

# 洞庭湖区农业绿色全要素生产率增长时空特征及影响因素分析

杜红梅, 戴劲

(湖南农业大学 商学院, 湖南 长沙 410128)

**摘要:**采用清单分析法对洞庭湖农业面源污染进行核算, 然后将其纳入农业全要素生产率(TFP)分析框架测度洞庭湖区农业绿色全要素生产率(GTFP)的时空变化, 并对其收敛性进行检验, 同时运用 Tobit 回归模型对农业 GTFP 的影响因素进行分析, 结果显示: 考察期内洞庭湖区农业 GTFP 呈不稳定增长特征, 主要由技术进步贡献, 技术效率却有所恶化; 从湖区内部看, 岳阳和常德的农业 GTFP 都有所增长, 益阳轻微恶化; 岳阳、益阳考虑环境因素的农业 TFP 增长比不考虑环境因素时低, 但是常德却要高; GTFP 不存在明显的  $\alpha$  收敛现象, 且呈现出显著的波动特征, 存在绝对  $\beta$  收敛; 农村经济发展水平的提高、财政支农支出的增加会有效提升农业 GTFP, 而城镇化率、受灾率、工业化率、人均播种面积、机械化水平对农业 GTFP 的增长有抑制作用。

**关键词:**清单分析法; 农业绿色全要素生产率; 洞庭湖区

中图分类号: F327

文献标志码: A

文章编号: 1009-2013(2020)03-0007-10

## A Study on the Spatial-Temporal Characteristics and Influence Factors of the Growth of Agricultural Green Total Factor Productivity in Dongting Area

DU Hongmei, DAI Jing

(College of business, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan, 410128)

**Abstract:** By adopting the inventory analysis method, the agricultural non-point source pollution in Dongting Lake area has been checked. Under the framework of agricultural TFP, the spatial-temporal change of GTFP of Dongting Lake has been analyzed and its convergence has been tested. The influencing factors of agricultural GTFP has been analyzed by utilizing Tobit regression model. The study shows that the agricultural GTFP in Dongting Lake area has been growing unsteadily during the investigation period, mainly because of technological development. However, the technical efficiency has deteriorated. Seen from the inside of the lake area, the agricultural GTFP of Yueyang and Changde has increased while that of Yiyang has slightly decreased. In Yueyang and Yiyang, the growth of agricultural TFP is lower when environmental factors are not considered than that when environmental factors are considered; in Changde, the result is the opposite. GTFP shows no obvious  $\alpha$ -convergence, but it shows obvious fluctuation and absolute  $\beta$ -convergence. The improvement of rural economic development level and the increase of financial support to agriculture would effectively improve the agricultural GTFP, while urbanization, disaster, industrialization, sown area per capita and mechanization would hinder the growth of agricultural GTFP.

**Keywords:** List analysis; Agricultural green total factor productivity; Dongting Lake area

### 一、问题的提出

洞庭湖区位于湖南省北部, 长江中游荆江段的

南岸, 是我国第二大淡水湖, 自古就有“九州粮仓”和“鱼米之乡”的美誉。据统计数据, 2017年湖区农业生产总值 1523.57 亿元, 占湖南省的 29.2%, 粮食总产量 857.80 万吨, 占全省的 27.91%, 在湖南省农业经济发展中具有重要地位。伴随湖区农业集约化、规模化和产业化发展以及农产品数量的不断增加, 农业投入逐年提高, 农业综合生产能力明显增强。但是化肥、农药和农膜等化学投入品的滥

收稿日期: 2020-02-12

基金项目: 湖南省自然科学基金(2018JJ2190); 湖南省哲学社会科学基金(18YBA229); 湖南省涉农企业发展研究中心项目(920390100027)

作者简介: 杜红梅(1965—), 女, 湖南长沙人, 教授, 研究方向为农业生态经济、贸易与环境。

用成为湖区生态环境恶化和农产品不安全的主要源头。以化肥投入为例,早在2009年湖区平均化肥施用量达 $571\text{kg}/\text{hm}^2$ ,大大超出同期全国平均水平,2015年洞庭湖区平均化肥施用量为 $286.18\text{kg}/\text{km}^2$ ,虽低于同期 $361.01\text{kg}/\text{hm}^2$ 的全国水平,但仍超过发达国家 $225\text{kg}/\text{hm}^2$ 的安全使用上限。这种高投入、高污染、低效率的粗放式发展模式,导致湖区农业生态系统整体功能下降,不仅威胁农业产业安全,也在很大程度上加重资源环境的承载压力,危及农业发展的可持续性。在湖区农业增长与资源、环境矛盾日益尖锐的情况下,为实现洞庭湖区经济社会与生态文明全面发展,2014年国务院批复设立洞庭湖生态经济区。2015年农业部发布《全国可持续农业发展规划(2015—2030)》,农业的可持续发展是实现中国特色新型农业现代化道路的内在要求。根据经典增长理论,农业的持续发展依靠长期的技术进步,而农业技术进步就体现于全要素生产率(Total Factor Productivity, TFP)的增长。为落实农业可持续发展理念,现代农业TFP的测度有必要将环境因素纳入到核算体系中,即核算农业绿色全要素生产率(Green Total Factor Productivity, GTFP)。可见,研究洞庭湖区农业GTFP增长具有重要意义。

已有对洞庭湖农业发展的研究,主要聚焦于农业发展水平评价,如董明辉、罗荷花、刘励敏、熊春林等<sup>[1-4]</sup>;农业生态系统研究,如朱玉林、许联芳、杨灿等<sup>[5-7]</sup>;环境污染治理研究,如秦迪岚和陈建斌等<sup>[8,9]</sup>。对于农业全要素生产率,国内外研究者从不同角度、运用不同方法开展了研究。从研究方法上主要有增长核算法,如Lin、Wen、Fan等<sup>[10-13]</sup>学者的研究;另外就是生产前沿法,如Mao、陈卫平、周端明等<sup>[14-18]</sup>。但这些学者对农业TFP的度量只是基于传统的资本、劳动和土地等投入要素,没有考虑环境因素约束。实际上环境因素同资源要素一样在农业经济增长中具有重要作用,一方面决定农业经济增长质量,另一方面也是农业经济增长的刚性约束。不考虑环境约束的农业全要素生产率增长无法反映出农业经济真实增长绩效,可能造成政策误导。随着环境问题日益突出,近年来陆续有学者将环境因素纳入中国农业TFP进行研究,如薛建良和李秉龙<sup>[19]</sup>根据综合调查法计算污染量,运用增

