

# 基于 EMD 的山东省 GDP 增长 与耕地变化的关系

张衍广<sup>1</sup>, 林振山<sup>1,\*</sup>, 李茂玲<sup>2</sup>, 梁仁君<sup>1</sup>

(1 南京师范大学地理科学学院, 南京 210046;

2 郯城职业中等专业学校, 山东 郯城 276100)

**摘要:** 本文首次用 EMD 方法, 对山东省的经济增长与耕地面积变化关系进行比较分析, 试图找出两者的互动关系, 以期对山东省的耕地资源保护有所借鉴。研究结果表明: 山东省 GDP 增长的波动周期为 13 年、23 年、37 年和 55 年; 山东省耕地变化的周期为 9 年、13 年、37 年和 55 年。这充分证明了 GDP 增长的波动对山东省耕地周期性变化的驱动作用。到 2015 年前后, 山东省经济增长的耕地代价性损失将大大减少, 耕地数量将维持在一个相对稳定的水平, 经济增长和耕地数量减少进入一个良性的发展阶段。最后, 本文首次尝试建立有周期的动力学模型, 对山东省未来 20 年的耕地面积变化进行了预测。

**关键词:** 耕地变化; GDP 增长; 经验模态分解; 动力学模型; 山东省

**文章编号:** 1000-0585(2007)06-1147-09

耕地作为不可再生资源, 在工业化城市化不断加快的进程中, 其数量变化往往呈现出一定的阶段性特征。中国正处在经济快速增长和非农化进程加快的阶段, 有限的耕地资源为经济增长付出沉重代价<sup>[1]</sup>。山东省是我国的农业大省, 耕地资源减少已成为山东省经济快速增长不可避免代价性损失, 加剧了人地供需矛盾, 严重影响了山东省农业的可持续发展。因此, 正确认识耕地面积的变化及发展趋势, 正确定量把握分析耕地变化的主要驱动因子和驱动机制、妥善处理与经济建设关系具有重要意义。

在耕地变化的驱动机制方面我国学者作了大量的研究, 其中: 李秀彬<sup>[2]</sup>、摆万奇等<sup>[3]</sup>、杨桂山<sup>[4]</sup>、李劲峰等<sup>[5]</sup> 讨论了影响耕地数量变化和耕地质量变化的主要驱动因子, 分析了包括政策、经济发展和人口增长等方面的驱动作用, 许月卿等<sup>[6]</sup> 将影响耕地变化的因子区分为直接驱动因子 (包括农业结构调整、非农建设、灾害损毁和开荒) 和间接驱动因子 (包括技术水平、经济利益驱动和农业政策等)。刘明亮等<sup>[7]</sup> 利用遥感数据和地貌图作相关分析, 讨论了耕地变化的地貌空间分异特征。高志强等<sup>[8]</sup> 讨论了生态环境因子对耕地变化的作用。张明<sup>[9]</sup>、蒲淳<sup>[10]</sup>、马祖琦等<sup>[11]</sup>、周峰等<sup>[12]</sup> 运用多元统计分析方法对驱动因子进行了定量分析, 主要包括主成分分析、灰色关联度分析、回归分析等。但在平衡变化的驱动因子指标体系及驱动因子主次作用、综合作用及其预测分析方面尚可进一步

收稿日期: 2007-04-11; 修订日期: 2007-08-06

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40371044); 国家“211”二期工程重大资助项目。

作者简介: 张衍广 (1973-), 男, 山东郯城人, 讲师。主要从事生态资源研究。

E-mail: yanguangzh@163.com

\* 通讯作者: 林振山, 教授, 博士生导师。主要从事生态—环境—气候领域的研究。

E-mail: linzhenshan@njnu.edu.cn, Tel: 025-83598807

完善。

本文以相关统计数据为基础,首次利用经验模态分解(EMD)方法,对山东省的经济增长与耕地面积变化关系进行比较分析,试图找出两者的互动关系,并首次尝试建立有周期的动力学模型预测未来耕地变化趋势,以期对山东省的耕地资源保护有所借鉴。

