

Cointegration Analysis and Error Correction Model of Economic Growth, Aging and Medical Cost Growth

Haoda Wang, Fengjiao Yi

School of Mathematical Sciences, Ocean University of China, Qingdao Shandong
Email: wanghaodawhd@163.com, yifengjiao_yfj@163.com

Received: May 24th, 2018; accepted: Jun. 12th, 2018; published: Jun. 19th, 2018

Abstract

China is a relatively prominent country with a population aging problem. Since 1990, China's aging process has been accelerating. Ageing inevitably has a certain impact on our society. At the same time, China's medical resources are insufficient and medical costs are relatively high. In order to explore the relationship between the growth of medical expenses and economic growth and aging, this paper considers the three time series of per capita GDP, the proportion of people aged 65 and over, and per capita medical expenses. The method of cointegration analysis and error correction model used in multivariate time series analysis was used to explore the long-term equilibrium relationship and short-term adjustment mechanisms of the intrinsic interdependence. The analysis shows that there is an agreement between China's medical expenses, elderly population ratio, and GDP. The overall relationship, economic growth, and population aging have long-term effects and short-term adjustments on the growth of medical expenses.

Keywords

Cointegration Analysis, Error Correction Model, Medical Expenses, Economic Growth, Aging

经济增长、老龄化与医疗费用增长的协整分析与误差修正模型

王浩达, 伊凤娇

中国海洋大学数学科学学院, 山东 青岛
Email: wanghaodawhd@163.com, yifengjiao_yfj@163.com

收稿日期: 2018年5月24日; 录用日期: 2018年6月12日; 发布日期: 2018年6月19日

摘要

我国是一个人口老龄化问题比较突出的国家, 1990年以来, 我国的老龄化进程不断加快。老龄化不可避免的对我国社会产生了一定的影响。于此同时, 我国的医疗资源不足, 医疗费用较高, 为探索医疗费用增长与经济增长和老龄化的关系, 本文考虑人均GDP, 65岁及以上人口比例和人均医疗费用这三个时间序列, 选用多元时间序列分析常用的协整分析和误差修正模型的方法, 对三者的内在依存长期均衡关系和短期调整机制进行了探讨, 分析表明我国的医疗费用和老年人比例以及GDP之间存在协整关系, 经济增长、人口老龄化对医疗费用增长都有长期影响和短期调整作用。

关键词

协整分析, 误差修正模型, 医疗费用, 经济增长, 老龄化

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

早在 1974 年, Kleiman 等人的研究表明医疗支出占 GDP 的比例会随着人均收入的提高而提高[1], 但是这些文献大都忽略了时间序列平稳性的问题, 先验的假定序列满足平稳的条件, 从而导致基于 OLS 的回归结果可能是“伪回归”。事实上时间序列的平稳性假定很难满足, 随着社会的发展, GDP 和医疗费用的增长是一种必然趋势。根据 Murthy 和 Ukpolo 的研究结果, 美国 1960 年至 1987 年的人均实际医疗支出与人均收入之间存在长期均衡的协整关系[2]。变量间存在协整关系的检验证明, 使得基于 OLS 的回归结果即使在变量非平稳的情况下也可以成立。

从另外一个角度考虑, 年龄增长是造成人类医疗费用支出比重提高的一个重要因素。本文考虑了人均 GDP, 65 岁及以上人口比例和人均医疗费用的协整关系, 研究医疗费用和经济以及老龄化状况的长期均衡关系和基于误差修正模型的短期波动关系。

2. 基本理论概述

2.1. 伪回归问题

所谓伪回归是指理论上自变量与因变量无关,但是直接做回归却得出肯定的结论, 而且模型能通过检验[4]。此时, 原本没有关系的变量间表现出的模型上的回归是“伪回归”。当自变量与因变量都非平稳时很容易出现“伪回归”问题。

2.2. 单整

如果非平稳的时间序列一阶差分后平稳, 则称该时间序列为一阶单整的, 记为 $I(1)$, 一般而言, 如果时间序列平稳, 记为 $I(0)$, 如果 d 阶差分后平稳, 称为 d 阶单整, 记为 $I(d)$ 。

2.3. 斜整

协整的含义: 如果时间序列 $y_{1r}, y_{2r}, \dots, y_{nr}$ 都是 d 阶单整, 即 $I(d)$, 存在一个向量 $a = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ 使