长核算方法对不同时间段内中国农业GTFP的增长进行研究;杨俊和陈怡<sup>[20]</sup>采用ML指数测度我国28个省的农业GTFP增长;而岳立和王晓君<sup>[21]</sup>将碳排放纳入“非合意”产出中,通过ML指数分析全国及三大区域农业效率的驱动因子;李谷成<sup>[22]</sup>采用单元调查评估法核算农业污染,应用考虑非合意产出的非径向、非角度SBM方向性距离函数表述的TFP模型对农业GTFP进行了核算;吴传清和宋子逸<sup>[23]</sup>结合SBM模型和GML指数测度了1997—2015年长江经济带农业GTFP。

纵观已有农业GTFP研究,主要是基于全国或跨省份的研究尺度,部分学者做了中国省域尺度的研究,鲜有针对单一湖区尤其是洞庭湖区的研究。据此,本文拟选取化学需氧量(COD)、总氮(TN)、总磷(TP)和碳排放作为非期望产出指标,结合SE-SBM模型和Malmquist指数,测度分析洞庭湖区农业GTFP及其时序演变特征、地域差异性及其收敛性,分析影响农业GTFP增长的因素,为加快洞庭湖区农业绿色转型升级提供决策参考。

## 二、研究方法和数据

### 1. 非径向非角度的SBM方向性距离函数模型

学术界大多采用随机前沿分析法(SFA)、数据包络分析法(DEA)测度农业GTFP,并采用M指数、ML指数和GML指数构建农业GTFP指数,以揭示其增长源泉。基于松弛量的效率模型近年来被学者广泛采用<sup>[24-25]</sup>,本文拟借鉴已有研究成果,结合SE-SBM模型和M指数测度洞庭湖区农业GTFP增长及其构成。

Tone<sup>[26]</sup>在目标函数中引入投入和产出松弛变量,提出了非径向、非角度的基于松弛变量的效率模型,弥补了传统DEA模型没有考虑投入或产出变量的松弛问题。假设有 $K(K=1, 2, \dots, k)$ 个决策单元,每个决策单元包括投入、期望产出、非期望产出3个向量,分别表示为: $x \in R_+^M, y \in R_+^N, u \in R_+^I$ ,  $M, N, I$ 分别为每个决策单元投入、期望产出、非期望产出的数量。借鉴Tone<sup>[27]</sup>的研究成果,考虑非期望产出基于可变规模报酬的SBM模型可表示为:

$$S_v^t(x_k^t, y_k^t, b_k^t) = \rho = \min \frac{1 - \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \frac{S_m^x}{x_{m0}^t}}{1 + \frac{1}{S_1 + S_2} \left( \sum_{r=1}^{S_1} \frac{S_r^g}{y_{r0}^t} + \sum_{k=1}^{S_2} \frac{S_k^b}{b_{k0}^t} \right)} \quad (1)$$

s.t.  $\sum_{j=1}^J \lambda_j^t Y_{rj}^t - S_r^g = y_{rj}^t, \quad r = 1, \dots, S_1;$

$$\sum_{j=1}^J \lambda_j^t b_{kj}^t + S_k^b = b_{kj}^t, \quad k = 1, \dots, S_2;$$

$$\sum_{j=1}^J \lambda_j^t X_{mj}^t + S_m^x = x_{mj}^t, \quad m = 1, \dots, M;$$

$$\sum_{j=1}^J \lambda_j^t = 1, \lambda_j^t \geq 0, \quad j = 1, \dots, J$$

$$S_k^b \geq 0, S_r^g \geq 0, S_m^x = 0, \quad j = 1, \dots, J$$

式中， $S^x$ 、 $S^g$ 、 $S^b$  分别表示投入  $x$  过剩、期望产出  $y^g$  的不足、非期望产出  $y^b$  过剩， $M$ 、 $S_1$ 、 $S_2$  表示投入、期望产出、非期望产出要素个数； $\lambda_j^t$  为每个决策单元在构造绿色生产技术结构时的权重，权重变量和为 1 与权重变量非负两个约束条件表示绿色生产技术为可变规模报酬（VRS）。目标函数

$[0,1]$ ，当  $\rho = 1$  时，即  $S^x = S^g = S^b = 0$ ，表示评价单元完全有效率，不存在投入、非期望产出的过剩和期望产出的不足。当  $0 < \rho < 1$  时，即  $S^x$ 、 $S^g$ 、 $S^b$  至少有一个不等于 0，则表明决策单元存在效率损失，在投入产出上可进一步改进。

### 2. 基于 SBM 方向性距离函数的 M 生产率指数

本文采用 Malmquist 指数来测度洞庭湖区的动态绿色效率。引入跨期动态概念，按照 Malmquist 指数几何平均值的思路，构造从时期  $t$  到  $t+1$  基于 SBM 方向距离函数的 TFP 指数，并定义绿色全要素生产率指数为：

$$M(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}, x^t, y^t, b^t) = \left[ \frac{\vec{S}_v^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}) \times \vec{S}_v^t(x^t, y^t, b^t)}{\vec{S}_v^t(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}) \times \vec{S}_v^{t+1}(x^t, y^t, b^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

M 指数可以分解为技术效率变化指数（EFFCH）和技术进步变化指数（TECH）的乘积，即  $M = \text{EFFCH} \times \text{TECH}$ ，其中：

$$\text{EFFCH}_t^{t+1} = \left[ \frac{\vec{S}_v^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})}{\vec{S}_v^t(x^t, y^t, b^t)} \right] \quad (3)$$

$$\text{TECH}_t^{t+1} = \left[ \frac{\vec{S}_v^t(x^t, y^t, b^t) \times \vec{S}_v^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})}{\vec{S}_v^{t+1}(x^t, y^t, b^t) \times \vec{S}_v^t(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$\text{EFFCH} (*)$  衡量的是生产单位在  $t$  到  $t+1$  期

