

DOI: 10.5846/stxb201802060313

赵哲,白羽萍,胡兆民,陈建成,邓祥征.基于超效率 DEA 的呼伦贝尔地区草牧业生态效率评价及影响因素分析.生态学报,2018,38(22): - .
Zhao Z, Bai Y P, Hu Z M, Chen J C, Deng X Z. Evaluation of ecological efficiency and factors influencing grassland animal husbandry in the Hulunbuir region based on a super-efficiency DEA model. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(22): - .

基于超效率 DEA 的呼伦贝尔地区草牧业生态效率评价及影响因素分析

赵 哲¹, 白羽萍^{2,3,4}, 胡兆民^{4,5}, 陈建成^{1,*}, 邓祥征^{2,3,4}

1 北京林业大学经济管理学院, 北京 100083

2 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101

3 中国科学院农业政策研究中心, 北京 100101

4 中国科学院大学, 北京 100101

5 中国科学院植物研究所, 北京 100093

摘要:选取内蒙古呼伦贝尔市作为研究区域,采用超效率 DEA 模型及 Malmquist 指数考查该地区草牧业生态效率的时空变化并对影响因素进行分析。结果表明:呼伦贝尔各旗县生态效率在 2001 年均处于较低水平;2001—2015 年间,整体呈上升趋势,但并无某一旗县具备明显优势,2015 年,牙克石市(1.59)、海拉尔区(0.96)、莫力达瓦达斡尔族自治县(0.90)生态效率较高,陈巴尔虎旗(0.57)、新巴尔虎右旗(0.67)生态效率较低,莫力达瓦达斡尔族自治县上升幅度较大,由 0.09 上升至 0.90;Malmquist 指数及其分解结果显示,技术进步是提高生态效率的主要驱动因素,也是目前制约当地草牧业发展的重要原因;Tobit 模型结果显示,气候变化、要素投入以及政策实施均会对当地生态效率产生较大影响。因此,一方面要加强科技投入,提升产业科技化水平,另一方面,要加大草原地区生态保护力度,划定生态保护红线,完善草原补偿制度,同时兼顾草地生产功能,实现草原地区可持续发展。

关键词:草牧业;生态效率;超效率 DEA;呼伦贝尔市

Evaluation of ecological efficiency and factors influencing grassland animal husbandry in the Hulunbuir region based on a super-efficiency DEA model

ZHAO Zhe¹, BAI Yuping^{2,3,4}, HU Zhaomin^{4,5}, CHEN Jiancheng^{1,*}, DENG Xiangzheng^{2,3,4}

1 School of Economics and Management, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

2 Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

3 Center for Chinese Agricultural Policy, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

4 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100101, China

5 Institute of Botany Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China

Abstract: The Hulunbuir region of Inner Mongolia, China, was chosen as the study area of the current study. The super-efficiency DEA (Data Development Analysis) model and Malmquist index were combined to examine the spatial and temporal changes in ecological efficiency in the counties in the Hulunbuir region. Ecological efficiency in the Hulunbuir region was low in 2000 and increased in 2000—2015 in each county, with no obvious advantage in any particular county. Among the counties, ecological efficiency was relatively high in Yakeshi (1.59), Hailar (0.96), and Morin Dawa (0.90) and relatively low in Chenbarhu (0.57) and Xin Barag Right Banner (0.67), and there was a substantial increase in Morin

基金项目:中国科学院科技服务网络计划项目(KFJ-STZ-ZDTP-004);北京社会科学基金重大项目(17ZDA17)

收稿日期:2018-02-06; **网络出版日期:**2018-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: chenjc_bjfu@126.com

Dawa from 0.09 in 2001 to 0.90 in 2015. Based on the Malmquist index, technology was the main driving factor for the improvement in ecological efficiency and also the main factor that restricts the development of grassland and animal husbandry. Additionally, policy factors, climate change, and production input factors had a substantial influence on ecological efficiency. Therefore, increasing investment in science and technology and large-scale operations are deemed to be of great importance for improving ecological efficiency. It is necessary to intensify the protection of grassland areas, draw red for ecological protection, and improve the system of compensation to promote the sustainable development of these prairies.

Key Words: grassland animal husbandry; ecological efficiency; super-efficiency DEA model; Hulunbuir area

内蒙古地区幅员辽阔,资源丰富,是我国北方地区重要的生态屏障^[1-2]。近年来,在人类活动强度不断加大与全球气候变化等因素共同作用下^[3],该地区出现草原面积缩减、土地荒漠化程度加剧、植被覆盖率降低等问题^[4-8],草原地区生态服务功能持续下降,且靠生态环境自身修复已十分困难^[9]。为了保障草原地区生态安全,自2000年起,中央政府陆续实施了多项生态保护与建设工程^[10],十九大报告中也强调“建设生态文明是中华民族永续发展的千年大计”,而作为衡量生态文明建设的重要指标,“生态效率”日益成为政府部门与学者们研究的焦点^[11-12]。

