

我国粮食生产效率核算及其影响因素分析^{*}

——基于 *SBM - Tobit* 模型二步法的实证研究

曾福生 高 鸣

(湖南农业大学经济学院 长沙 410128)

内容提要 本文运用包络数据分析法的非径向 *SBM* 模型衡量了我国各地区粮食生产效率,同时使用 *Tobit* 模型分析了影响粮食生产效率的主要因素。通过经济学效率理论及运筹学领域的包络数据分析法,对我国 2009 年粮食生产进行了效率核算,并得出了化肥施用量、有效灌溉面积和粮食播种面积对粮食生产效率具有显著影响的结论。

关键词 粮食安全 包络数据分析法 *SBM - Tobit* 模型

一、引言

我国正处于经济快速发展时期,为确保工业化和城镇化的稳步推进,粮食安全不仅是我国经济发展的基础,也是社会和谐稳定的保障,更具有确保国家安全的重要意义。

目前,包络数据分析法在农业方面的运用主要是在农业生产效率的评定等方面。郭军华、倪明、李帮义(2010)利用三阶段 *DEA* 模型对 2008 年我国农业生产效率进行了分析,并将我国农业发展水平分为 4 种不同的类型,并针对不同的发展状况提出了相应的策略。时悦(2007)利用 *DEA* 方法对我国在 1990—2005 年的农业生产效率进行了实证分析。陈丽能、谢永良(2000)利用 *DEA* 方法对浙江省农业生产的现代化综合生产能力进行了实证分析。董洪清、李思(2010)对我国农业效率进行了分析,并提出我国主要从事农业生产的大省和经济发达地区的农业生产效率较高,而且我国农业产出处于规模报酬递减的状况。

提高粮食生产效率具有重要的现实意义,因此,本文将通过包络数据分析法(*DEA*)中的 *SBM* 模型对我国 31 个省份粮食生产效率进行核算,再采用 *Tobit* 回归模型,找出影响粮食生产效率的重要因素,为进一步提高我国粮食的生产效率提供政策建议。

二、模型、指标及数据来源

(一)模型介绍

1. *SBM* 模型。在生产过程中,常伴随着较为明显的“非期望产出”,即“副产品”,在评价经济效率时,传统的 *DEA* 模型无法衡量和排除这些干扰因素,在效率核算时存在一定的缺陷,因此,学者们在传统的 *DEA* 模型的基础上提出了基于松弛量对效率进行测度的模型,即 *SBM* 模型,其可以解决决策单元的投入和产出的冗余短缺问题。和传统 *DEA* 模型不同,*SBM* 模型是非径向模型,其松弛变量越小,效率值就越高。运用此模型可以很好地测度出粮食效率,并找出影响粮食效率的根本因素。

^{*} 项目来源:本研究得到国家社会科学基金“粮食大省粮食安全责任和实现机理研究”(编号:08BJY111)资助

$$\theta = \min \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{i0}}}{1 + \frac{1}{s_1 + s_2} \left[\sum_{r=1}^{s_1} \frac{s_r^g}{y_{r0}^g} \right]} \quad S. t. \begin{cases} x_0 = X\lambda + s^- \\ y_0^g = Y^g\lambda - s^g \\ y_0^b = Y^b\lambda + s^b \\ S^- \geq 0, S^g \geq 0, S^b \geq 0, \lambda \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

其中 s^- 表示松弛量; λ 表示权重值。仅当 $\theta = 1$ 且当 $S^- = S^g = S^b = 0$ 时,该决策单元是有效单元。因此,该模型不仅解决了投入与产出的松弛量问题,而且还解决了非期望产出下的效率评价问题。

2. Tobit 模型。由于 OLS(普通最小二乘法)的模型在估计回归系数时,会影响参数估计的有偏和不一致,因此经济学家 Tobin 提出了截尾回归模型。Tobit 模型是在解释变量 Y_i 是介于 0 ~ 1 之间的截尾数据时,对部分连续分布和离散分布的因变量的一个回归模型,回归模型如下:

$$Y_i = a_0 + a_1 X_i + U_i \quad (2)$$

其中 Y_i 表示效率值, X_i 表示解释变量, a_i 表示未知参数向量, $i = 1, 2, 3, \dots$ 。本文采用 Tobit 模型分析影响粮食生产效率的要素。