## 1 经验模态分解(EMD)

经验模态分解(Empirical Mode Decomposition, EMD)方法是1998年Huang等<sup>[13]</sup>提出的,1999年又做了一些改进<sup>[14]</sup>。EMD可以对一个信号同时将不同尺度(频率)的波动或趋势逐级分解开来,产生一系列具有不同特征尺度的数据序列称为本征模函数(Intrinsic Mode Function, IMF)。对EMD分解的每一个IMF进行希尔伯特变换,称希尔伯特-黄变换(Hilbert-Huang Transform, HHT),这种变换非常适合于具有非线性和非平稳特征的经济系统时间序列<sup>[14]</sup>。IMF波动分量具有显著的缓变波包的特性,不同IMF分量是平稳信号,具有非线性特征,其缓变波包特征意味着不同特征尺度波动的波幅随时间变化,因而也具有时域上的局域化特征。趋势分量则是单调函数或者均值函数,可以代表其长期变化趋势或平均态。对IMF分量进行希尔伯特变换,虽然得到的希尔伯特谱和小波谱具有近似的特征,但却提供了更加清晰详细的局部细节特征。从时频分析的角度,希尔伯特-黄变换方法的最终结果是得到在时域和频域都有较高分辨率特征的谱图。目前,EMD方法已经成功应用于湍流、地震以及大气科学等非线性领域<sup>[15~18]</sup>,在不远的将来,该方法必将在更多的研究领域中发挥巨大的作用。

经验模态分解方法(平稳化过程)是一种全新的处理非平稳数据序列的方法,其基本思想是:假如一个原始数据序列 $X(t)$ 的极大值或极小值数目比上跨零点(或下跨零点)的数目多两个(或两个以上),则该数据序列就要进行平稳化处理。具体处理方法是:找出 $X(t)$ 所有的极大值点并将其用三次样条函数拟合成原始数据序列的上包络线;找出其所有的极小值点并将其用三次样条函数拟合成原始数据序列的下包络线;上下包络线的均值为原始数据序列的平均包络线 $m_1(t)$ ;将原始数据序列 $X(t)$ 减去该平均包络后即可得到一个去掉低频的新数据序列 $h_1$ :

$$X(t) - m_1(t) = h_1(t) \quad (1)$$

一般来讲, $h_1(t)$ 仍然不是一个平稳数据序列,为此需要对它重复上述处理过程。重复进行上述过程 $k$ 次,直到所得到的平均包络趋于零为止,这样就得到了第一个IMF分量 $C_1(t)$ :

$$h_{1(k-1)}(t) - m_{1k}(t) = h_{1k}(t), C_1(t) = h_{1k}(t) \quad (2)$$

第一个IMF分量代表原始数据序列中最高频的组分。将原始数据序列 $X(t)$ 减去第一个IMF分量 $C_1(t)$ ,可以得到一个去掉高频组分的差值数据序列 $r_1(t)$ 。对 $r_1(t)$ 进行上述平稳化处理可以得到第二个IMF分量 $C_2(t)$ ,如此重复下去直到最后一个差值数据序列 $r_n(t)$ 不可再被分解为止,此时 $r_n(t)$ 代表原始数据序列的均值或趋势:

$$r_1(t) - C_2(t) = r_2(t), \dots, r_{n-1}(t) - C_n(t) = r_n(t) \quad (3)$$

最后,原始数据即可由这些IMF分量以及一个均值或趋势项表示:

$$X(t) = \sum_{j=1}^n C_j(t) + r_n(t) \quad (4)$$

由于每一个IMF分量是代表一组特征尺度的数据序列,因此EMD分解过程实际上是将原始数据序列分解为各种不同特征波动的叠加。需要说明的是,每一个IMF分量既

可以是线性的，也可以是非线性的。

EMD 分解结果中可能产生虚假分量, 我们通过计算 IMF 分量与原序列的相关系数, 得到与原序列显著相关的 IMF 分量, 再比较与原序列显著相关的各个 IMF 分量的图像及它们相互之间的相关系数, 就能从 EMD 分解结果中找出包含原序列最主要信息的 IMF 分量。