1990年, Schaltegger 等人以经济活动产生的增加值与环境影响为基础首次提出“生态效率”的概念,其核心思想是以最小化的资源投入与环境代价获取最大化的经济价值^[13]。郑华等人的研究显示,人类活动在满足自身生存发展需要的同时,也对于生态系统服务功能产生深刻的而影响^[14]。世界可持续发展工商业委员会(WBCSD)对生态效率概念的界定得到广泛认同,即“在保证人类生活质量与需求的基础上,通过将生命周期内的环境影响与资源消耗控制在地球承载力范围内,从而提供有价格竞争力的产品或服务^[15]”,随后世界经济合作与发展组织(OECD)将生态效率的概念延伸至政府部门、工业企业以及其他社会组织^[16];国内学者也从社会经济、资源利用、能源消耗、产品价格等方面对生态效率的内涵进行界定^[17-20]。

现有对于生态效率的研究主要集中于生态效率测算及应用两个方面。比值法被认为是测算生态效率最基本的方法^[21],然而单一比值法暗含已考虑最优解的假设,且无法区分不同环境的影响,不能给决策者提供最优解的集合,仅适用于分析独立非联系对象^[22]。此外,指标体系法与模型法也是评价生态效率的主要方法。指标体系法通过选定指标的权重来分析经济与环境之间的相互影响^[23],虽然可以综合考虑社会、经济、环境等因素^[24],但是存在指标选取不合理且主观因素占主导等问题^[25];而通过模型计算生态效率可以弥补这些问题^[12],其中,数据包络分析(Data Envelopment Analysis, DEA)方法根据多指标投入和产出对相同类型的决策单位进行相对有效性的评价,通过自动赋权减少环境指标赋权的主观因素影响,可以清晰地说明多投入与多产出的组合,因而在生态效率分析中得到广泛应用^[26-28]。

在生态效率应用方面,现有研究主要集中于微观企业与区域中观尺度层面^[29-30]。在国外的研究中,WBCSD提出微观企业经济效益的核算方法^[15];Wursthorn、Seppälä 等基于区域尺度的生态效率研究进而审视该区域在长期发展中的竞争优势^[28,31-34];国内学者陈傲、杨斌、张炳等测算了我国不同区域尺度的生态效率^[35-37];王恩旭、成金华等的研究则关注于区域间生态效率的差异及时空变化^[16,38]。而在农业领域,现有研究主要集中于种植业^[39-40],目前,还鲜有研究基于生态视角对草牧业的生态效率进行评价,而由于过度放牧造成的草地生态功能退化是目前制约草牧业发展的主要因素^[41-42]。为此,中央政府陆续实施多项生态保护与建设工程,旨在保护草原地区生态安全,但是,系列措施实施以来所产生的生态绩效目前尚不清晰。基于此,本研究根据内蒙古地区草牧业生产特点,选择拥有世界四大草原之一的呼伦贝尔地区作为研究区域,测算草牧业生态效率水平并分析其影响因素,旨在为草原地区实现可持续发展提出有效建议。

1 方法与说明

1.1 研究方法

1.1.1 超效率 DEA 模型

1993 年, Andersen 等人提出超效率 DEA (Super-Efficiency) 方法^[43], 在对决策单元的生态效率进行评价时, 先将特定决策单元排除在外, 测算过程中, 对于无效的决策单元, 由于其生产前沿面保持不变, 其效率值与传统 DEA 模型测算值相同, 但是对于有效的决策单元, 在效率值不变的基础上, 按比例增加投入, 并将增加的比例记作超效率的评价值。因其生产前沿面后移, 故测算出的效率值要大于利用传统 DEA 模型测算出的效率值, 且有效决策单元的超效率值一般情况下会大于 1, 且超效率值越高表明效率水平越高^[44], 由此解决了传统 DEA 模型当遇到多个评价单元同处于生产前沿面时无法评估的问题^[45]。本研究选取呼伦贝尔市 2000—2015 的面板数据, 通过投入导向的超效率 DEA 模型考察该地区草牧业生态效率的时空差异, 其模型设置如下:

$$\begin{cases} \min [\theta - \varepsilon (\sum_{i=1}^m S_i^- + \sum_{r=1}^s S_r^+)] \\ \text{s.t. } \sum_n \lambda_j x_{ij} + S_i^- = \theta x_0, i = 1, 2, \dots, m \\ \sum_n \lambda_j y_{rj} - S_r^+ = y_0, r = 1, 2, \dots, s \\ \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n, S_r^+ \geq 0, S_i^- \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

式中, θ 为决策单元的超效率值, 表示区域相对生态效率; ε 为非阿基米德无穷小; m 、 s 、 n 分别表示投入变量维度、产出变量维度与区域数量; S_i^- 、 S_r^+ 为松弛变量; x_{ij} 、 y_{rj} 为投入变量和产出变量; λ 为权重系数。当 $\theta < 1$ 时, 决策单元没有达到最优效率, 当 $\theta > 1$ 时, 决策单元达到最优效率。

1.1.2 Malmquist 指数

Malmquist 指数源于 Malmquist 对消费变化的分析^[46]。1982 年, Caves 等将其应用于生产效率分析当中, 随后, Fare 等人通过将其中的一种非参数线性规划方法与 DEA 理论相结合^[47], 将 Malmquist 指数重新定义为:

$$\begin{aligned} \text{TFP} &= EC \times TC = PE \times SE \times TC \\ &= \left(\frac{D^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{D^t(x_t, y_t)} \times \frac{D^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D^{t+1}(x_t, y_t)} \right)^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{D^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D^t(x_t, y_t)} \times \left[\frac{D^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{D^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})} \times \frac{D^t(x_t, y_t)}{D^{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{\frac{1}{2}} \end{aligned} \quad (2)$$

