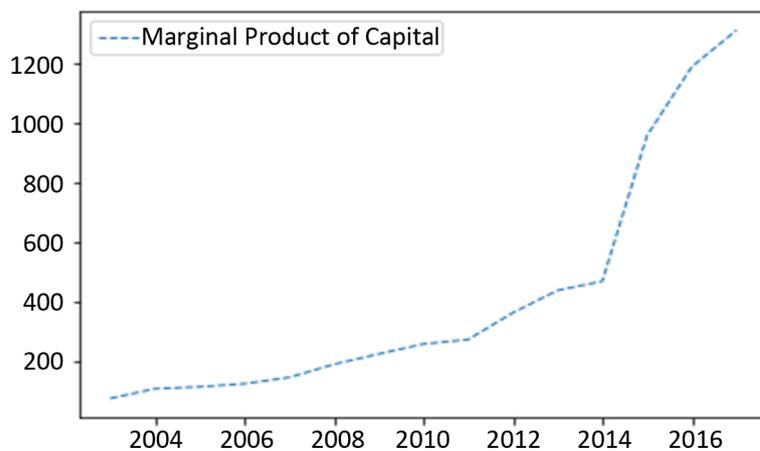


Figure 3. Marginal output of investment in fixed assets
图 3. 固定资产投资边际产出

从图3中可以看出,2004~2017固定资产投资边际产出不断攀升,但是从上升幅度来说,2004~2014年固定资产投资边际产出上升幅度较为缓慢,从2015年开始,上升幅度较大,这说明每单位固定资产投资带来的产出不断增加,固定资产投资的效率和带来的经济效益不断提升,固定资产对经济产出的增值效应日渐显著。

3.3.3. 边际技术替代率

边际技术替代率是指在产量保持不变的前提条件下,增加一种生产要素的数量与可以减少的另一种生产要素的数量之比,即为了保证产出相同,在减少一单位生产要素的同时应当增加另一单位生产要素的数量。通常,由于生产过程中投入的生产要素是不完全替代的,随着一种生产要素数量的增加,该要素对另外一种要素的边际技术替代率是递减的。公式表达式如下:

$$MRTS_{1,2} = \frac{MP_1}{MP_2} = \frac{\frac{\alpha y}{x_1}}{\frac{\beta y}{x_2}} = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x_2}{x_1} \right) \quad (8)$$

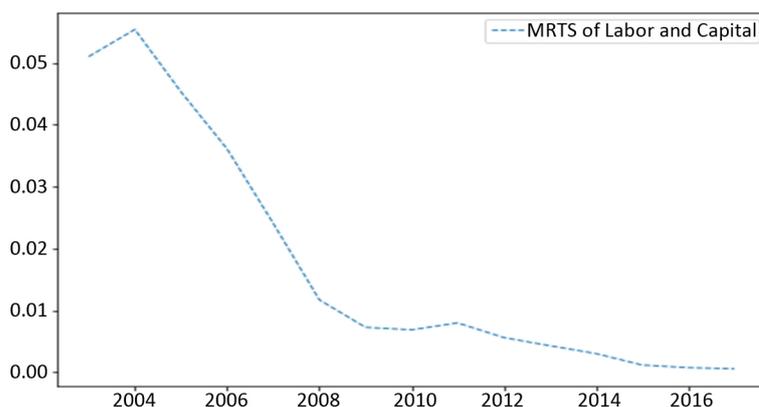


Figure 4. Marginal technology substitution rate of labor to capital in

图4. 劳动力对资本投入的边际技术替代率

随着时代的发展,自动化水平不断提高,劳动力对农林牧渔业的生产总值贡献能力越来越小,而固定资产投资对农林牧渔业的生产总值贡献能力在显著提升,因而出现了以上的关系图4,农林牧渔业劳动力对资本投入的边际技术替代率不断下降,在2004~2008年期间,其下降速度非常快,这意味着,为了保持产出相同,用于弥补劳动力投入减少而增加的资本投入量越来越少,即资本对经济的增值能力不仅超过了劳动力对经济的增值能力,且二者的差距越来越大。

4. 总结

本文中我们探讨了河南省农林牧渔业劳动力及资本投入对该省农林牧渔业生产总值的影响机制,并以河南省从事农林牧渔业的城镇就业人口数量作为劳动力的衡量指标,固定资产投资完成额作为资本投入的衡量指标。通过上述分析,我们认为河南省农林牧业生产总值受到了河南省农林牧渔业劳动力以及资本投入这两个因素的影响,并且现阶段这两个因素对因变量的影响差异较小。通过对劳动力以及资本投入边际产出的具体分析,我们发现,随着时间的推移,劳动力对农林牧业的生产总值贡献能力不断削弱,而固定资产投资对生产总值的贡献能力不断加强。紧接着,我们对劳动力及资本投入的边际技术替代率进行了计算,分析得出了资本对经济产出的贡献能力不仅超过了劳动力对经济的贡献能力,且二者

的差距越来越大的结论。

5. 建议

针对上述的分析,我们提出以下建议,为促进河南省经济的更好发展,其首先要贯彻落实新发展理念,坚持以科技创新为第一动力,把开放作为发展的源泉。一是需要政府根据具体的地域情况落实国家的相关政策,抓住发展机遇,制定一系列的优惠政策,如税收返还,税收优惠等,大力吸引沿海发达地区转移或者溢出的劳动密集型的产业,增加外来资本的投入,发挥人口大省的优势。其次,河南省应该加大高科技产业的发展,以及科研和科技人才的引进,创造更多依靠创新带动的发展机遇。同时,还应加大重大科研项目建设,不断提升企业高校科研机构创新能力,用科技带动生产的发展,用技术代替劳动力促进经济的发展,脚踏实地实现经济增长模式的转变。

基金项目

本论文得到了厦门国家会计学院“云顶课题:Python 财务数据分析”项目和大米(厦门)科技股份有限公司的支持。

参考文献

- [1] 张红彦,刘迎洲. 2009~2012年山东省农业经济增长影响因素分析[J]. 南方农业学报, 2015, 46(4): 717-721.
- [2] 唐晴. 山东省农业经济增长影响因素分析——基于柯布-道格拉斯生产函数[J]. 山东商业职业技术学院学报, 2018, 18(3): 13-17+59.
- [3] 黄成. 福建省农业经济增长因素分析——基于柯布-道格拉斯生产函数[J]. 张家口职业技术学院学报, 2015, 28(4): 1-3.
- [4] 王虹,任宇杰. 陕西省影响经济增长的因素研究——基于柯布道格拉斯生产函数[J]. 商, 2015(20): 262.
- [5] 邓雨婷. 深圳市经济增长、劳动投入与资本投入关系研究——基于柯布-道格拉斯生产函数[J]. 全国流通经济, 2018(29): 62-63.
- [6] 闫二旺,蒋伟,张瑜. 山西省经济增长因素分析——基于柯布-道格拉斯函数[J]. 太原师范学院学报(社会科学版), 2019, 18(4): 75-79.
- [7] 马鹏超. 中国农村剩余劳动力转移对农业经济增长的影响研究[J]. 山西经济管理干部学院学报, 2017, 25(2): 62-66.
- [8] 张康宁. 基于柯布-道格拉斯生产函数的煤矿产能分析研究[J]. 煤炭经济研究, 2019, 39(12): 36-40.
- [9] 刘案体. 1985年与2014年劳动力与资本对中国经济增长影响的对比分析——基于柯布-道格拉斯函数[J]. 知识经济, 2018(7): 32-34.
- [10] 阎虎勤. Python 财务数据分析[M]. 厦门: 厦门国家会计学院, 2021.