从实际生产点向生产前沿面的逼近； $\text{TECH} (*)$  是一个几何平均值，衡量的则是生产前沿面向外扩张的动态变化。 $M (*)$ 、 $\text{TECH} (*)$  和  $\text{EFFCH} (*)$  三者大于（小于）1 分别表示绿色全要素生产率增长（下降）、技术进步（退步）和技术效率改善（恶化）。

### 3. 研究数据、对象及指标

根据投入产出指标数据，采用 Matlab 软件编程计算洞庭湖 21 个县（市、区）农业 GTFP 指数并进行实证分析。以 1995—2016 年作为考察期，相关数据来源于历年《湖南统计年鉴》《湖南农村统计年鉴》，缺失数据使用线性插值法补齐。

研究对象为种植业，将土地、资本、劳动等投入要素一并作为经济增长的源泉，将环境污染作为一种“坏”产出，和“好”产出一同引入生产过程，测度农业 GTFP 指数。农业投入指标包括：1）土地投入，考虑农作物复种指数，用农作物总播种面积表示；2）劳动力投入，参考相关研究，以第一产业从业人员数量为基准，按照种植业产值占第一产业产值比重折算得到种植业从业人员数量；3）机械投入，考虑农业机械主要用于种植业，采用农业机械总动力；4）灌溉投入，采用有效灌溉面积；5）化肥投入，用农用化肥施用的折纯量；6）农药投入，采用农药使用量；7）农膜投入，采用农用塑料薄膜使用量。

产出指标分为两类：一类为期望产出，用农业总产值表示，为消除物价上涨因素用农业总产值指数调整为以 2000 年为基期的不变价格；另一类为非期望产出，即坏产出，采用化学需氧量（COD）、总氮（TN）、总磷（TP）排放和农业碳排放表示。本文参照陈敏鹏等<sup>[28]</sup>采用的清单分析法对洞庭湖区 21 个县（市、区）计算其农田化肥和农田固体废弃物，公式如下：

$$E = \sum_i EU_i P_i C_i(EU_i, S) = \sum_i PE_i C_i(EU_i, S) \quad (4)$$

式中： $E$  为农业污染的排放量，主要包括 COD、TN、TP 三类； $EU_i$  为单元  $i$  指标统计数； $P_i$  和  $C_i$  分别为单元  $i$  污染物的产污强度系数和污染物排放系数， $C_i$  是由单元和空间特征（ $S$ ）决定，表征区域环境、降雨、水文和各种管理措施对农业污染的综合影响。 $PE_i$  为农业污染的产生量，即不考虑资

源综合利用和管理因素时,农业生产造成的最大潜在污染量;磷肥的计算使用折纯量(即五氧化二磷的含量),因此计算时乘以43.66%。相关系数参考赖斯云<sup>[29]</sup>的研究,并利用第一次全国污染源普查所公布的《农业污染源产排污系数手册》进行调整。农业碳排放参考李波等<sup>[30]</sup>的研究成果,碳排放总量由有效灌溉面积、农作物翻耕面积、农用柴油使用量、农用化肥施用折纯量、农药使用量和农药塑料薄膜使用量6种碳排放源数量乘以各自排放系数加总,各碳源的排放系数为化肥0.896(千克/千克)、农膜5.180(千克/千克)、柴油0.593(千克/千克)、农业灌溉25(千克/公顷)、农业耕种312.600(千克/公顷),公式如下:

$$C = \sum C_i = \sum T_i \cdot \delta_i \quad (5)$$

式中 $C$ 为农业的碳排放总量, $C_i$ 为各种碳源的碳排放量, $T_i$ 为各碳排放源的量, $\delta_i$ 为各碳排放源的碳排放系数。

### 三、农业 GTFP 增长测度结果与分析

#### 1. 洞庭湖区农业 GTFP 增长的时序特征

本文计算整理了洞庭湖区21个县(市、区)的农业绿色全要素生产率指数,按照国家发展的5年计划将考察期分为4个时间段(表1)。1995—2016年洞庭湖区农业GTFP年平均增长率为0.12%,在转型期湖区农业GTFP取得小幅增长。进一步将M指数分解成技术效率变化指数和技术进步变化指数分别为0.9996和1.0018,从图1的GTFP指数、EFFCH指数和TECH指数的变化走势来看,TECH指数与GTFP的指数的趋势更加契合,这表明洞庭湖区农业GTFP增长主要由技术进步而非技术效率改善驱动。近些年,洞庭湖区在农业环境保护技术方面投入较多,“两型”农业技术水平有所提升,农业面源污染得到一定的控制。洞庭湖区农业GTFP依靠技术进步得到改善验证了依靠技术进步来推动GTFP增长是可行的,技术效率的损失可以通过技术进步来弥补。

表1 1995—2016年洞庭湖区农业GTFP指数及其分解

年份	M	EFFCH	TECH	年份	M	EFFCH	TECH
1995—1996	1.0075	0.9919	1.0164	2006—2007	0.9838	0.9968	0.9869
1996—1997	1.0168	1.0036	1.0134	2007—2008	1.0231	1.0001	1.0230
1997—1998	1.0317	1.0010	1.0308	2008—2009	0.9773	0.9979	0.9795
1998—1999	1.0174	1.0084	1.0098	2009—2010	1.0158	0.9999	1.0158
1999—2000	0.9838	0.9890	0.9956	均值	0.9984	1.0000	0.9984
均值	1.0114	0.9988	1.0132	2010—2011	0.9863	1.0000	0.9863
2000—2001	1.0022	1.0065	0.9961	2011—2012	0.9596	1.0017	0.9579
2001—2002	1.0151	0.9947	1.0207	2012—2013	1.0210	0.9986	1.0224
2002—2003	1.0025	0.9992	1.0034	2013—2014	1.0099	1.0018	1.0081
2003—2004	0.9923	0.9994	0.9929	2014—2015	0.9877	1.0018	0.9863
2004—2005	0.9936	0.9965	0.9971	2015—2016	1.0060	0.9981	1.0079
均值	1.0011	0.9993	1.0020	均值	0.9951	1.0003	0.9848
2005—2006	0.9921	1.0053	0.9869	湖区平均	1.0012	0.9996	1.0018