Malmquist 指数即 TFP 表示某一决策单元生产率在 t 至 $t+1$ 期间的变化程度, x_t 、 y_t 分别表示 t 时期的投入和产出变量, $D^t(x_t, y_t)$ 为在 t 时期生产前沿面与实际产出间的距离, 当 $\text{TFP} > 1$ 时, 生产效率提升, 反之, 则生产效率降低。TFP 由 EC (综合技术效率)、 TC (技术进步) 组成, 其中 EC 又可分解为 SE (规模效率)、 PE (纯技术效率)。

但是, Malmquist 指数仅反映区域生态效率相比前一期的变化情况, 无法比较区域间生态效率差异; 而超效率 DEA 只反应某一时期区域间的相对效率, 无法比较区域生态效率的时间变化。因此, 本文借鉴朱付彪等 (2017) 研究, 选取各区域初期超效率值 (θ) 为初期生态效率, 通过其后各时期 Malmquist 值与其前一期生态效率的乘积反映了该区域任一时期相对于初期的生态效率水平 (式 (3)), 进而考察呼伦贝尔地区草牧业生态效率动态变化。

$$E_t = M \times E_{t-1} \quad (3)$$

1.1.3 生态效率影响因素分析

鉴于超效率 DEA 模型测算的效率值会有大于 1 的情况,若选用普通最小二乘法回归,其参数估计值会出现偏差且不一致的情况。因此,本研究采用 Tobit(1958)提出的 Tobit 模型,即通过极大似然法进行估计,并构建回归方程,其公式为:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_p x_{qi} + \mu \quad (4)$$

式中, Y_i 表示表示各时期的效率值; $xq(q = 1, 2, \dots, q)$ 表示影响因素变量; β_0 表示常数项, $i(i = 2001, 2002, \dots, 2015)$ 表示时期; μ 表示随机误差。

1.2 研究指标及数据选取

生态效率的本质是用最小化的资源消耗与环境污染换取最大化的经济产出。因此,在实际应用中,通常将收益性指标作为产出指标,将成本指标作为投入指标来处理。由于在发展草牧业的过程中,对于环境的影响主要以消耗草地资源为主,因此,具体选取农业固定资产投资、畜牧业从业人口以及草地净初级生产力(NPP)作为投入指标;选取畜牧业增加值作为产出指标,从而构建生态效率评价的指标体系,如表 1 所示。其中,NPP 是指单位时间、单位面积上植被所积累的有机物质的总量,是光合作用所吸收的碳和自养呼吸所释放的碳之间的差值,可以较好的反应草地覆盖状况。本研究基于中国科学院资源环境科学数据中心提供的 2000—2015 年 Landsat TM/ETM 遥感影像数据,利用光能利用率(GLOPEM)模型获取呼伦贝尔地区各年 NPP,用以反映该地区生态状况。

表 1 内蒙古地区草牧业生态效率评价体系

Table 1 The evaluation system of grassland ecological efficiency in Inner Mongolia

类别 Category	构成 Constitute	具体指标 Specific indicators
产出 Output	畜牧业产值	畜牧业增加值(万元)
投入 Input	资本	农业固定资产投资(万元)
	劳动力	畜牧业从业人口(人)
	土地(草地)	NPP(用以反应草地数量与质量)
影响因素 Influencing factors	气候变量	相对湿度(%);降水量(mm)
	结构变量	畜牧业产值比重(%);畜牧业从业人口比重(%)
	政策变量	退牧还草政策:2003 年前为 0,2003 之后为 1;草蓄平衡政策:2010 年前为 0,2010 年后为 1
	其他	牲畜存栏数量(头)

鉴于在草牧业发展过程中,草地生产功能主要体现在为畜牧业生产提供饲草料支撑,草牧业产出多以畜牧业增加值的形式体现。因此,在衡量草牧业生态效率影响因素方面,综合前人研究,选取相对湿度、降水、畜牧业产值、畜牧业产值比重、畜牧业从业人口比重、国家政策(选择 2000 以来国家草原政策中具有代表性的“草畜平衡”、“退牧还草”政策作为虚拟变量)以及牲畜存量数量作为具体指标,并通过同比 CPI 划定定基指数(以 2001 年为基期),消除通货膨胀对畜牧业产值的影响。其中,相对湿度与降水量数据源自中国气象数据网,其余指标数据均来自于《内蒙古统计年鉴》(2001—2016)、《呼伦贝尔统计年鉴》(2001—2016)。