(二) 指标选取及数据来源

1. 指标选取。为核算出我国各地区粮食生产效率情况,需要建立投入与产出指标体系。经过和多位专家的讨论,初步选取了以粮食产量(万吨)为产出指标,选取了化肥施用量(万吨)、有效灌溉面积(千公顷)、农业机械总动力(万千瓦)、粮食播种面积(千公顷)和农业从业人员(万人)为投入指标。下面的实证分析可以证明,运用此指标体系,能真实客观地衡量出我国各地区粮食生产效率值。

2. 数据来源。粮食生产指标体系以及第二步 Tobit 模型的数据均来自于 2010 年的《中国统计年鉴》,另外,本文共选取了我国各省份共 31 个决策单元,即 DMU 有 31 个。

表 1 2009 年我国各地区粮食生产投入和产出

省份	粮食产量	化肥施用量	有效灌溉面积	农业机械总动力	粮食播种面积	农业从业人员
北 京	124.77	13.82	218.7	271.54	226.29	65.6759
天 津	156.29	25.96	347.4	595	306.64	77.7197
河 北	2910.17	316.17	4553	9861.12	6216.50	1483.6183
山 西	942	104.32	1261	2655.04	3146.67	635.7521
内 蒙 古	1981.70	171.42	2949.8	2891.64	5424	557.9576
辽 宁	1591	133.61	1509.6	2142.93	3124.10	694.3765
吉 林	2460	174.18	1684.8	2001.13	4427.70	516.5614
黑 龙 江	4353.01	198.87	3405.9	3401.27	11391.03	780.9981
上 海	121.68	12.56	202.3	99.23	193.27	47.5682

续表

省份	粮食产量	化肥施用量	有效灌溉面积	农业机械总动力	粮食播种面积	农业从业人员
江 苏	3230.10	344.00	3813.7	3810.57	5272.04	896.8638
浙 江	789.15	93.60	1446.4	2384.03	1290.09	659.3494
安 徽	3069.872	312.79	3484.1	5108.85	6605.57	1579.6113
福 建	666.86	120.68	960.1	1175.01	1231.012	638.6243
江 西	2002.56	135.76	1840.4	3358.93	3604.60	882.2707
山 东	4316.30	472.86	4896.9	11080.66	7030.09	1994.4467
河 南	5389	628.67	5033	9817.84	9683.61	2764.8592
湖 北	2309.10	340.26	2350.1	3057.24	4012.53	990.1204
湖 南	2902.70	231.60	2720.7	4352.39	4799.10	1876.438
广 东	1314.50	233.16	1871.1	2190.18	2538.50	1536.6601
广 西	1463.20	229.32	1522.1	2550.93	3067.50	1561.2483
海 南	187.60	46.29	243.2	396.07	430.43	226.0528
重 庆	1137.20	91.17	672	967.41	2229.49	655.7011
四 川	3194.60	247.97	2523.7	2952.66	6419.40	2158.2986
贵 州	1168.27	86.54	1016	1606.42	2984.73	1210.5044
云 南	1576.92	171.39	1562.1	2159.40	4200.13	1672.6966
陕 西	1131.40	181.32	1293.3	1832.98	3133.97	877.5929
甘 肃	906.20	82.90	1264.2	1822.65	2740.03	739.3233
青 海	102.69	7.96	251.7	388.68	275.72	122.5878
宁 夏	340.70	35.54	453.6	702.55	826.88	130.8432
新 疆	1152	154.98	3675.7	1503.31	1984.70	425.7595
西 藏	90.50	4.70	235.1	358.40	169.43	92.2000

三、我国粮食生产效率核算的实证分析

(一) 各地区粮食生产效率值

在包络数据分析法中的 SBM 模型下,选取可变规模报酬和投入角度,针对 31 个决策单元的相关数据,通过 DEA 相关软件,核算出我国各地区粮食生产效率及参考样本和系数,结果如表 2 所示。