本文采用的边界处理方法是镜像对称延伸方法<sup>[15]</sup>, 该方法比较好地解决了边界对于 EMD 分解过程中的上冲和下冲现象。

当然, 就时间序列的多尺度分解问题, 样本数越多分解的效果越好, 本文采用的 57 年的样本数据, 经以下的分解结果表明该样本数已足够满足本文分析问题的需要。

2 山东省耕地面积变化的 EMD 分析

根据 2005 年《山东省统计年鉴》的数据, 首先对耕地数量的变化进行 EMD 分析, 提取了 IMF 分量和方差贡献率, 见图 1、表 1。

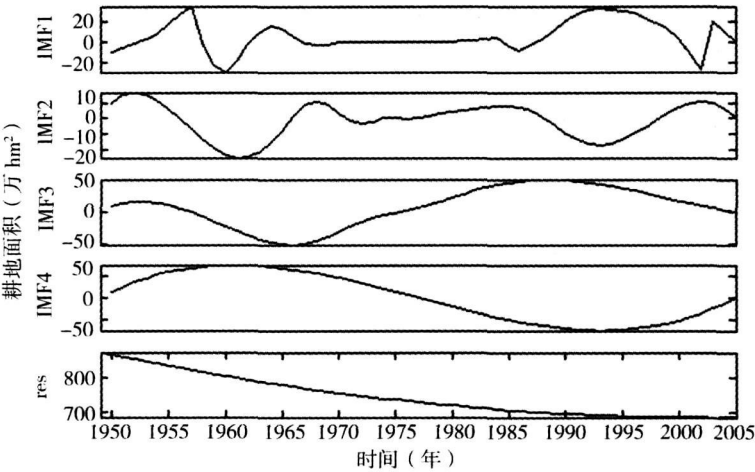


图 1 山东省耕地面积变化的 IMF 分量及其趋势分量

Fig 1 IMF and residual trend R of cultivated areas in Shandong Province

表 1 耕地变化的 IMF 分量的方差贡献率

Tab 1 Variance contribution by IMF1- 4 and its order

IMF 分量	IMF1	IMF2	IMF3	IMF4	res
周期 (年)	9	13	37	55	∞
方差贡献率 (%)	2.86	1.56	12.58	38.15	44.85

从图 1、表 1 可以看出, 山东省耕地变化主要表现为 9 年、13 年、37 年和 55 年四个周期, 其中 37 年和 55 年是主要的变化周期。1950 年以来山东省耕地面积经历了从增长到减少的变化过程<sup>[19]</sup>。1949~ 2000 年全省耕地净减少了  $208.9 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 耕地总量最多的年份是 1955 年, 达  $924.41 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ; 人均耕地最高年份是 1949 年和 1951 年, 为  $0.192 \text{ hm}^2$ , 到 1999 年人均耕地面积仅  $0.075 \text{ hm}^2$ , 减少了  $0.117 \text{ hm}^2$ , 其减少速度远高于全国平均水平。全省耕地总量在 1955 年达到高峰后, 总体趋势是减少的, 但也有几个明显的波动期, 从 1949~ 2005 年耕地面积变化过程可以看出: (1) 1949~ 1955 年, 全省耕地面积呈增加趋势, 净增耕地  $51.62 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 平均年增长  $8.603 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。这一时期大

规模建设尚未起步, 农业用地向非农业用地的转化数量有限, 大量荒地垦殖, 因而造成耕地面积较快增长; (2) 1956~ 1964 年, 耕地总量波动幅度较大, 大致可分为两个阶段: 第一阶段 1956~ 1961 年, 耕地总量大幅度下降, 净减少  $126.17 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 是山东省耕地减少最急剧的时段, 此时期净减少量占全省 1949~ 2000 年耕地净减少量的 60.4%, 这一时期耕地面积急剧减少的主要原因是农村大兴水利, 大量耕地被转化为水利设施, 从直接农业用地向间接农业用地转化; 第二阶段 1962~ 1964 年, 耕地总量出现缓慢增加趋势; (3) 1965~ 1985 年, 波动频繁, 但振幅较小, 波动平缓。耕地总量呈持续下降趋势, 工业建设占用大量耕地, 年均耕地净减少  $4.41 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ; (4) 1986~ 1996 年, 出现“开发区热、房地产热”, 耕地面积急剧减少, 年均耕地净减少  $3.26 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ; (5) 1997~ 1999 年, 由于加大了耕地保护力度, 强化了土地产权管理, 基本上遏制了耕地锐减的势头, 年均耕地净减少  $1.16 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 减少幅度明显缩小; (6) 2000~ 2005 年, 一些地方政府为追求经济数字的增长, 擅自扩大建设用地, 盲目兴建开发区、大学城、工业园、小城镇等, 造成耕地面积锐减, 年均耕地净减少  $8.80 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。2003 年, 山东省耕地面积减少了  $15 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 其中仅建设用地占用耕地就达  $5.4 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 这说明城市化进程在加速占用大量耕地。