1.3 研究区域

呼伦贝尔市(Hulunbuir),内蒙古自治区下辖地级市。地处 115°31′—126°04′E、47°05′—53°20′N 之间,总面积 2620 万 hm^2 ,相当于山东省与江苏省两省面积之和,包括市辖区 1 个:海拉尔区;县级市 5 个:满洲里、扎兰屯、牙克石、根河和额尔古纳市和 7 个旗:阿荣旗、新巴尔虎左旗、新巴尔虎右旗、陈巴尔虎旗、莫力达瓦达斡尔族自治旗、鄂伦春自治旗和鄂温克族自治旗。呼伦贝尔草原作为世界四大草原之一,草地资源丰富,拥有草甸草原、典型草原等天然草地 1000 万 hm^2 ,类型齐全,该区域草牧业发展所需的牧草主要依赖天然草场的供给,年际变化大,抗灾能力差,然而,国家“退牧还草”、“禁牧封育”等政策的实施导致草牧业发展存在生态保护与农牧民收入增长间的矛盾。因此,提高生态效率,在最小化生态环境影响的同时提升草牧业增加值是该

地区草牧业发展的迫切需求。此外,由于额尔古纳市、根河市、鄂伦春自治旗为农业区、满洲里市主要以第三产业为主,因此,本研究在评价呼伦贝尔市草牧业生态效率时将这四个地区排除在外。

2 结果与讨论

2.1 呼伦贝尔各旗县生态效率空间差异

基于 EMS1.3 软件测算结果显示,呼伦贝尔地区草牧业生态效率存在空间差异(表 2)。2001 年,生态效率整体处于较低水平,其中,新巴尔虎右旗生态效率最高(0.57),莫力达瓦达斡尔族自治县最低(0.09);2015 年,牙克石市生态效率最高(1.59),陈巴尔虎旗最低(0.57)(图 1)。整体上,可以将各旗县生态效率划分为三个等级,其中牙克石市生态效率明显高于其他地区,陈巴尔虎旗与新巴尔虎右旗生态效率较低,均低于 0.7,其他旗县位于二者之间,且都处于动态变化状态。通过比较各旗县 2015 年生态效率与 2000—2015 年平均生态效率(图 2)可以发现,除新巴尔虎右旗外,其余旗县生态效率均相对提升,其中,牙克石市、莫力达瓦达斡尔族自治县上升幅度较大,陈巴尔虎旗上升幅度相对较小。

表 2 2001—2015 年各旗县草牧生态效率

Table 2 The ecological efficiency of counties in Hunlunbuir from 2001—2015

地区 Region	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
阿荣旗	0.20	0.12	0.14	0.32	0.34	0.40	0.61	0.58
陈旗	0.18	0.18	0.22	0.32	0.37	0.31	0.34	0.36
鄂温克旗	0.22	0.15	0.32	0.31	0.36	0.31	0.32	0.37
海拉尔	0.14	0.10	0.22	0.30	0.41	0.43	0.36	0.55
莫旗	0.09	0.11	0.11	0.18	0.25	0.40	0.43	0.40
新右旗	0.57	0.34	0.36	0.52	0.40	0.30	0.33	0.38
新左旗	0.24	0.24	0.18	0.24	0.42	0.37	0.40	0.47
牙克石	0.14	0.17	0.19	0.33	0.58	0.55	0.66	1.02
扎兰屯	0.56	0.40	0.56	0.46	0.48	0.65	0.76	0.76
地区 Region	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	排序 Ranking
阿荣旗	0.49	0.83	0.60	1.10	0.93	0.72	0.84	6
陈旗	0.39	0.45	0.57	0.59	0.59	0.63	0.57	9
鄂温克旗	0.40	0.47	0.55	1.33	0.84	0.82	0.79	7
海拉尔	0.58	0.60	0.79	0.86	1.11	0.92	0.96	2
莫旗	0.35	0.50	0.60	0.75	1.06	1.47	0.90	3
新右旗	0.38	0.42	0.56	0.60	0.64	0.67	0.67	8
新左旗	0.49	0.58	0.65	0.59	0.84	0.89	0.89	4
牙克石	0.87	0.86	1.06	0.97	0.95	0.87	1.59	1
扎兰屯	0.66	0.91	0.75	0.86	0.83	1.12	0.89	4

2.2 呼伦贝尔各旗县生态效率时空变化

呼伦贝尔各旗县年均生态效率的 Malmquist 指数及其分解如表 3 所示。结果显示,2001—2015 年,各旗县全要素生态效率的增长率(TFP)均大于 1,年均增长率为 9.9%,说明各旗县生态效率都取得了一定的进步,但整体上升幅度较小;Malmquist 指数分解结果显示,除新巴尔虎左旗外,综合技术效率、技术进步、纯技术效率与规模效率均呈上升趋势,其中,综合技术效率与技术进步上升幅度较大,表明科技水平的 TFP 增长具有显著的积极作用。从各旗县来看,莫力达瓦达斡尔族自治县、鄂温克族自治县、阿荣旗与海拉尔地区全要素生产率增长最快。且从表 2 中可以看出,莫力达瓦达斡尔族自治县、牙克石市、海拉尔地区的生态效率上升幅度最大,分别从 2001 年的第 9 位(0.09)、并列第 7 位(0.14)上升至 2015 年的第三位(0.9)、第 1 位(1.59)和第 2 位(0.96)。其中莫力达瓦达斡尔族自治县的综合技术效率为 1.96,远高于其他旗县,海拉尔技术进步增长率