整个观察期湖区农业GTFP的变化趋势呈现不稳定性特征,尤其在“九五”“十一五”后期和“十二五”变化波动较大,这在很大程度上是受到城市化、工业化推进中要素配置的趋利性以及外部环境变动的影 响,但地方政府要保障粮食安全和增加农民收入,各种因素会叠加在一起。在波动较大的时期内,技术效率指数则保持相对稳定,说明在技术进步指数恶化的时期,农业绿色全要素生产率依靠技术效率的稳定有效避免了进一步恶化。从湖

区农业GTFP增长的阶段性变化来看:“九五”期农业GTFP年均为1.0144,呈先上升后下降的倒“V”型,1995—1998年,随着资本、劳动力等投入增长,农业基础设施及装备水平得到提升,农业GTFP指数也随技术进步指数提高。1998年洞庭湖区遭遇特大洪涝灾害的冲击,灾情严重,直接经济损失达88.8亿元,湖区因自然灾害造成粮食减产比例为19.1%<sup>[31]</sup>,由于灾害影响的滞后性导致次年技术效率恶化,农业GTFP随之恶化。“十五”期间农业

GTFP 年均为 1.0011, 较“九五”期间降低 1.33%, 主要由技术进步指数下降所致, GTFP 呈先上升后下降的倒“V”型, 在灾后恢复期, 各级政府高度重视湖区农业, 加大了农业科技投入和新技术的推广应用, 农业生产能力快速提升, 使得“十五”前期 GTFP 增长较快。然而对农业资源进行超环境负荷开发和“两型”农业技术落地效果不尽如人意, 致使 2003 年后农业 GTFP 指数随之恶化。“十一五”期间农业 GTFP 年均为 0.9984, 持续恶化。2004—2006 年湖区人均耕地面积由 0.0621hm<sup>2</sup> 下降到 0.0611hm<sup>2</sup>, 为追求粮食安全和提高农民收入目标, “非理性”使用化学投入品致使耕地质量不断下降, 严重影响农业绿色发展, 农业 GTFP 下降。2007 年中央“一号文件”《关于积极发展现代农业扎实推进社会主义新农村的若干意见》强调农业发展的高效性, 地方政府根据湖区资源环境条件, 采取有效措施治理农业面源污染, 农业 GTFP 得到提升。2008 年湖区内部罕见特大冰灾, 外部遭遇严重世界性的经济危机, 由于影响的滞后效应, 导致湖区 2009 年的农业 GTFP 陡然恶化。“十二五”期间农业年均 GTFP 为 0.9951, 自“十一五”持续恶化, 2011 年湖区遭遇了特大旱灾, 地区降水量累计比历年同期减少 50%~60%<sup>[32]</sup>, 由于湖区防灾抗灾意识与技术的薄弱性, 农业生产受到严重影响, 农业 GTFP 指数随技术进步指数的恶化降至 20 年来最低, 但在“十二五”发展大背景下, 整体发展势头良好, 2013 年后农业 GTFP 增长加速。

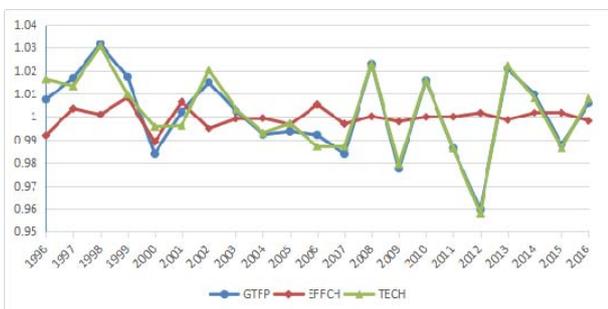


图 1 洞庭湖区农业 GTFP 指数及其各项分解指标走势图

## 2. 洞庭湖区三市农业 GTFP 差异分析

对岳阳、常德和益阳三个地级市进行比较分析可知(表 2), 1995—2016 年三市的年均农业 GTFP 指数分别为: 1.000 4、1.002 3、0.998 5, 岳阳和常德的农业 GTFP 均有所上升, 益阳的农业 GTFP 出现恶化。分阶段看, “九五”期间三市农业 GTFP 指数均有所上升。在此期间, 益阳大力发展“一优两高”农业, 实施“兴工重农, 强市富民”的基本战略, 增加农业投入, 改善农业生产条件, 以特色农业推进了农业产业化、集约化, 至 1999 年, 全市优质农作物面积达 450 万亩, 占总播种面积的 50%, 水稻良种覆盖率达 90%<sup>[33]</sup>, 农业 GTFP 略高于其他两市。“十五”期间, 湖区处在洪涝灾害后恢复期, 为了恢复农业生产能力, 进行超环境负荷的开发, 三市平均化肥施用量分别为 617.78kg/hm<sup>2</sup>、532.96kg/hm<sup>2</sup>、543.11kg/hm<sup>2</sup>, 保障粮食安全和追求农业高产为压倒一切的目标, 生态环境保护退居次要位置, 导致三市的农业 GTFP 均有所下降, 常德的 GTFP 出现恶化。“十一五”期间农村发展面临耕地占用, 水资源紧缺等问题<sup>[34]</sup>, 政府推动农村产业结构升级, 湖区面临农业发展转型的阵痛期, 除常德外, 岳阳和益阳两市的农业 GTFP 均恶化。常德市政府注重农业科技创新, 先后建立各类农业标准示范区 98 个, 加强了农业标准化和食品安全工作, 农业 GTFP 增长 0.58%。“十二五”期间三市农业 GTFP 均持续恶化, 其中益阳的 GTFP 恶化尤为严重, 据“十二五”期间益阳工业发展报告, 益阳的工业 GDP 占比 35%, 当地政府财政支农投入相对较小, 农业现代化水平提升较慢。据统计, 2004 年资阳区化肥施用量 11.69 万吨/年, 是全省的 1.30 倍; 农药投入全年高达 1165 吨, 致使境内 27% 的农田灌溉水受到污染<sup>[35]</sup>。

表 2 1995—2016 岳阳、常德、益阳农业 GTFP 指数的时序变化

地区	1995—2000 年	2001—2005 年	2006—2010 年	2011—2016 年	1995—2016 年
岳阳	1.0063	1.0009	0.9956	0.9991	1.0004
常德	1.0135	0.9967	1.0058	0.9918	1.0023
益阳	1.0175	1.0088	0.9840	0.9863	0.9985