得 $ay_t \sim I(d-b)$, 这里 $y_t = (y_{1t}, y_{2t}, \dots, y_{nt})$, $d \geq b \geq 0$ 。则称序列是 (d,b) 阶单整, 记为 $ay_t \sim CI(d,b)$, 其中 a 为协整向量。

例如, GDP 时间序列 $\{y_t\}$, 为 1 阶单整序列, 医疗费用支出时间序列 $\{x_t\}$, 也为 1 阶单整序列, 如果二者的线性组合 $\{a_1y_t + a_2x_t\}$ 构成的新序列为 0 阶单整序列, 于是认为序列 $\{y_t\}$ 与 $\{x_t\}$ 是 $(1,1)$ 阶协整的。

协整的经济意义在于, 两个具有各自独立变动规律的变量之间存在着一个长期稳定的比例关系, 这种协整关系的存在便可以通过其它变量的变化来影响另一变量的变化。

2.4. 误差修正模型(EMC)

如对于 y_t 的 $(1,1)$ 阶自回归分布滞后模型: $y_t = \alpha + \beta_0x_t + \beta_1x_{t-1} + \beta_2y_{t-1} + \varepsilon_t$
在模型两端同时减去 y_{t-1} , 在模型右端, 得

$$\begin{aligned}\Delta y_t &= \alpha + \beta_0\Delta x_t + (\beta + \beta_1)x_{t-1} + (\beta_2 - 1)y_{t-1} + \varepsilon_t \\ &= \beta_0\Delta x_t + (\beta_2 - 1)\left[y_{t-1} - \frac{\alpha + \beta_0}{1 - \beta_2} - \frac{\beta_1}{1 - \beta_2}x_{t-1}\right] + \varepsilon_t \\ &\doteq \beta_0\Delta x_t + \gamma(y_{t-1} - \alpha_0 - \alpha_1x_{t-1}) + \varepsilon_t \\ &\doteq \beta_0\Delta x_t + \gamma ecm_{t-1} + \varepsilon_t\end{aligned}$$

其中, ecm_{t-1} 是非均衡误差, γecm_{t-1} 是误差修正项, γ 是修正系数。

该模型说明了短期波动 Δy_t 是如何被决定的, 既受到 Δx_t 的影响, 也受到误差修正项的作用[5]。误差修正模型是个短期波动模型。

如果 $\{x_t\}$ 和 $\{y_t\}$ 都是一阶单整的, 模型左边是平稳的, 右边在 $\{x_t\}$ 和 $\{y_t\}$ 协整时也平稳。

假设两者协整, 且存在长期均衡关系

$$\begin{aligned}y_t &= \alpha_0 + \alpha_1x_t + \varepsilon_t \\ y_{t-1} - \alpha_0 - \alpha_1x_{t-1} &= \varepsilon_{t-1} = ecm_{t-1}\end{aligned}$$

由于经常是 $\beta_2 < 1$, 所以 $\gamma < 0$, 当 $ecm_{t-1} > 0$ 时(正误差), 误差修正项 $\gamma ecm_{t-1} < 0$, 反之, 当 $ecm_{t-1} < 0$ 时(负误差), 误差修正项 $\gamma ecm_{t-1} > 0$ 。所以误差修正是一个反向调整的过程[6]。

关于的误差修正模型的一般形式可表示为:

$$\Delta y_t = \beta_0 + \sum_{j=1}^n \beta_{1j} \Delta y_{t-j} + \sum_{j=1}^n \beta_{2j} \Delta x_{t-j} + \beta_3 ecm_{t-1} + \varepsilon_t$$

其中, $ecm_t = y_t - \hat{\alpha}_0 - \hat{\alpha}_1x_t$ 。

3. 实证分析

3.1. 数据及变量选取

本文使用 1990 年到 2015 年的数据, 数据来自国家统计局网站。令 1990 年数据为 100, 定为基期, 然后将各年数据进行指数化处理, 分别把每年数据除以基期数据, 以减小误差。再对得到的指数采用经济数据处理中常用的取对数的方法, 达到减小异方差的目的。处理后的变量命名为 $\ln P65$ (65 岁以上老年人口比例), $\ln h$ (医疗费用), $\ln GDP$ (GDP)。

3.2. 平稳性检验(单整检验)

由时序图(见图 1)可以清晰的看出, 老年人口比例不断提高, 老龄化现象日益加重, 医疗费用和 GDP 的也大幅度增长, 增长速度更大, 对上述三个时间序列分别做平稳性检验。