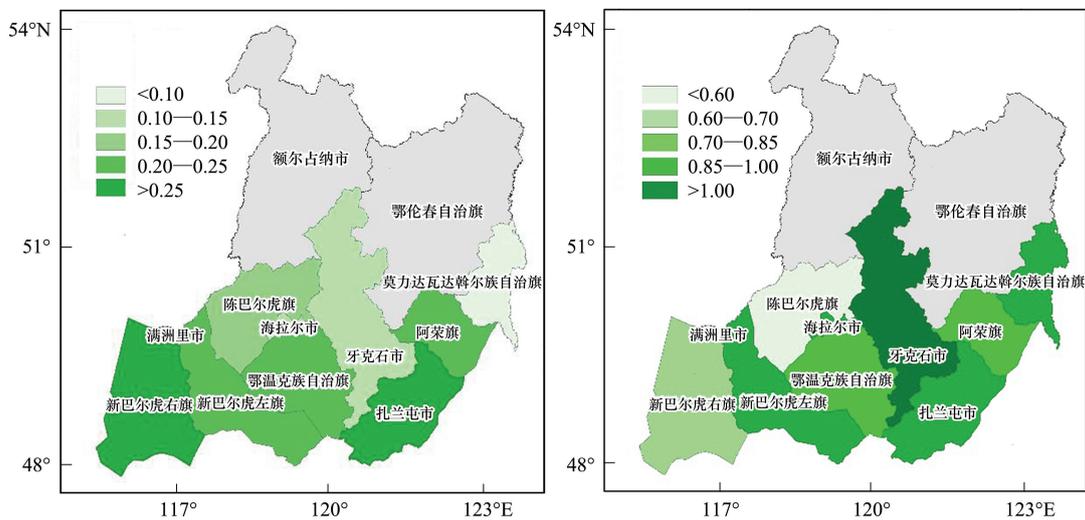


图 1 2001、2015 年呼伦贝尔各县草牧业生态效率

Fig.1 The ecological efficiency of grass and husbandry of counties in 2001 and 2015

位于各旗县首位,牙克石市的综合技术效率与技术进步均处于较高水平,表明技术进步是驱动 TFP 增长的重要因素,反观 2015 年生态效率较低的陈巴尔虎旗,新巴尔虎右旗与鄂温克旗,其综合技术效率、技术进步与纯技术效率均处于较低水平。主要原因在于,3 个旗县均位于呼伦贝尔西部草原地区,不同于中部半农半牧区与东部农业地区,该区域生产、生活方式较为粗放,且牧民聚集,语言交流、文化水平、生产结构等因素都严重制约当地科技水平的进步,发展程度低于其他地区。

呼伦贝尔各旗县各年平均 Malmquist 指数及分解结果如表 4 所示。TFP 年际变化幅度较大,整体呈上升趋势,年均增长率为 9.9%,虽然个别旗县技术水平提升速度较快,但呼伦贝尔地区草牧业发展科技含量整体仍处于较低水平。其中,综合技术效率与纯技术效率年均增长率仅为 3.3%、2.2%,增长速度缓慢,难以驱动该地区生态效率的快速提高,表明科学技术水平是目前制约该地区草牧业发展的重要因素。

就动态变化而言,2001—2015 年间,呼伦贝尔各旗县草牧业生态效率整体呈曲折上升的趋势,根据变化趋势大致可划分为两个阶段(图 3)。2001—2005 年为平稳阶段,各旗县生态效率差值、年际变化幅度较小,其中,2001 年,新巴尔虎右旗生态效率最高(0.58),莫力达瓦达斡尔族自治县最低(0.09);2005—2015 年为分化阶段,生态效率整体具有明显的上升趋势,各旗县间差值逐渐拉开、生态效率年际变化幅度较大。

2.3 呼伦贝尔各旗县生态效率影响因素分析

本研究采用 Toblit 回归模型分析生态效率影响因素的作用机理(表 5),模型通过 1% 显著性检验,表明整体拟合程度较好。在气候变量中,降水量通过了 1% 的显著性检验,表明降水量增加对于草地植被生长,生态环境改善具有积极作用;相对湿度通过了 5% 的显著性检验,然而变量系数为负,表明相对湿度增加对于生态环境具有一定的负向影响,相关研究结果也显示,相对湿度过高不利于空气中污染物扩散,且会加速热传导,

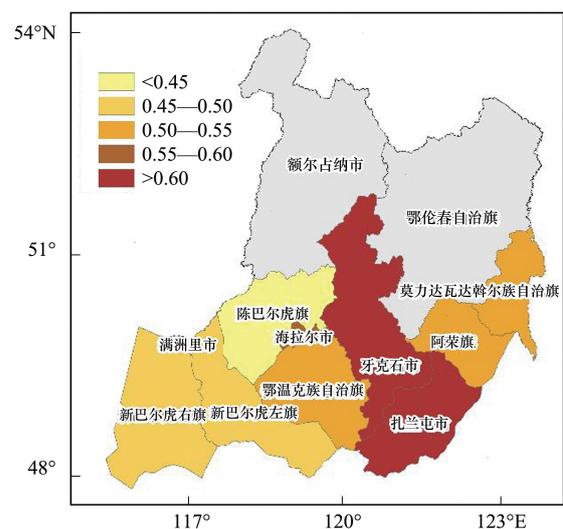


图 2 2001—2015 呼伦贝尔各旗县草牧业平均生态效率

Fig.2 The average ecological efficiency of counties in Hulunbuir from 2001—2015

表 3 2001—2015 呼伦贝尔各旗县年均 Malmquist 指数及分解

Table 3 The average Malmquist index and decomposition of counties in Hulunbuir from 2001—2015