表 2 2009 年我国各省份粮食生产效率值

省份	效率值	Peer(λ)	省份	效率值	Peer(λ)
北京	0.769	吉林(0.001); 上海(0.999)	湖北	0.738	吉林(0.593); 上海(0.149); 江苏(0.258)
天津	0.594	吉林(0.015); 上海(0.985)	湖南	1	湖南(1.000)
河北	0.527	吉林(0.762); 黑龙江(0.238)	广东	0.504	吉林(0.510); 上海(0.490)
山西	0.479	吉林(0.351); 上海(0.649)	广西	0.535	吉林(0.574); 上海(0.426)
内蒙古	0.648	黑龙江(0.440); 上海(0.560)	海南	0.553	吉林(0.026); 上海(0.969); 重庆(0.005)
辽宁	0.723	吉林(0.628); 上海(0.372)	重庆	1	重庆(1.000)
吉林	1	吉林(1.000)	四川	1	四川(1.000)
黑龙江	1	黑龙江(1.000)	贵州	0.667	吉林(0.448); 上海(0.552)
上海	1	上海(1.000)	云南	0.57	吉林(0.622); 上海(0.378)
江苏	1	江苏(1.000)	陕西	0.508	吉林(0.432); 上海(0.568)
浙江	0.652	吉林(0.015); 上海(0.782); 江苏(0.203)	甘肃	0.526	吉林(0.336); 上海(0.664)
安徽	0.626	吉林(0.658); 黑龙江(0.309); 江苏(0.033)	青海	0.755	上海(0.415); 西藏(0.585)
福建	0.531	吉林(0.233); 上海(0.767)	宁夏	0.668	吉林(0.094); 上海(0.906)
江西	1	江西(1.000)	新疆	0.667	吉林(0.261); 上海(0.604); 江苏(0.135)
山东	1	山东(1.000)	西藏	1	西藏(1.000)
河南	1	河南(1.000)			

由以上核算的效率值可知: 吉林、黑龙江、上海、江苏、江西、山东、河南、湖南、重庆、四川和西藏的粮食生产效率值为 1 ,说明了这些地区的粮食生产效率有效 ,即这些地区的技术效率和规模效率都达到了产出水平的最优点。粮食生产效率有效地区主要是农业大省和经济发达地区 ,现实的粮食生产中 ,河南的粮食产量连续 10 年居全国之首 ,且连续 4 年超千亿斤 ,紧随其后的黑龙江省粮食产量也在近年突破了千亿斤 ,其他有效的各地区也是粮食的主要产出地或者农业科技发达地区 ,因此此次核算结果和现实情况较为吻合。而其他地区的粮食生产效率低于 1 ,表示这个地区 DEA 非有效 ,其投入产出点没有在生产前沿面上。

在表 2 中还可以清楚地了解到各地区的参考指标和参考系数(Peer) ,需要指出的是 ,DEA 的效率是相对效率 ,因此 ,在核算过程中各决策单元主要从规模和技术两方面互相参考 ,并测算出参考系数 ,进一步得出 DEA 效率值。例如 ,西藏的粮食生产效率在规模和技术上都没有可比性 ,因此它相对于本身来说是有效的。从表 2 的结果可知 ,被引用次数最多的是吉林和上海 ,其次是黑龙江。这也表示了这三个地区粮食的规模效率和技术效率是我国粮食生产的主导地区 ,也是其他地区可以参考改进的地方。

(二) 投入冗余量及产出改进分析

为了方便各地区的比较 ,采用百分比的形式。其中 X_1 表示化肥施用量冗余百分比 , X_2 表示有效灌溉面积冗余百分比 , X_3 表示农业机械总动力冗余百分比 , X_4 表示粮食播种面积冗余百分比 , X_5 表示农业从业人员冗余百分比 , Y 表示粮食产量改进百分比。