3 山东省 GDP 变化的 EMD 分析

根据 2005 年《山东省统计年鉴》的统计数据, 对 1954~ 2005 年山东省国内生产总值 (GDP) (可比价格) 进行 EMD 分解, (如图 2) 4 个尺度周期的方差贡献率如表 2。

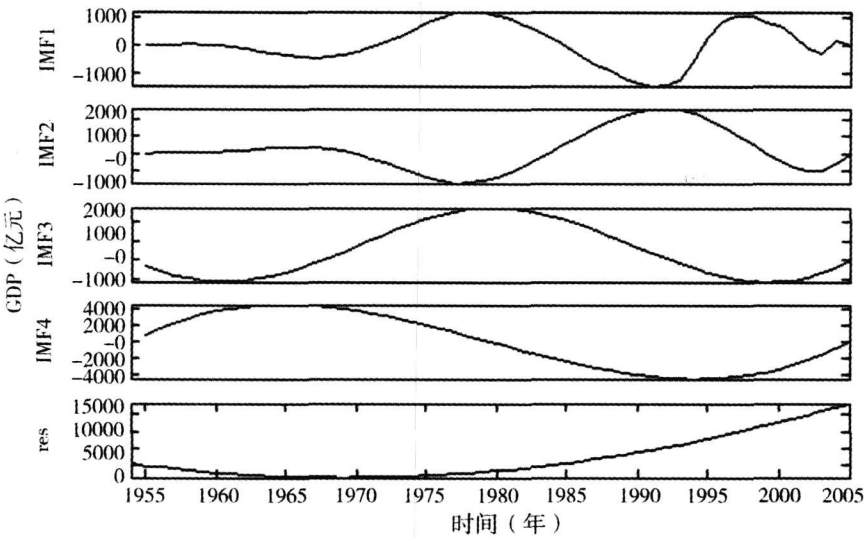


图 2 山东省 GDP 变化的 IMF 分量及其趋势分量

Fig. 2 IMF and residual trend R of change of GDP in Shandong Province

表 2 GDP 变化的 IMF 分量的方差贡献率

Tab 2 Variance contribution by IMF1- 4 and its order

IMF 分量	IMF1	IM F2	IMF3	IM F4	res
周期 (年)	12	23	37	55	∞
方差贡献率 (%)	0.816	2.412	4.629	21.218	70.925

图 2 揭示了山东省 GDP 波动隐含了 4 个不同尺度和一个世纪尺度的演化趋势，其中 37 年和 55 年是主要的变化周期。从趋势上看，山东省 GDP 波动主要与制度有关，长期以来实行的高度计划的经济模式，使得山东省的 GDP 增长一直处于较为低迷的状态，经济发达程度也处在最低水平，此阶段耕地资源数量呈不断上升的趋势，说明第一产业的农业在国民经济中占据了主导地位，工业基础十分薄弱，城市化进程相当缓慢。“文化大革命”和 1978 年改革开放以后，中国社会经济体制发生了深刻的变化，由于实行了改革开放的政策，经济体制逐步由有计划的商品经济向市场经济转变，经济增长出现了前所未有的高速度，极大地解放了社会生产力，促进了经济的快速增长。从 IMF4 可以看出，1977 ~ 1978 年为穿 0 点，说明改革开放前后山东省经济波动有明显的差别。虽然山东省的经济背景与西方有差异，但其内在规律却有很大的相似性。从提取的周期来看，山东省不同尺度的经济周期与西方经济学划分的经济周期基本一致。其中 23 年周期与 15~ 25 年的库兹涅茨周期吻合，55 年尺度周期与 50~ 60 年的康德拉季耶夫长周期吻合。

4 山东省 GDP 增长与耕地变化的关系分析

目前山东省正处于快速的城市化和工业化进程中，2005 年全省 GDP 达到 18 468. 5 亿元。在经济快速增长的同时，其耕地数量也随之快速减少，两者之间存在着明显的负相关（图 3），GDP 的增长与耕地面积变化的关系在一定程度上反映出大量耕地被占用是启动区域经济发展的因素之一，另一方面也反映了土地资源在区域经济发展中的重要作用。