### 3. 环境因素对三市 TFP 增长的影响

本文分考虑环境因素和不考虑环境因素两种情况对 M 指数并进行比较,结果见表 3。若考虑环境因素,湖区农业 GTFP 年平均增长率为 0.12%,其中技术进步效率为 0.18%,技术效率则出现了轻微退步,年均递减 0.04%,这一结论与多数学者的结论一致,即不考虑环境因素会高估农业 TFP 增长。从地区差异来看,常德农业 GTFP 平均增长率高于岳阳、益阳,从增长源泉看,岳阳、常德、益阳的农业 GTFP 增长是由农业技术进步推动,而益阳却发生了轻微的技术退步,这有违一般经济逻辑,可能的原因是:益阳相对岳阳、常德两地经济发展基础和水平相对要低,政府对于包括科技在内的公共产品投入能力相对弱,导致技术进步停滞甚

至退步。

当不考虑环境因素时,从农业 GTFP 增长来看,岳阳年平均增长 0.42%,常德年平均递减 0.64%,益阳年平均增长 1.98%,全湖区以及岳阳、益阳的农业 TFP 分别比考虑环境因素农业 GTFP 要高出 0.23%、0.38%和 2.13%。而常德是一例外,其农业 GTFP 增长率比不考虑环境因素的农业 TFP 高出 0.87%。可见,岳阳、益阳两市农业面源污染对农业增长造成了较大的效率损失,农业技术进步往往体现为期望产出水平提高的同时非期望产出和资源消耗增加。常德推行了农业标准示范区等新型现代农业生产模式,推广“两型”农业技术,所以考虑环境因素时的技术进步指数反而更高,实现了农业增长与环境保护同步。

表 3 1995-2016 岳阳、常德、益阳农业 GTFP 指数及其分解

地区	考虑环境因素			不考虑环境因素		
	M	EFFCH	TECH	M	EFFCH	TECH
岳阳	1.000 4	1.000 1	1.000 4	1.004 2	1.001 9	1.012 2
常德	1.002 3	0.998 9	1.003 7	0.993 6	0.998 9	0.999 4
益阳	0.998 5	1.000 0	0.998 8	1.019 8	1.008 0	1.022 8
湖区平均	1.001 2	0.999 6	1.001 8	1.003 5	1.002 2	1.008 9

## 四、收敛性检验

### 1. $\sigma$ 收敛检验

新古典经济理论中,根据考察收敛性的角度不同,收敛分析方法主要包括三种类型: $\sigma$  收敛、绝对  $\beta$  收敛和条件  $\beta$  收敛,其中  $\sigma$  收敛和绝对  $\beta$  收敛都属于绝对收敛。

据上文所述可知,湖区及三个地级市之间的农业 GTFP 存在一定差异性,为了进一步分析三市的 GTFP 随时间的演化趋势,采用  $\sigma$  收敛性检验分析洞庭湖区、岳阳市、常德市、益阳市 GTFP 区域差异的敛散趋势,本文借鉴曾先锋和李国平<sup>[36]</sup>的做法,将  $\sigma$  收敛定义为:

$$\sigma_t = \left\{ N^{-1} \sum_{m=1}^N \left[ M_m(t) - \left[ N^{-1} \sum_{k=1}^N M_k(t) \right] \right]^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

公式(6)中,  $M_m(t)$  表示考虑非期望产出下第  $m$  个地区在  $t$  时的农业 GTFP,如果存在  $\sigma_{1+t} < \sigma_t$ ,则农业 GTFP 存在  $\sigma$  收敛。图 1 是考虑非期望产出下的洞庭湖区及岳阳、常德和益阳三市农业 GTFP

的  $\sigma$  收敛情况。

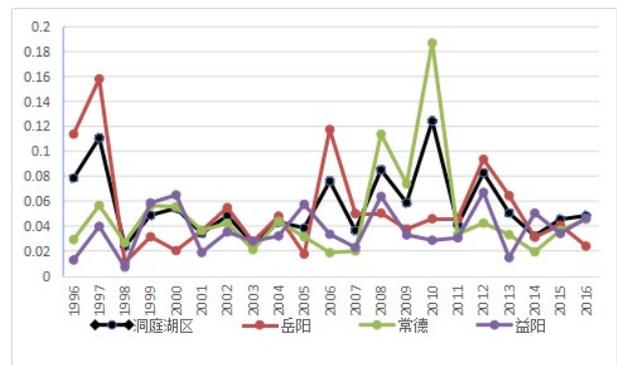


图 2 洞庭湖区及岳阳、常德、益阳的农业 GTFP 的  $\sigma$  值

从整个洞庭湖区来看,1996—2016 年农业 GTFP 标准差变化相对比较小,且整体不存在明显的收敛现象。湖区三市比较来看,常德标准差最大,且波动也是最大的,一方面说明常德各县(市、区)之间的农业现代化发展差距相对较大,各县(市、区)发展相对不够协调,另一方面可能是常德农业产业结构调整阵痛期的反映;岳阳呈现轻微的  $\sigma$  收敛趋势,表明岳阳各县(市、区)的农业 GTFP 增长相对均衡,且内部差距随着时间推移而缩小;益

阳农业 GTFP 的标准差变化比常德和岳阳变化要稳定,但其整体存在轻微的发散趋势。湖区和三市农业 GTFP 的  $\sigma$  收敛现象不显著的原因主要是不同地区在不同时间段内所呈现的  $\sigma$  收敛或者发散趋势没有连续性。为了更准确地考察农业 GTFP 的收敛情况,本文拟做量化程度较高的绝对  $\beta$  收敛检验。

2. 绝对  $\beta$  收敛检验

绝对  $\beta$  收敛性检验可以进一步验证县际 GTFP 是否趋近于同一稳定均衡值,也就是研究 GTFP 水平比较落后的县(市、区)是否对发达县(市、区)存在“追赶效应”。从本质上看,绝对  $\beta$  收敛性检验就是考察 GTFP 的增长率是否与其初始水平存在负相关关系,如果相关系数  $\beta$  小于 0,也就是说区域绿色全要素生产率增长速度与期初水平呈负相关,则表明存在绝对  $\beta$  收敛。而初期 GTFP 水平落后的县(市、区)增长速度比发达县(市、区)更快,前者对后者具有“追赶效应”,因而,所有省份都会趋向于同一稳态水平。本文采用 Bernard 和 Jones 等学者<sup>[37]</sup>的经典分析方法,对模型进行了适当的调整,得到如下所示的绝对  $\beta$  收敛回归检验模型:

$$(\ln GTFP_{iT} - \ln GTFP_{i0})/T = \alpha + \beta \ln GTFP_{i0} + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