冗余百分比 = 冗余量 / 原投入量

表 3 我国各地区粮食生产效率投入冗余和产出改进百分比

省份	Y	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	省份	Y	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
北 京	0.00	7.57	6.60	62.53	12.12	26.63	湖 北	0.00	43.04	14.38	28.58	0.00	45.00
天 津	0.00	42.40	35.45	78.59	16.53	29.86	湖 南	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
河 北	0.00	43.05	54.01	76.33	2.14	60.94	广 东	0.00	59.25	48.77	51.17	7.29	81.34
山 西	0.00	33.61	42.71	71.13	46.65	66.64	广 西	0.00	54.09	30.83	53.34	14.50	79.72
内蒙古	0.00	44.90	45.40	46.37	5.69	33.69	海 南	0.00	62.93	0.00	61.35	27.13	72.19
辽 宁	0.00	14.59	24.89	39.60	8.64	50.71	重 庆	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
吉 林	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	四 川	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
黑龙江	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	贵 州	0.00	1.90	14.78	40.83	30.03	78.73
上 海	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	云 南	0.00	33.98	27.99	40.59	32.66	79.71
江 苏	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	陕 西	0.00	54.58	34.86	49.78	35.49	71.50
浙 江	0.00	11.96	33.69	62.97	0.00	65.52	甘 肃	0.00	19.44	44.65	59.55	41.10	72.28
安 徽	0.00	40.09	34.38	51.20	0.00	61.34	青 海	7.23	0.00	12.00	35.45	34.96	39.89
福 建	0.00	58.37	42.93	53.82	4.10	75.43	宁 夏	0.00	22.07	24.79	60.52	28.66	30.07
江 西	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	新 疆	0.00	35.78	70.69	27.02	0.00	33.12
山 东	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	西 藏	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
河 南	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00							

注: 数据由原始数据和计算结果整理得出

需要指出的是,由于 SBM 模型是将投入和产出的松弛量考虑进了目标函数,因此有效的决策单元投入和产出量都为 0,且效率值为 1 的各地区不存在投入冗余和产出改进。各地区可以按照上面的投入冗余百分比减少相应的投入量,优化投入结构,而产出水平不会减少,反而有改进的可能。

我国农业生产主要是以量的投入追逐产出水平,因此,大量的冗余投入增加了生产成本,也不利于农业可持续发展。从表 3 的数据可知,农业从业人员的投入冗余是最多的,这也表明了我国存在农业从业人员过剩。单个农业劳动生产率不高的状况,可以由粮食耕作转移到其他农业生产当中。其次,化肥使用量过多。我国正在建设资源节约型和环境友好型社会,这也要求在农业生产过程中,强调资源的集约和环境的友好,而过度的化肥使用不仅浪费了资源,而且对耕地有破坏作用。从表 3 中也不难发现,云南和广西等地区的冗余量最大。另外,仅青海有 7.23% 的产出改进水平,这表明青海在现有的投入要素和投入量中,可以有更好的产出水平,且减少表中相应的投入量不会影响产出水平。

四、影响我国粮食生产效率因素的实证分析

(一) 基本假设及理论分析

在粮食生产的投入要素中,是否都对粮食生产具有显著的影响? 这些影响因素是否存在边际效应? 如果存在边际效应,那么减少(增加)相应指标的投入量是否可以提高粮食生产效率? 回答这些问题需要进一步对粮食生产效率的影响因素进行实证分析。结合当前我国粮食生产的实际情况,本文主要从化肥施用量、有效灌溉面积、农业机械总动力、粮食播种面积和农业从业人员这五个角度进

行分析。

假设一: 化肥施用量对我国粮食生产效率具有正相关的显著影响。

在农业生产过程中, 化肥是农业的“第二块地”, 因此我国粮食生产效率和化肥施用量具有紧密的关系, 因此, 假设化肥使用量对我国粮食生产效率具有正相关的关系。而化肥并不是越多越好, 它存在边际效应递减的效果, 更多的化肥施用量不仅不会促进粮食生产效率的提高, 反而会影响粮食生产。

假设二: 有效灌溉面积对我国粮食生产效率具有正相关的显著影响。

有效灌溉面积是粮食生产和粮食安全的主要支柱之一, 有效灌溉面积影响着粮食生产效率的提高。水资源的充分利用可以节约水资源, 还可以充分促进粮食生产效率的提高。本文选取 2009 年各省份有效灌溉面积为指标, 假设有效灌溉面积越多, 粮食生产效率则越高。