医疗费用, GDP和老年人口比例的时序图

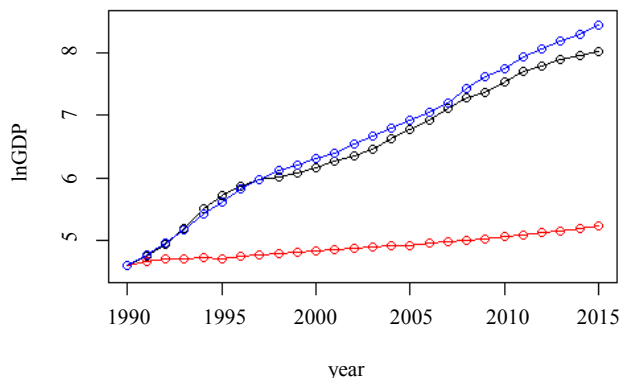


Figure 1. Timing diagram
图 1. 时序图

由图 1 初步判断三个时间序列都是不平稳的。为了更准确的得出结论, 我们选用假设检验的方法验证(见表 1)。原假设为: 有单位根, 即时间序列非平稳。

$\ln P65$, $\ln h$, $\ln GDP$ 的检验的 P 值分别为: 0.9780, 0.5771 和 0.9252, 取显著性水平为 0.05, p 值都大于 0.05, 接受原假设, 认为三个时间序列均非平稳。

对原时间序列做一阶差分, 差分后的序列记为 $\text{diff}\ln h$, $\text{diff}\ln GDP$, $\text{diff}\ln P65$, 做时序图(见图 2)。

$\text{diff}\ln h$, $\text{diff}\ln GDP$, $\text{diff}\ln P65$ 单位根检验的 p 值分别为 0.0001, 0.0000, 0.0139, 均小于显著性水平 0.05 (见表 2), 我们拒绝原假设, 认为三个时间序列均为一阶单整(一阶差分后平稳)。

多元时间序列同阶单整, 符合协整的前提条件, 下面我们会对三个时间序列做协整检验。

3.3. 协整检验

由协整检验的基本思想是: 尽管单独看, 变量的时间序列均为非平稳序列, 但它们同阶单整, 且某种线性组合却是稳定的, 则称变量之间便存在长期稳定关系即协整关系。

关于协整检验的经典方法有两阶段估计方法, 是在 1987 年, 由 Engle 和 Granger 提出的。除此之外, Johansen, Johansen 和 Juselius 提出了迹统计检验方法。

Engle 和 Granger 检验法先建立回归, 再检验残差项是否平稳, 具体过程如下: 以 $\ln h$ 为因变量, $\ln GDP$ 和 $\ln P65$ 为自变量建立回归模型(见图 3)。

提取残差, 记为 error , 做残差的散点图, 直观表明残差序列基本平稳, 为了从数学上说明可以继续对残差序列的单位根检验(见图 4)。

残差的检验结果(见图 5) $P = 0.02$ 表明残差为平稳的, 变量间存在明显的协整关系。

Johansen 的迹统计检验结果(见图 6)表明, 当 $r \leq 2$ 时, 接受了原假设, 认为协整关系小于等于 2 个。再看在 $r \leq 1$ 时也接收原假设, 即认为协整个数小于等于 1 个, 当 $r \leq 0$ 时拒绝了原假设, 认为协整个数等于 1 个。变量 $\ln h$ 、 $\ln y$ 、 $\ln p65$ 之间存在惟一的协整关系, 且所对应的长期均衡方程为(见图 7)。

由上述结果可以看出, 经济增长对我国医疗支出的产出弹性为 0.8784, 人口老龄化的产出弹性为 1.3707, 人口老龄化对我国医疗费用增长的影响明显高于经济增长对我国医疗费用增长的影响。

何平平在《协整分析与误差修正模型——经济增长、人口老龄化与我国医疗费用增长的实证研究》一文中, 选择了 1978 年到 2003 年的数据做了相同的研究, 根据他的研究结果, 经济增长对我国医疗支出的产出弹性为 0.8352, 人口老龄化的产出弹性为 2.3123 [3]。

Table 1. Sequence unit root test
表 1. 序列单位根检验

	t statistic	Test critical values	prob
lnP65	0.3882	-2.9919	0.9780
lnh	-1.3734	-2.9981	0.5771
lnGDP	-0.1899	-3.0207	0.9252

Table 2. Differential back-sequence unit root test
表 2. 差分后序列单位根检验

	t statistic	Test critical values	prob	prob
difflnP65	-6.9602	-3.6220	0.0000	0.9780
difflnh	-5.9881	-3.0049	0.0001	0.5771
difflnGDP	-0.4332	-3.6584	0.0139	0.9252