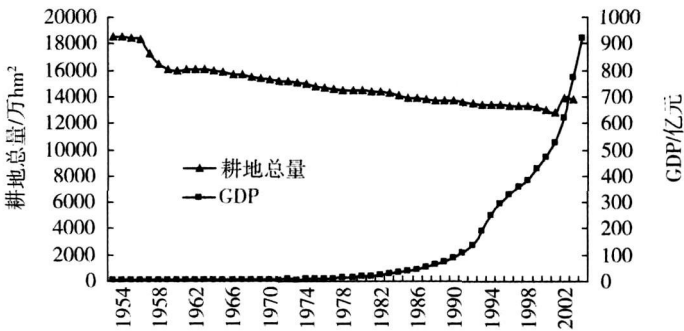


图 3 山东省 GDP 增长与耕地变化曲线图

Fig 3 GDP and cultivated areas curves in Shandong Province

从 EMD 提取的耕地面积变化和 GDP 增长的 IMF 分量的周期来看（图 4），耕地面积变化的中的 13 年、37 年、55 年周期和 GDP 增长的中的 13 年、37 年、55 年周期完全吻合。SPSS 主成分相关分析表明，二者之间的相关系数达到 1<sup>[19]</sup>，远远高于人口、全社会固定资产投资总额、粮食单产、城市化水平等因素对耕地数量变化的影响。这表明经济增长是耕地数量变化的主要驱动因子。同时也充分证明了 GDP 增长的周期性与耕地面积减少的周期性是基本同步的，GDP 增长的周期性控制了不同尺度的耕地面积周期性变化。

1980 年以前长期实行的高度的计划经济模式，使得山东省的 GDP 增长一直处于较为低迷的状态，经济发达程度也处在较低水平，此阶段耕地资源数量减少趋势缓慢，说明农业在国民经济中占据了主导地位，工业基础十分薄弱，城市化进程相当缓慢，形成了如图 3 所示的曲线走势。自 1980 年以来，实行了改革开放的政策，经济体制逐步由计划经济向市场经济转变，经济增长出现了前所未有的高速度，工业化、城市化进程不断加快，基