旗县 County	综合技术效率 Efficiency change	技术进步 Technical change	纯技术效率 Pure efficiency	规模效率 Scale efficiency	全要素生产率 Total factor productivity
阿荣旗	1.056	1.064	1.042	1.013	1.123
陈巴尔虎旗	1.000	1.036	1.000	1.000	1.036
鄂温克族自治旗	1.059	1.076	1.030	1.028	1.139
海拉尔区	1.017	1.103	1.013	1.004	1.122
莫力达瓦达斡尔族自治旗	1.096	1.052	1.071	1.023	1.153
新巴尔虎右旗	1.032	1.064	1.005	1.027	1.099
新巴尔虎左旗	0.984	1.064	1.000	0.984	1.048
牙克石市	1.039	1.045	1.021	1.017	1.085
扎兰屯市	1.020	1.068	1.017	1.003	1.090
均值 Average	1.033	1.063	1.022	1.011	1.099

表 4 呼伦贝尔各旗县各年平均 Malmquist 指数及分解

Table 4 The average Malmquist index and decomposition of Hulunbuir counties in each year

年份 Year	综合技术效率 Efficiency change	技术进步 Technical change	纯技术效率 Pure efficiency	规模效率 Scale efficiency	全要素生产率 Total factor productivity
2001—2002	1.197	0.681	1.057	1.132	0.815
2002—2003	1.006	1.194	0.989	1.018	1.202
2003—2004	1.130	1.329	1.139	0.992	1.501
2004—2005	1.075	1.059	1.035	1.039	1.139
2005—2006	1.038	1.030	1.040	0.998	1.069
2006—2007	0.945	1.266	0.989	0.956	1.197
2007—2008	0.931	1.150	0.958	0.971	1.070
2008—2009	1.149	0.813	1.072	1.072	0.934
2009—2010	1.001	1.235	1.011	0.990	1.236
2010—2011	1.025	1.092	1.003	1.021	1.119
2011—2012	0.893	1.311	0.943	0.947	1.171
2012—2013	1.135	0.932	1.066	1.065	1.057
2013—2014	1.002	1.025	0.997	1.005	1.027
2014—2015	0.988	1.005	1.023	0.966	0.993
均值 Average	1.033	1.063	1.022	1.011	1.099

表 5 Tobit 模型回归结果

Table 5 The regression results of Tobit model

因素 (ln 生态效率) Factors	系数 Coefficient	标准误差 Standard Error	T 值 T value	P 值 P value	95% Conf.Interval
相对湿度 Relative humidity	-0.011 **	0.005	-2.12	0.036	[-0.020, -0.001]
降水量 Precipitation	0.001 ***	0.000	4.60	0.000	[0.000, 0.001]
畜牧业产值比重 The proportion of animal husbandry output value	0.001	0.000	1.04	0.302	[-0.000, 0.001]
畜牧业从业人口比重 The population proportion of livestock husbandry	-0.002 ***	0.001	-2.33	0.022	[-0.003, 0.000]
草畜平衡 Forage-Livestock balance	0.198 ***	0.049	4.02	0.000	[0.100, 0.294]
退牧还草 Returning grazing land to grassland	0.354 ***	0.035	10.02	0.000	[0.284, 0.424]
牲畜存栏数量 Livestock number	-7.30×10^{-8} *	3.72×10^{-8}	-1.96	0.052	$[-1.47 \times 10^{-7}, 5.41 \times 10^{-7}]$
常数项 Constant term	0.790	0.318	2.48	0.014	[0.161, 1.420]
卡方值 LRchi2(7) Chi-square value	140.75				
显著性 Prob>chi2 Significant	0.000				

*、**、*** 分别表示通过 10%、5%、1% 显著性检验

降低温度^[48-50],不利于植被生长与人民健康生活;在结构变量中,畜牧业从业人口比重通过了1%的显著性检验,且系数为负,说明畜牧业从业人口数量的增加,不能提高该地区的生态效率;此外,牲畜存栏数量通过了10%的显著性检验,说明规模化经营有助于提高生态效率。

在政策变量中,“草畜平衡”与“退牧还草”均通过了1%的显著性检验,说明国家政策对草原地区生态保护建设具有显著的积极意义。2000 以来,鉴于草原地区出现草地退化、植被覆盖率降低、生态服务功能下降等问题,为保障草原生态安全,中央政府陆续实施多项重大生态保护与建设工程,累计投入项目资金近 1300 亿元。十九大报告中,再次强调建设生态文明是中华民族永续发展的千年大计。为深入贯彻中共中央保护草