式中,  $\ln$  代表取自然对数;  $GTFP_{iT}$  和  $GTFP_{i0}$  分别代表末期与基期第  $i$  个县(市、区)的 GTFP;  $T$  为基期和末期的时间跨度;  $\alpha$  和  $\beta$  是待估计的参数;  $\varepsilon_{it}$  是随机误差项。

为了消除农业生产周期波动带来的影响,本文把整个样本期划分为 1995—2000 年,2001—2006 年,2007—2012 年,2013—2016 年四个时间段,取 1995—2000 年环境约束下各市县农业 GTFP 的几何平均值作为基期值,以 2013—2016 年环境约束下的各市县农业 GTFP 作为末期值,由于两个时间段相差 21 年,因此  $T$  为 21。利用普通最小二乘法(OLS)对模型进行估计,估计结果见表 4。

表 4 环境约束下农业 GTFP 绝对  $\beta$  收敛检验

变量	全湖区	岳阳	常德	益阳
$\alpha$	-0.000 2 (0.000 19)	0.000 4 (0.000 2)	-0.000 5 (0.000 5)	-0.000 2 (0.003 3)
$\beta$	-0.051 1 (0.003 8)	-0.046 6 (0.007 3)	-0.040 1 (0.059 5)	-0.052 3 (0.003 1)
Adj- $R^2$	0.898 5 (0.000 9)	0.849 9 (0.000 5)	-0.084 3 (0.001 3)	0.989 5 (0.000 5)
F 值	178.09	40.65	0.4556	284.82

注:括号内为估计量的标准误差项。

由表 4 可知,洞庭湖区以及岳阳、常德、益阳

的  $\beta$  值均显著为负,这表明无论对于全湖区而言,还是对于岳阳、常德和益阳三市来说,环境约束下的农业 GTFP 都存在绝对  $\beta$  收敛。

五、农业绿色全要素生产率影响因素解析

1. 模型设定与数据来源

农业绿色生产率的变动不仅会受到经济系统自身的影响,还与各决策单元所处的外部宏观环境有着十分紧密的联系,因此本文参考已有研究成果,兼顾数据可得性,确定影响因素变量包括:城镇化率(UL),用城镇人口占总人口的比重表示;农业受灾率(AD),用农业受灾面积与总播种面积的比值表示;财政支农水平(AFE),用农林水事务财政支出表示;工业化率(IL),用工业增加值与地区生产总值的比值表示;人均播种面积(PAPC),用种植业从业人员数与总播种面积的比值表示;农村经济发展水平(PCIF),用不变价格的农村居民人均可支配收入表示,为消除数据非平稳性,进行取对数处理,并引入平方项,检验是否存在“U型”环境库兹涅茨关系;机械化水平(ML),用农业机械总动力与种植业从业人员数的比值表示。变量数据均来自历年《湖南统计年鉴》《湖南农村统计年鉴》。

利用 1995—2016 年洞庭湖 21 个县(市区)的面板数据,采用 Tobit 模型方法,探析洞庭湖农业 GTFP 的影响因素,构建如下模型:

$$GTFP_{it} = \delta_0 + \delta_1 UL_{it} + \delta_2 AD_{it} + \delta_3 AFE_{it-1} + \delta_4 IL_{it-1} + \delta_5 PAPC_{it} + \delta_6 PCIF_{it} + \delta_7 ML_{it} + \delta_8 PCIF_{it}^2 + e_{it} \quad (8)$$

(8) 式中,由于本文测算的绿色全要素生产率指数是以上年为 100 的环比指数,将其转化为 1995 年为 100 的累积变化指数,然后对其进行对数转换来作为被解释变量,转换公式为  $\ln(1+TFP)$ ;考虑影响效应的滞后性及变量相关性,财政支持水平和工业化程度两个解释变量都滞后一期,  $i$  和  $t$  分别表示第  $i$  个县(市区)和第  $t$  年,  $\delta_0$  为截距项,  $\delta_1 \sim \delta_8$  为自变量系数;  $e_{it}$  为随机干扰项。

2. 实证结果与分析

经 Hausman 检验,采用固定效应模型更优。从现有文献中可知,到目前为止,大多数学者采用参数估计方法对数据进行回归,但参数法对模型设置的依赖性较强,可能导致结果不够稳健,因此需要

对回归结果进行稳健性检验。本文使用非参数回归实现稳健性检验。非参数法作为实现局部线性估计的一种方式,在默认情况下,对数据中每个点的观察子集进行局部线性回归(通常是核回归),并且对每个点  $X$ , 解决由下式给出的最小化问题:

$$\min \gamma \sum_{i=1}^n \{y_i - \gamma_0 - \gamma_1'(x_i - x)\}^2 K(x) \quad (9)$$

其中  $\gamma = (\gamma_0, \gamma_1')$ ,  $K(x)$  为核函数。在此,本文选用较为常见的 Epanechnikov 核函数形式:

$$K(x) = \frac{3}{4} (1 - x^2) I(|x| < 1),$$

作为非参数回归的核函数。利用 Epanechnikov 核回归模型对数据进行稳健性检验,结果见表 5。基于模型参数估计结果可以发现:1) 城镇化水平对农业 GTFP 增长有负向影响,但不显著。可能的原因有:一方面由于城镇化进程加快,部分土地资源遭到占用,高素质农村劳动力向城市流动,人才的流失导致农业 GTFP 增长受到一定的阻碍;另一方面随着城市化进程加快,第二、三产业发展势头强劲,农业发展处于较弱势地位,也对农业 GTFP 增长造成不利影响。2) 受灾率对农业 GTFP 增长有显著负向影响。农业生产发展易受气候变化、自然灾害的影响,加上 20 世纪 60 年代以来湖区生态环境的恶化,洞庭湖农业洪涝灾害、旱灾发生总体呈上升趋势,受灾率对农业 GTFP 增长产生不利影响。3) 财政支农水平对农业 GTFP 增长有正向影响,但不显著。洞庭湖区作为我国重要的商品粮棉油生产基地,在全国占有举足轻重的地位,政府通过加大财政支出,优化投入结构,有效促进了农业 GTFP 增长。4) 工业化发展程度对农业 GTFP 增长具有显著负向影响。工业化快速发展时期,区域经济体系中工业化占比提高,农业占比降低,洞庭湖区农业占比由 2010 年的 26.51% 下降至 2016 年的 13.27%。工业化程度的提高抑制了农业 GTFP 的增长:工业化发展要求农业部门不断提高产出水平来满足工业生产原料和人们生活的需要,在自然资源约束下,农业部门只有通过增加化学投入品使用来实现产出增长,势必造成环境损害。另外,工业化的发展也导致农村劳动力的转移与农民非农化,大量的优质劳动力纷纷离农进城务工,为腾出更多时间从事非农劳动,以获得相对更高的收入,往往倾向于多使用化学投入