差分后医疗费用, GDP和老年人口比例的时序图

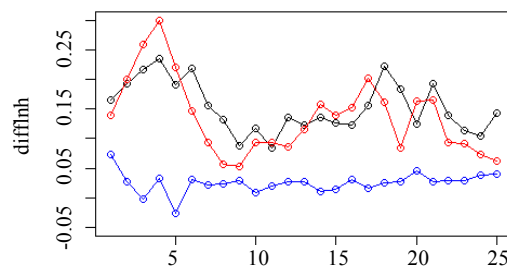


Figure 2. Sequence difference after timing chart
图 2. 序列差分后时序图

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-5.79776	1.10386	-5.252	2.50e-05 ***
lnGDP	0.8784	0.04951	17.741	6.48e-15 ***
lnP65	1.37073	0.28903	4.743	8.84e-05 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.5261 on 23 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.998, Adjusted R-squared: 0.9978
F-statistic: 5790 on 2 and 23 DF, p-value: < 2.2e-16

Figure 3. Regression results
图 3. 回归结果

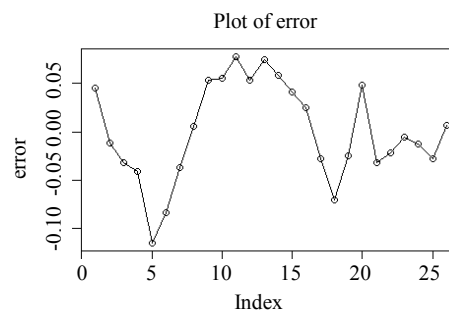


Figure 4. Residual scatter plot
图 4. 残差散点图

Null Hypothesis:E has a unit root
 Exogenous:Constant
 Lag Length:1(Automatic based on SIC,MAXLAG=5)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-3.431828	0.0202
Test critical values:		
1% level	-3.752946	
5% level	-2.998064	
10% level	-2.638752	

*MacKinnon(1996) one-sided p-values

Figure 5. Residual unit root test
图 5. 残差单位根检验

values of teststatistic and critical values of test:

	test	10pct	5pct	1pct
r<=2	3.18	6.5	8.18	11.65
r<=1	12.07	15.66	17.95	23.52
r=0	30.22	28.71	31.52	37.22

Figure 6. Results of Johnsen trace statistics test
图 6. Johnsen 迹统计检验结果

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-5.79776	1.10386	-5.252	2.50e-05 ***
lnGDP	0.8784	0.04951	17.741	6.48e-15 ***
lnP65	1.37073	0.28903	4.743	8.84e-05 ***

 Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
 Residual standard error:0.5261 on 23 degrees of freedom
 Multiple R-squared: 0.998, Adjusted R-squared:0.9978
 F-statistic: 5790 on 2 and 23 DF, p-value: < 2.2e-16

Figure 7. Long-term equilibrium equation
图 7. 长期均衡方程

与本文用 1990 年到 2015 年的数据做出的结果, 经济增长的系数略有提升, 这归因于居民生活水平改善后, 更加注重身体健康, 提高了医疗支出在消费中的比重。但是老龄化的系数不同, 这归因于 2003 年至今, 我国的老龄化情况日益严重, 增长速度比 1987 年到 2003 年快很多, 所以老龄化的影响作用减小了, 这可能也与平均年龄的增长、社会医疗保险等因素有关, 但是老龄化问题依然应该得到关注。

3.4. 误差修正模型

为了防止出现过拟合、提高模型代表性, 仅保留具有显著的统计学意义的变量, 重新拟合模型, 得到误差修正模型(见图 8)。

残差平稳, 说明拟合模型信息提取完整, 调整后的 $R = 0.833$, 说明建模效果较好, 能够解释 83.3% 的信息(见图 9、图 10)。系数较长期均衡小, 经济增长、人口老龄化对我国医疗费用增长的短期影响不如长期大。误差修正项的系数为负(-0.16773), 符合反向调整机制, 表明模型按照 16.77% 的比例修正每年实际发生的医疗费用支出与其长期均衡值的偏差。