原、恢复生态的相关政策,内蒙古自治区党委、政府及时出台了《关于加快推进生态文明建设的实施意见》和《关于加快生态文明制度建设和改革的意见》,不断加大生态保护建设力度。其中,“草畜平衡”与“退牧还草”政策具有较强的代表性,回归结果的变量系数显示,“退牧还草”政策对于生态效率的正向影响要大于“草畜平衡”,这主要由于两项政策在核心内涵上的区别,“退牧还草”通过禁牧、休牧的方式阻断人为干预,从而恢复天然草地,而“草畜平衡”的核心则是实现饲草供给量与家畜需求的即时平衡,在保障生态的同时适当兼顾草地的生产功能,因此,“退牧还草”对于生态效率的正向影响要大于“草畜平衡”。然而,“退牧还草”政策的实施忽略发挥草地的生产功能,一定程度上抑制了草原地区经济的发展以及人民生活水平的提高,“草畜平衡”政策虽然试图兼顾草地生产功能,但在实际操作中,尚未形成切实可行的有效方案。此外,本研究采用中国科学院资源环境科学数据中心提供的 2000 年、2015 年两期 Landsat TM/ETM 遥感影像数据,依据草地覆盖度>50%、20%<草地覆盖度<50%、5%<草地覆盖度<20%、草地覆盖度<5%,将草地划分为高覆盖度草地、中覆盖度草地、低覆盖度草地及其他,并根据草地覆盖变化绘制 2000 年以来内蒙古地区草地覆盖变化及时空分布图(图 4),发现系列政策实施以来,虽然部分地区植被得到较好恢复,但草原地区“局部改善、总体恶化”的整体态势并未得到根本改变。生态保护与建设工程的实施,部分存在没有与牧区草业发展模式创新有机地结合在一起,实现草原地区健康可持续发展还需探索兼顾草地生态与生产功能耦合的有效机制,在保障生态安全的同时,提高当地经济发展水平。

3 结论与政策建议

本研究选用超效率 DEA 模型及 Malmquist 指数考查呼伦贝尔地区草畜牧业生态效率的时空变化并对影响因素进行分析。结果显示,呼伦贝尔各旗县生态效率在 2001 年均处于较低水平;2001—2015 年间,整体呈上升趋势,但并无某一旗县具备明显优势,2015 年,牙克石市、海拉尔市生态效率较高,陈巴尔虎旗、新巴尔虎右旗较低,莫力达瓦达斡尔族自治县上升幅度较大;技术进步是提高生态效率的主要驱动因素,也是目前制约当地草畜牧业发展的重要因;

此外,降水量与政策因素对当地的生态效率均会产生较大影响。

因此,我国草畜牧业实现可持续发展,首先,要划定草原资源生态保护红线。这是兼顾草畜牧业发展、牧民增收与生态保护共同发展的重要保障。必须加大生态系统的保护力度,严格保护耕地,扩大轮作休耕试点,健全耕地草原森林河流湖泊休养生息制度,建立市场化、多元化生态补偿机制。因此,有必要以全国草地退化等级及类型为标准,以省区界线为基础设定草原红线。