品来提高农业产出,抑制了农业 GTFP 增长。5) 人均播种面积对农业 GTFP 有负向影响,但影响并不显著。当人均播种面积较小时,农户进行“精耕细作”劳动,以劳动投入替代化肥、农药、机械等现代生产要素投入;而当人均播种面积提高时,农户就会逐步形成对现代投入要素的依赖,加大资本投入,会导致污染物排放的增加,从而降低农业 GTFP 增长。6) 农民人均收入与农业 GTFP 增长呈现出显著的正“U”型关系。在经济发展初级阶段,生产者追求高产出和收益最大化,缺乏保护资源与环境意识,大量化学投入品的不合理使用,造成生态环境破坏,降低农业 GTFP 增长。当经济发展达到一定水平,即越过拐点后,消费者对高品质农产品需求增强,生产者的环境友好意识强化,促使其采纳绿色生产技术,生态环境保护与农业增长趋于协调,从而促进农业 GTFP 增长。7) 机械化水平对农业 GTFP 增长具有负向影响,但不显著。一方面机械化的广泛使用,伴随着柴油等能源不断消耗,导致污染物增加;而生产条件和农业基础设施较为落后的县(市、区)的农机组织程度不高,导致农机的生产效率偏低,使得机械化水平抑制农业 GTFP 的增长。

表 5 农业 GTFP 的影响因素回归结果

变量	面板 OLS 回归结果		稳健性检验结果	
	估计系数	标准差	估计系数	标准差
<i>UL</i>	-0.0003	0.0075	-0.0024	0.0119
<i>AD</i>	-0.0012*	0.0890	-0.0079**	0.0027
<i>AFE</i>	0.0004	0.0011	0.0071	0.0017
<i>IL</i>	-0.0074*	0.0049	-0.0434**	0.0220
<i>PAPC</i>	-0.0001	0.0004	-0.0003	0.0007
<i>PCIF</i>	-0.2114**	0.0712	-0.1836**	0.0867
<i>PCIF</i> <sup>2</sup>	0.0122**	0.0042	0.0103**	0.0049
<i>ML</i>	-0.0007	0.0011	-0.0010	0.0017

注:\*\*\*、\*\*、\*分别表示在 1%、5% 和 10% 水平显著。

## 六、结论及其启示

上述研究结果表明:1) 转型期洞庭湖区的农业 GTFP 有一定增长,但面临的环境资源压力仍然较大。资源节约、环境承载与农业发展的整体协调并不理想,存在一定程度的失衡,这一失衡状态在“十五”和“十一五”期间表现得最为明显,证实环境问题在很大程度上是一个发展问题,在资源、

环境的刚性约束下,湖区亟待加快转变农业生产方式,另一方面也证实湖区的农业 GTFP 还存在着很大的提升潜力。2) 考虑环境因素的农业 GTFP 增长低于不考虑环境因素的农业 TFP 增长,说明不考虑环境因素高估了农业 TFP 增长;考察期内洞庭湖区农业 GTFP 取得了一定程度的提升,主要由技术进步贡献,技术效率却出现一定程度的恶化;从湖区农业 GTFP 增长的阶段性变化看,考察期呈现不稳定性特征;从湖区内部差异来看,岳阳和常德两市的农业 GTFP 都有所增长,益阳轻微恶化;岳阳、益阳两市考虑环境因素的农业全要素生产率增长比不考虑环境因素时分别低 0.38%和 2.13%,但是常德却高 0.87%,常德实现了农业增长与环境保护同步。3) 绝对收敛性检验结果表明,对于全湖区和常德而言,并不存在明显的  $\alpha$  收敛状态,岳阳呈现轻微的  $\alpha$  收敛,而益阳则呈现轻微的发散,三大地区的  $\alpha$  值呈现出显著的波动特征,说明  $\alpha$  收敛趋势并不稳定。但无论是全湖区还是岳阳、常德和益阳三市都存在绝对  $\beta$  收敛,即初期 GTFP 水平落后的县市区增长速度比发达县市区更快。4) 从洞庭湖区农业 GTFP 增长影响因素的回归结果看,财政支农水平、农民人均收入对农业 GTFP 增长有促进作用;城镇化率、受灾率、工业化率、人均播种面积、机械化水平对农业 GTFP 增长具有抑制作用。

以上研究结论对于加快洞庭湖区农业绿色转型升级具有如下启示:一是走高效、优质、集约发展之路,支持农业科技创新,加快科技成果的转化与运用,尤其要加强资源节约、环境友好型农业技术的研发力度和推广应用,如低毒、低残留农药的生产与喷施技术、测土配方施肥技术以及水土保持技术等。二是政府要依据农业 GTFP 增长及其构成的差异性,在提升农业 GTFP 增长路径上有所侧重,投入相应的环境治理费与技术研发费,如常德的发力点主要是提高绿色技术效率,要对农业技术进行科学规划与管理,整合零散农业资源,优化农业结构,消除土地、资本等要素合理配置的障碍。益阳、岳阳则应在创新农业绿色技术上发力,通过加强与常德地区的交流和合作,学习引进先进、实用的现代农业技术和管理经验,加强农业基础设施建设,逐步缩小与常德地区的差距。三是应大力发展农村经济、扩大农田水利工程等农业基础设施投资力

度、提高农业劳动力整体素质水平、优化财政支农支出结构,促进农业实现资源、环境与农业经济的协调有序发展。四是应构建政府管控与市场激励等多元化环境规制制度体系,建立农业绿色发展的长效促进机制。