假设三: 农业机械总动力对我国粮食生产效率具有负相关的显著影响。

农业机械总动力影响粮食的生产, 但是受制于自然和科技的因素, 农业机械总动力对粮食生产效率的影响具有边际效应递减的现象。另外, 由于我国地形的复杂, 农业机械与当地的地形存在适宜性问题, 因此, 并不是越多的农业机械总动力就可以促进粮食生产效率的提高, 相反具有阻碍作用。本文选取了 2009 年的农业机械总动力的数据, 考察其对粮食生产效率的影响。

假设四: 粮食播种面积对我国粮食生产效率具有正相关的显著影响。

粮食播种面积从规模效益和单产效益直接影响到粮食生产效率。排除其他因素, 假设粮食播种面积越大, 粮食生产效率就越高, 相反, 粮食的播种面积减小会降低粮食生产效率。因此, 假设粮食播种面积和我国粮食生产效率具有正相关关系。

假设五: 农业从业人员对我国粮食生产效率具有正相关的显著影响。

农民是农业生产的主要劳动者, 也是农业科技的主要运用者。充足的农业从业人员为粮食生产的劳动力供给提供保证, 因此, 假设农业从业人员对我国粮食生产效率成正相关关系。本文选取 2009 年农业从业人员数量, 假设人数越多, 粮食生产效率越高。

(二) 实证分析

1. 数据处理。共选取了 2009 年化肥使用量(千公顷)、2009 年有效灌溉面积(亿元)、2009 年农业机械总动力(%)、2009 年粮食播种面积(千公顷)、2009 年农业从业人员数(万人) 为解释变量; 选取测算出来的粮食生产效率值为被解释变量。为了防止数据的强波动和单位不统一, 对各组数据进行对数化处理。数据处理方程式: $Y_i = \ln X_i$ 。

2. 建立模型。为了使估计更为精确, 我们引入了虚拟变量, 以我国划分东、中、西部为依据, 增加东部和中部的虚拟变量, 东部表示为: $I_e (1 \ 0)$; 中部表示为: $I_m (1 \ 0)$ 。根据以上的假设, 构建了影响粮食生产效率要素的多元线性回归模型:

$$Y_e = a_0 + a_1 \ln Fe + a_2 \ln Eia + a_3 \ln Am + a_4 \ln Fsa + a_5 \ln Al + a_6 I_e + a_7 I_m \delta \quad (4)$$

其中 $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7$ 表示模型待估系数, δ 为随机干扰项。 Y_e 表示粮食生产效率值, Fe 为化肥使用量, Eia 为有效灌溉面积, Am 为农业机械总动力, Fsa 表示粮食播种面积, Al 为农业从业人员。

3. 回归估计。本文采用 Stata 软件(Version10.0) , 采用 Tobit 回归估计中的 $ul(0.8)$ 模型进行估计, 估计结果见表 4。

表 4 影响粮食生产效率因素的回归结果

y	Coef.	Robust Std. Err.	t	P > t	95%	Conf. Interval
lnFe	-0.224322	0.570929	-3.93	0.001***	-0.341907	-0.10673
lnEia	0.1910325	0.0913342	2.09	0.047**	0.0029263	0.379138
lnAm	-0.147419	0.1071139	-1.38	0.181	-0.368024	0.073186
lnFsa	0.1667901	0.093871	1.78	0.088*	-0.0265409	0.360121
lnAl	0.020413	0.0638409	0.32	0.752	-0.1110697	0.151895
Ie	0.1241381	0.0503215	2.47	0.021**	0.020499	0.227777
Im	0.1836573	0.0947965	1.94	0.064*	-0.0115798	0.378894
e	0.1429597	0.025071			0.0913251	0.194594