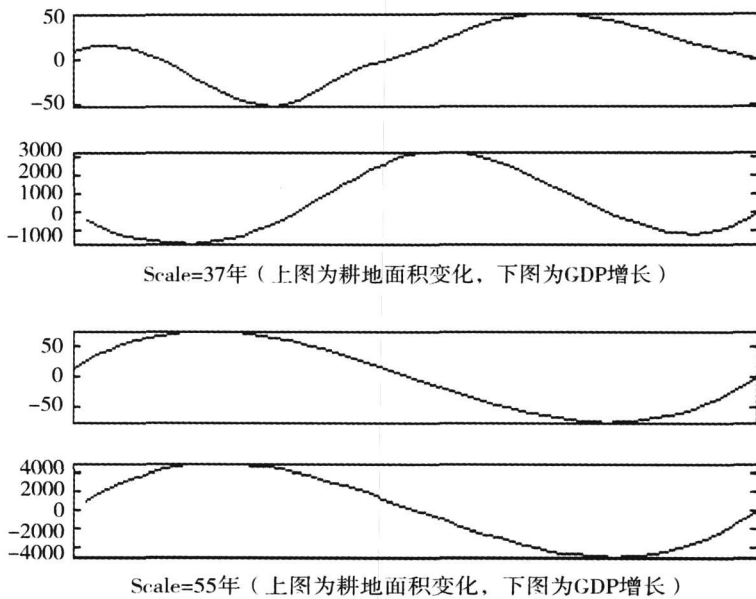


图 4 耕地面积变化和 GDP 增长的 IMF 分量的周期对比

Fig 4 IMF of GDP and cultivated areas

本建设投资规模扩张, 房地产开发增长过快, 以及几度的开发区热, 使耕地资源数量减少加剧。尽管国家采取了一系列宏观调控、管制措施, 但由于财政税收体制、土地管理体制和土地制度与政策缺陷, 导致耕地数量锐减的势头未能得到有效的遏止。1979~ 1999 年全省 GDP 平均年递增 11.8%, 全社会固定资产投资额平均年递增 21.7%, 如 1980~ 1987 年累计共减少耕地  $40\ 72 \times 10^4 \text{hm}^2$ , 其中国家基本建设用地占 16.72%, 乡村建设用地占 30.91%。1999 年全省耕地减少  $2\ 6693 \times 10^4 \text{hm}^2$ , 其中国家基本建设用地占 43.3%, 乡村集体占地 28.4%。全省农用居民点占用土地增加较快, 1999 年全省农民个人建房  $1658 \text{hm}^2$ , 农户占有宅基地在全国属于较高的省份。全省人均居住面积 1978 年为  $5.4 \text{m}^2$ , 1999 年增加到  $13.1 \text{m}^2$ , 是 1978 年人均居住面积的 2.4 倍。

耕地面积保护性减少和经济的适度发展一定程度上体现了“自然—经济—社会”子系统之间的协调发展, 基本符合可持续发展原则; 耕地面积代价性减少实现经济的高速增长, 同时付出了较大的自然资源消耗和生态环境破坏代价, 与可持续发展要求之间尚有一定差距; 而过于强调保护耕地数量, 却维持在一个经济十分薄弱基础上的缓慢增长, 显然也不是合理的经济发展模式。从社会经济发展演化的历程来看, 经济增长伴随着耕地资源减少的过程中, 山东省正从粗放型、外延式为特征的经济增长方式向节约型、内涵型方式转变。

## 5 山东省未来耕地数量的动力学预测

从 EMD 分析的中长期尺度看 (37、55 年周期), 山东省经济的高速发展还会持续 15 年左右, 大约到本世纪 20 年代末。而耕地面积的减少大约会延续 10 年 (37 年周期), 据此推算, 到 2015 年前后, 山东省经济增长的耕地代价性损失将大大减少, 耕地数量将维持在一个相对稳定的水平, 甚至耕地会有少许增加, 经济增长和耕地数量减少进入一个良

性的发展阶段，届时山东省将步入中等发达国家的生活水平。

根据 EMD 提取的事物变化的 IMF 分量，建立动力学模型：

$$C_1(t) = A_1\sin(\frac{2\pi t}{T_1} + \varphi_1) + x_1, \dots, C_j(t) = A_j\sin(\frac{2\pi t}{T_j} + \varphi_j) + x_j$$

$$\frac{dr_n(t)}{dt} = rx_r \text{ 积分得: } r_n(t) = x_re^{rt} \tag{5}$$

由 EMD 分解原理得：

$$X(t) = \sum_{j=1}^n \left[ A_j\sin(\frac{2\pi t}{T_j} + \varphi_j) + x_j \right] + x_re^{rt} \tag{6}$$

式中： $C_j(t)$ 代表初始总量； $x_j$ 代表各初始量 IMF 分量； $x_r$ 代表趋势项初始量； $t$ 代表时间； $r$ 代表耕地增长率； $T_j$ 代表周期； $A_j$ 代表振幅； $\varphi_j$ 代表相位。

根据统计数据计算出山东省耕地年平均变化率为-0.57%，根据 EMD 图像计算出山东省耕地的 EMD 各 IMF 分量的权重、周期、振幅、相位。由于 IMF1 和 IMF2 所占的权重比较小(4.42%)，故忽略不计，以 1949 年的  $872.7 \times 10^4 \text{ hm}^2$  为初值，建立模型 (7)。

$$x(t) = 50\sin\frac{2\pi t}{37} + 50\sin\frac{2\pi t}{55} + 872.7e^{-0.0057t} \tag{7}$$

利用模型 (4) 对山东省过去耕地面积变化进行拟合 (图 5)，平均误差为-7.369%，修正后的变化率为-0.612。以 2005 年的  $670 \times 10^4 \text{ hm}^2$  为初值，建立模型 (8)，预测出山东省耕地的变化见图 6、表 3。

$$x(t) = 50\sin\frac{2\pi t}{55} - 50\sin\frac{2\pi t}{37} + 670e^{-0.00612t} \tag{8}$$