4. 结论及对策

论我国医疗费用增长受到经济增长的影响, 人口老龄化也是一个影响因素。就长期协整关系而言, 老龄化对医疗费用的影响比 GDP 影响大。

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.06375	0.12070	5.281	4.26e-05 ***
diff(data.ecm\$h)	-0.45582	0.10876	-4.191	0.000495 ***
data.ecm\$GDP[c(1:24)]	0.55883	0.06172	9.055	2.54e-08 ***
data.ecm\$p65[c(1:24)]	0.39346	0.22652	1.737	0.098557
data.ecm\$error.term[c(1:24)]	-0.16773	0.06110	-2.745	0.012866

 Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
 Residual standard error: 0.01796 on 19 degrees of freedom
 Multiple R-squared: 0.862, Adjusted R-squared: 0.833
 F-statistic: 29.67 on 4 and 19 DF, p-value: < 6.195e-8

Figure 8. Error correction model

图 8. 误差修正模型

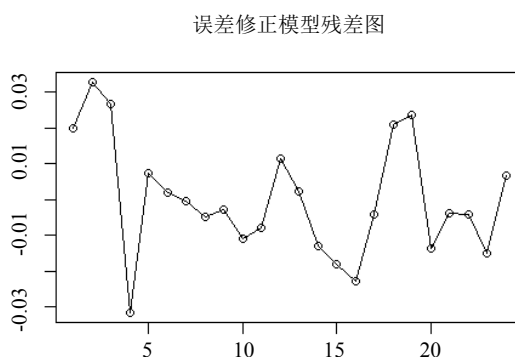


Figure 9. Error correction model residuals

图 9. 误差修正模型残差图

Augmented Dickey-Fuller Test

data: residuals(mode3.ecm)
 Dickey-Fuller = -4.554, Lag order = 2, p-value = 0.01
 alternative hypothesis: stationary

Figure 10. Residual stationarity test

图 10. 残差平稳性检验

就长期协整模型和短期误差修正模型比较而言, 老龄化和经济增长对医疗费用的长期影响作用比短期影响作用大。

就 1978 年到 2003 年的数据建模结果和 1990 年到 2015 年的数据建模结果而言, 进入老龄化社会以来, 经济增长对医疗费用的影响增大了, 老龄化对医疗费用的影响减小了(但仍高于经济增长的影响作用)。

面对我国医疗费用增长现状, 结合本文研究结论, 科学合理应对人口老龄化问题, 合理控制医疗费用增长, 保障人民群众身体健康势在必行。通过对人口老龄化、经济增长与医疗费用增长之间的实证研究, 提出几点建议:

1) 在经济增长的大环境下, 增大对老龄化产业财政投入。完善医疗卫生保障体制, 提高养老机构医疗服务水平, 配合家庭医生体系建设等措施, 方便老年人获得医疗资源, 多方面满足老年人的医疗需求, 切实保障老年人有病可医。

2) 加强养老理财规划, 健全养老保险制度。还要通过法律手段, 确保老年人口福利和基本权益。社会养老与社区养老、家庭养老并重, 确保老年人有病能医。

3) 增加专业医疗机构, 完善医疗服务体系。培养专业的医疗人员和护理人员, 提高其工作技能, 提高其道德品质和职业素养。构建多层医疗服务体系, 增加医疗资源, 鼓励社区义工等爱心团队投入到老年人医疗工作中去。

4) 倡导全民健身, 全面提高国民身体健康素质。针对性的设计一些科学的容易开展的体育活动, 避免工作繁忙人群出现职业病。

致 谢

感谢在本文完成过程中家人和老师对我的帮助, 同时也感谢所有参考或引用的文献作者。

参考文献

- [1] Kleiman, E. (1974) The Determinants of National Outlay on Health. In: *The Economics of Health and Medical Care*, 66-88.
- [2] Murthy, N.R.V. and Ukpolo, V. (1994) Aggregate Health Care Expenditure in the United States: Evidence from Cointegration Tests. *Applied Economics*, **26**, 797-802. <https://doi.org/10.1080/00036849400000094>
- [3] 何平平. 协整分析与误差修正模型——经济增长、人口老龄化与我国医疗费用增长的实证研究[J]. 工业技术经济, 2006(1): 122-124.
- [4] 孙慧. 几类面板数据模型的分析[J]. 中国科技纵横, 2014(18): 232-232.
- [5] 东方社奇, 杨瑞霞. 中国产业结构变动与能源消费关系研究[J]. 统计与信息论坛, 2012, 27(2): 30-35.
- [6] 陈尊厚. 中国金融发展对经济增长影响的统计研究[D]: [博士学位论文]. 天津: 天津财经大学, 2008.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2324-7991, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: aam@hanspub.org