注: *、**和***分别表示10%、5%和1%的显著性水平

回归结果通过了多重共线性的检验,不具有序列相关性和异方差性,具有较大的显著性: $F(7, 25) = 98.8$ 和 $\text{Prob} > F = 0.00$ 表明所有估计系数为零的假设是不成立的,即回归方程中估计系数整体是有效显著的;极大似然估计值为 2.1769477。结果显示,化肥施用量、有效灌溉面积和粮食播种面积对粮食生产效率具有显著的影响,其中,化肥施用量的影响是呈负相关的,与假设不符,这说明我国农业化肥施用量超过了最优量。另外两者是呈正相关关系,因此,接受之前的假设一、二和四。而农业机械总动力和农业从业人员对粮食生产效率的显著性水平超过了显著性范围,因此,拒绝假设三和五。从整体来看,这个结果和现实是吻合的,我国各地区农业的资源禀赋条件不一样,受制于地形和科技等原因,南方的农业机械化耕作较北方差一些,因此,粮食生产对农业机械总动力的依赖就不大。此外,我国农业从业人员较多,粮食生产的劳动力处于饱和状态,更多的农业从业人员从事其他工作,因此,农业从业人员数对粮食生产效率影响不显著。从显著水平来看,粮食生产效率的影响因素大致排名是:化肥施用量 > 有效灌溉面积 > 粮食播种面积 > 农业从业人员 > 农业机械总动力。

五、结论及对策

经以上的实证分析可以得出以下结论:(1) 农业生产大省和经济较发达地区的粮食生产效率较高,而粮食生产效率较低的地区受限于粮食规模效益和技术效率。(2) SBM 非有效的地区粮食生产要素的投入量存在大量的冗余,需要进一步优化。(3) 化肥施用量、有效灌溉面积和粮食播种面积对粮食生产效率具有显著影响,仅化肥和粮食生产效率呈负相关关系;而农业从业人员和农业机械总动力的影响较小。(4) 对粮食生产效率的影响因素排名大致是:化肥施用量 > 有效灌溉面积 > 粮食播种面积 > 农业从业人员 > 农业机械总动力。

对此提出以下建议:(1) 建立粮食产业化经营模式,以市场为导向,依靠粮食企业带动,将产前、产中、和产后有机结合起来,优化粮食投入和产量组合,实现粮食一体化经营,提高粮食生产效率。(2) 转变粮食经济增长方式,由传统粗放式向集约化、现代化、两型化、组织化转变,构造粮食科技化体系,利用先进科技提高粮食生产率。(3) 加大农业固定资产投资力度,提高劳动力的文化程度,建立和完善农业科技推广体系,发展农田水利工程和农业基础设施。(4) 提高农民生产积极性,建立粮食供求信息平台,为农民提供充分的市场信息。(5) 落实和完善粮食行政首长责任制、耕地保护制度、粮食贸易制度、粮食补贴制度等,以制度确保粮食生产效率稳步提高。

参 考 文 献

1. William R. Raun ,John B. Solie ,Gordon V. Improving Nitrogen Use Efficiency in Cereal Grain Production with Optical Sensing and Variable Rate Application. AGRONOMY JOURNAL 2002(8) : 815 ~ 820
2. Shujie Yao ,Zinan Liu. Determinants of Grain Production and Technical Efficiency in China. Journal of Agricultural Economics ,1998 (4) : 171 ~ 184
3. 郭军华 ,倪 明 ,李帮义 . 基于三阶段 DEA 模型的农业生产效率研究 . 数量经济技术经济研究 2010(12)
4. 时 悦 . 农业生产效率变动分析、分解及调整目标——基于 DEA 方法的实证研究 . 华南农业大学学报(社会科学版) 2007 (6)
5. 陈丽能 ,谢永良 . DEA 方法在农业综合生产能力评价中的应用 . 浙江大学学报(农业与生命科学版) 2000(4)
6. 董洪清 ,李 思 . 基于 DEA 模型的中国农业效率实证研究 . 前沿 2010(17)
7. 甘小丰 . 中国商业银行效率的 SBM 分析 . 金融研究 2007(10)
8. 张忠明 ,钱文荣 . 农户土地经营规模与粮食生产效率关系实证研究 . 中国土地科学 2010(8)
9. 陈 飞 ,范庆泉 ,高铁梅 . 农业政策、粮食产量与粮食生产调整能力 . 经济研究 2010(11)
10. 曾福生 ,匡远配 . 粮食大省对粮食安全的贡献度分析 . 农业经济问题 2009(6)
11. 熊 伟 ,林而达 ,蒋金荷 ,李 岩 ,许吟隆 . 中国粮食生产的综合因素分析 . 地理学报 2010(4)
12. 魏权龄 . 数据包络分析(DEA) . 科学通报 2000(17)

责任编辑 吕新业