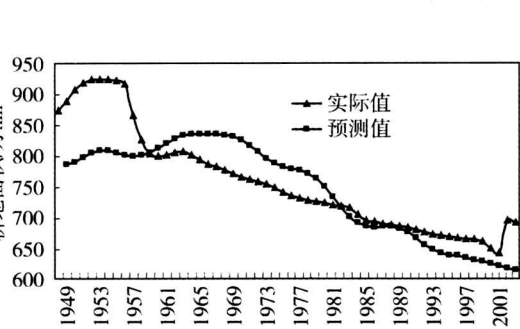


图 5 山东省耕地面积拟合图  
Fig. 5 Cultivated areas fitting diagram of curves in Shandong Province

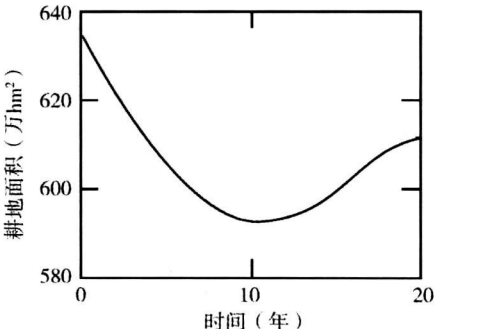


图 6 山东省未来 20 年耕地面积变化图  
Fig. 6 Cultivated areas chart in Shandong Province

表 3 山东省未来 20 年耕地面积 (万 hm²) 预测

Tab 3 Prediction of cultivated areas in 20 years in Shandong Province										
年份	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
耕地总量	627.6	621.2	615.1	609.5	604.6	600.4	597.1	594.6	593.1	592.5
年份	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
耕地总量	592.7	593.7	595.3	597.5	600.1	602.8	605.5	608.0	610.1	611.5

## 6 结论及建议

1950 年以来, 山东省耕地面积经历了从增长到减少的变化过程, 而 GDP 持续增长。研究结果表明: 到 2015 年前后, 山东省经济增长的耕地代价性损失将大大减少, 耕地数量将维持在一个相对稳定的水平, 经济增长和耕地数量减少进入一个良性的发展阶段, 届时山东省将步入中等发达国家的生活水平; GDP 的增长的周期性变化直接驱动了山东省耕地面积的周期性变化; 本文首次建立有周期的动力学模型, 预测出山东省未来 20 年的耕地面积的变化。

结合山东省的经济发展实际, 建议如下: 一是妥善处理土地资源节约利用与发展经济之间的关系, 确定合理的经济增长模式和增长速度; 二是加强造地、节地技术攻关, 探讨造地、节地的投资模式与经济分配机制, 坚持土地的节约、集约利用<sup>[20]</sup>, 构建节地型社会; 三是在强调耕地数量保护的同时, 重视耕地资源的质量、生态保护<sup>[2]</sup>, 建立耕地质量环境的动态监测与粮食安全预警机制<sup>[21]</sup>; 四是逐步完善耕地保护体制, 建立健全适度、集中的土地管理体制和财政税收等体制, 去除现行不合理的法律制度障碍, 以机制与体制创新给耕地保护注入活力和动力<sup>[22]</sup>。