#### 参考文献:

- [1] 董明辉,魏晓.区域农业可持续发展度评价——以环洞庭湖区为例[J].经济地理,2008(3):479-482.
- [2] 罗荷花,李明贤.洞庭湖区现代农业发展水平的评估与分析[J].湖南农业大学学报(社会科学版),2013,14(1):8-14.
- [3] 刘励敏,刘茂松.大湖生态经济区多功能农业发展对策探讨——以洞庭湖生态经济区建设为[J].湖南社会科学,2014(6):169-171.
- [4] 熊春林,彭杰,张娟,等.湖南洞庭湖生态经济区县域发展成果评价研究[J].生态经济,2017,33(5):106-112.
- [5] 朱玉林,李明杰,龙雨孜,等.基于能值分析的环洞庭湖区农业生态系统结构功能和效率[J].生态学杂志,2012,31(12):3086-3093.
- [6] 许联芳,王克林,刘新平,等.洞庭湖区农业生态安全评价[J].水土保持学报,2006(2):183-187.
- [7] 杨灿,朱玉林,李明杰.洞庭湖平原区农业生态系统的能值分析与可持续发展[J].经济地理,2014,34(12):161-166.
- [8] 秦迪岚,罗岳平,黄哲,等.洞庭湖水环境污染状况与来源分析[J].环境科学与技术,2012,35(8):193-198.
- [9] 陈建斌,柴茂.湖泊流域生态治理政府责任机制建设研究[J].湘潭大学学报(哲学社会科学版),2016,40(3):19-23.
- [10] Lin Yifu. Rural reforms and agricultural growth in China[J].American Economic Review,1992,82(1)34-51.
- [11] Wen G J. Total factor productivity change in China's farming sector: 1952-1989[J]. Economic Development and Cultural Change, 1993, 42(1): 1-41.
- [12] Fan Shenggen. Effects of technological change and institutional reform on production growth in Chinese agriculture[J].American Journal of Agricultural Economics, 1991, 73(2): 266-275.
- [13] Xu Yingfeng. Agricultural productivity in China[J]. China Economic Review, 1999, 10(2): 108-121.
- [14] Mao Weining, Koo W W. Productivity growth, technological progress and efficiency change in Chinese agriculture after rural economic reforms: A DEA approach[J]. China Economic Review, 1997, 8(2):

- 157-174 .
- [15] 陈卫平. 中国农业生产率增长、技术进步与效率变化: 1990-2003年[J]. 中国农村观察, 2006(1): 18-23 .
- [16] 周端明. 技术进步、技术效率与中国农业生产率增长——基于DEA的实证分析[J]. 数量经济技术经济研究, 2009, 26(12): 70-82 .
- [17] 张海波, 刘颖. 我国农业全要素生产率增长及收敛研究[J]. 统计与决策, 2012(13): 139-142 .
- [18] 李谷成, 范丽霞, 成刚, 等. 农业全要素生产率增长: 基于一种新的窗式DEA生产率指数的再估计[J]. 农业技术经济, 2013(5): 4-17 .
- [19] 薛建良, 李秉龙. 基于环境修正的中国农业TFP度量[J]. 中国人口·资源与环境, 2011(5): 113-118 .
- [20] 杨俊, 陈怡. 基于环境因素的中国农业生产率增长研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(6): 153-157 .
- [21] 岳立, 王晓君. 环境规制视域下我国农业技术效率与全要素生产率分析——基于距离函数研究法[J]. 吉林大学社会科学学报, 2013, 53(4): 85-92 .
- [22] 李谷成. 中国农业的绿色生产率革命: 1978—2008年[J]. 经济学(季刊), 2014, 13(2): 537-558 .
- [23] 吴传清, 宋子逸. 长江经济带农业绿色全要素生产率测度及影响因素研究[J]. 科技进步与对策, 2018, 35(17): 35-41 .
- [24] 肖锐, 陈池波. 财政支持能提升农业绿色生产率吗?——基于农业化学品投入的实证分析[J]. 中南财经政法大学学报, 2017(1): 18-24, 158 .
- [25] 叶初升, 惠利. 农业生产污染对经济增长绩效的影响程度研究——基于环境TFP的分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2016, 26(4): 116-125 .
- [26] Tone K. A Slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis[J]. European Journal of Operational Research, 2001(3): 498-509 .
- [27] Tone K. A Slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis[J]. European Journal of Operational Research, 2002, 143(1): 32 - 41 .
- [28] 陈敏鹏, 陈吉宁, 赖斯芸. 中国农业和农村污染的清单分析与空间特征识别[J]. 中国环境科学, 2006(6): 751-755 .
- [29] 赖斯云. 非点源调查评估方法及其应用研究[D]. 北京: 清华大学硕士论文. 2003 .
- [30] 李波, 张俊飏, 李海鹏. 中国农业碳排放时空特征及影响因素分解[J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(8): 80-86 .
- [31] 付永虎, 刘黎明, 起晓星, 等. 基于灰水足迹的洞庭湖区粮食生产环境效应评价[J]. 农业工程学报, 2015, 31(10): 152-159 .
- [32] 卢翔, 唐仁杰. 湖南洞庭湖区干旱特点及成因分析[J]. 人民长江, 2015, 45(增刊2): 9-11 .
- [33] 韩志明. 益阳: 以特色农业推进农业产业化[J]. 农村经济与科技, 2000(3): 11-12 .
- [34] 中国社会科学院农村发展研究所课题组. 中国农村发展的“十五”回顾与“十一五”的改革思路[A]//中国社会科学院. 首届中国经济论坛论文集[C]. 中国社会科学院: 中国社会科学院城市发展与环境研究中心, 2005: 35 .
- [35] 陶友良, 张国政. 益阳市资阳区绿色农业发展浅析[J]. 湖南农业科学, 2012(2): 37-38 .
- [36] 曾先峰, 李国平. 我国各地区的农业生产率与收敛: 1980~2005[J]. 数量经济技术经济研究, 2008(5): 81-92 .
- [37] Bernard A B, Durlauf S N. Interpreting test of the convergence productivity in the Swiss Insurance Industry[J]. European Journal of Operational Research, 2016, 248(2): 703-714 .

责任编辑: 李东辉