### 参考文献:

- [1] 周炳中, 赵其国, 杨浩. 江苏省耕地变化及其驱动机制的数理探讨. 土壤学报, 2003, (9): 665~ 671
- [2] 李秀彬. 中国近 20 年来耕地面积的变化及其政策启示. 自然资源学报, 1999, 14(4): 329~ 333
- [3] 摆万奇, 赵士洞. 土地利用变化驱动力系统分析. 资源科学, 2001, 23(3): 39~ 41
- [4] 杨桂山. 长江三角洲近 50 年耕地数量变化的过程与驱动机制研究. 自然资源学报, 2001, 16(2): 121~ 127
- [5] 李劲峰, 李蓉蓉, 杜桐生. 江汉平原四湖地区耕地的数量与质量变化分析. 资源科学, 2002, 24(1): 39~ 44
- [6] 许月卿, 李秀彬. 河北省耕地数量动态变化及驱动因子分析. 资源科学, 2001, 23(5): 28~ 32
- [7] 刘明亮, 庄大方, 胡文岩. 基于地貌和空间分异特征的中国近期耕地变化分析. 资源科学, 2001, 23(5): 11~ 16
- [8] 高志强, 刘纪远, 庄大方. 我国耕地面积重心及耕地生态背景质量的动态变化. 自然资源学报, 1998, 13(1): 92~ 95
- [9] 张明. 区域土地利用结构及其驱动因子的统计分析. 自然资源学报, 1999, 14(4): 381~ 384
- [10] 蒲淳. 中国粮食生产易损性的灰色关联分析. 资源科学, 1999, 21(2): 77~ 78
- [11] 马祖琦, 尹怀庭. 陕西省粮食单产影响因子分析及粮食灾损评估. 经济地理, 2001, 21(6): 731~ 735
- [12] 周峰, 周颖. 江苏省锡山市耕地数量、质量变化影响因素分析. 中国土地科学, 2001, 15(4): 7~ 10
- [13] Huang N E, Shen Z, Long S R, *et al*. The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary series analysis. Proc R Soc Lond A, 1998, 454: 899~ 995
- [14] Huang N E, Shen Z, Long S R. A new view of nonlinear water waves: The Hilbert spectrum. Annual Review of Fluid Mechanics, 1999, 31: 417~ 457
- [15] 林振山, 汪曙光. 近四百年北半球气温变化的分析: EMD 方法的应用. 热带气象学报, 2004, 20(2): 90~ 96
- [16] 熊学军, 郭炳火, 胡筱敏, 等. EMD 方法和 HILBERT 谱分析法的应用与探讨. 黄渤海海洋, 2002, 20(2), 12~ 21
- [17] 邓拥军, 王伟, 钱成春, 等. EMD 方法及 Hilbert 变换中边界问题的处理. 科学通报, 2001, 46(3): 257~ 263
- [18] 刘会玉, 林振山, 等. 基于 EMD 的我国粮食生产波动多尺度分析. 自然资源学报, 2005, 20(5): 745~ 751
- [19] 邵晓梅, 杨勤业, 张洪业. 山东省耕地变化趋势及区动力研究. 地理研究, 2001, 20(3): 298~ 306
- [20] 吴群, 郭贵成. 城市化水平与耕地面积变化的相关分析. 南京农业大学学报, 2002, (3): 95~ 99
- [21] 陈百明, 周小平. 中国近期耕地资源与粮食综合生产能力的变化趋势. 资源科学, 2004, (5): 38~ 45
- [22] 吴群, 郭贵成, 万丽平. 经济增长与耕地资源数量变化: 国际比较及其启示. 资源科学, 2006, (4): 45~ 50



# GDP growth and change of cultivated land based on EMD in Shandong Province

ZHANG Yan-guang<sup>1</sup>, LIN Zhen-shan<sup>1</sup>, LI Mao-ling<sup>2</sup>, LIANG Ren-jun<sup>1</sup>

(1. College of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China;

2. Tancheng Vocational Middle School, Tancheng 276100, China)

**Abstract:** Cultivated land, a type of non-renewable resources, has its quantity changes often presented several phases with the development of industrialization and urbanization. It is the rapid economic growth and accelerating urbanization process in China that make the limited cultivated land resources to pay a high price for. As a major agricultural province in China, the reduction of cultivated land resources in Shandong Province has become an unavoidable loss of cost for the rapid economic growth phase in the Province and the cultivated trends, which intensified the contradiction of the supply and demand between people, and seriously affected sustainable development of agriculture in Shandong. Therefore, we must correctly understand the changes of cultivated land area and development trends, and correctly analyze and grasp the primary driving factors and mechanisms for the changes of the cultivated land area. It is of great significance to the proper handling of the relations between the changes of cultivated land area and economic construction. This issue uses the EMD method for the first time, which carries on the comparative analysis of the relations of economic growth and the changes of cultivated land resources of Shandong Province, attempting to find out the interactive relations of them, and to conserve the cultivated land resources of Shandong Province. The findings indicate that the undulating cycles of GDP growth in Shandong are 13, 23, 37 and 55 years; the cycles of its cultivated land changes are 9, 13, 37 and 55 years. It has been fully proven that the growth of GDP drives the changes of cultivated land in Shandong. Around the year 2015, the price of cultivated land loss for economic growth in the Province will be greatly reduced, the amount of cultivated land will be maintained at a relatively stable level, and the economic growth and the decrease of cultivated land will enter a good developmental stage. Finally, a dynamic model with a cycle in this issue is made for the first time, and the changes of the cultivated land area in the next 20 years in Shandong Province are forecasted.

**Key words:** change of cultivated land; GDP increase; EMD; dynamics model; Shandong Province