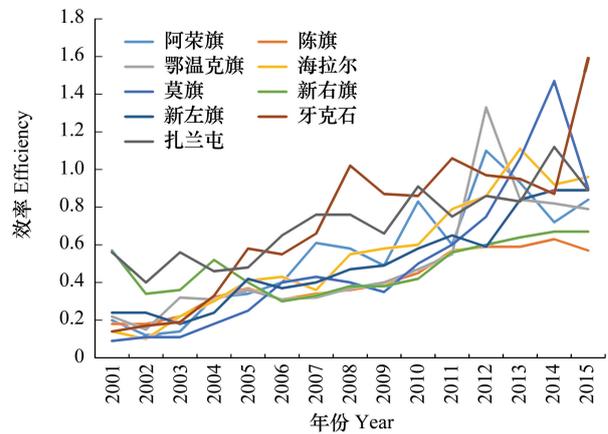


图 3 2001—2015 年呼伦贝尔各旗县草畜牧业生态效率

Fig.3 The ecological efficiency of counties in Hulunbuir from 2001—2015

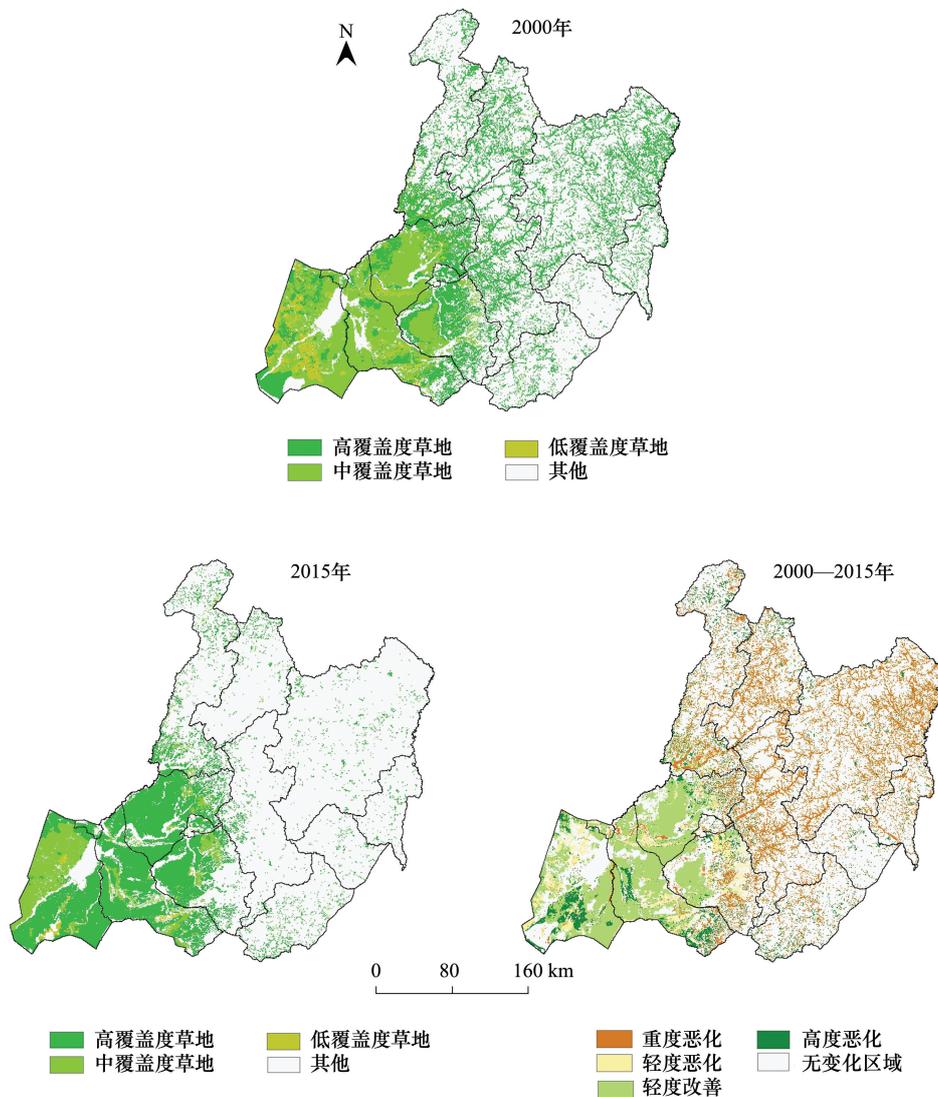


图 4 呼伦贝尔市草地覆盖变化

Fig.4 Changes in grass cover in Hulunbuir city

其次,加大草原生态补偿投入,完善生态补偿机制。以生态功能、生态安全 and 经济价值并重的标准衡量草牧业价值。完善草原生态补偿机制,遵循切实保护牧民利益与草原生态恢复并举的方针,避免生态补偿转化为生态购买的趋势蔓延。

此外,大力加强草牧业科研、示范、推广设施的建设力度。建立产学研相结合的技术创新体系、牧草品质评价体系,实现牧草产品以质定价,同时大力发展“企业+种植大户”、“企业+合作社”、“企业+自有种植基地”等多种种养结合模式,注重发挥养殖企业的桥梁和纽带作用,以合理利益分配为核心,构建种养双方紧密合作的长效机制,提高农民种植收益,实现草食畜牧业节本增效以及种养“双赢”,通过提升科技与规模化水平提高生态效率。

最后,鉴于气候要素对生态效率存在影响,面对频发的草原灾害,应加强重大灾害的应急防御策略以及防灾抗灾基础设施建设,提高对自然灾害的预测预报能力,建立灾害预警应急体系。构建各级政府部门分工负责的气象灾害应急机制,最大限度、最大程度地减少重大气象灾害对草原生态和牧业经济带来的损失,科学开发利用气候资源,充分利用有利的气候条件为草牧业生产服务。

参考文献 (References):

- [1] 赵颖, 赵珩, Ho P. 产权视角下的草原家庭承包制. 草业科学, 2017, 34(3): 635-643.
- [2] 杨旭东, 杨春, 孟志兴. 我国草原生态保护现状、存在问题及建议. 草业科学, 2016, 33(9): 1901-1909.
- [3] 赵哲, 陈建成, 白羽萍, 王国峰, 刘雨. 二氧化碳排放与经济增长关系的实证分析. 中国环境科学, 2018, 1-16.
- [4] 彭芙蓉. 论草原权属制度中的环境正义问题. 草业科学, 2015, 32(4): 635-639.
- [5] 闫晓玲. 河西地区山地草原生态现状及保护对策. 草业科学, 2013, 30(6): 853-858.
- [6] 邢文渊, 李大平, 王蕾, 石玉, 肖然, 肖继东. 巴里坤草原面积动态及其气象因素分析. 草业科学, 2014, 31(3): 408-414.
- [7] 侯向阳. 发展草原生态畜牧业是解决草原退化困境的有效途径. 中国草地学报, 2010, 32(4): 1-9.
- [8] Bai Y P, Deng X Z, Zhang Q, Wang Z. Measuring environmental performance of industrial sub-sectors in China: a stochastic metafrontier approach. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 2017, 101: 3-12.
- [9] 赵涛, 米国芳. 内蒙古生态环境可持续发展评价模型研究. 北京理工大学学报: 社会科学版, 2012, 14(1): 27-31.
- [10] 中华人民共和国农业部. 中国草原发展报告-2011. 北京: 中国农业出版社, 2013.
- [11] 吕一河, 傅微, 李婷, 刘源鑫. 区域资源环境综合承载力研究进展与展望. 地理科学进展, 2018, 37(1): 130-138.
- [12] 付丽娜, 陈晓红, 冷智花. 基于超效率 DEA 模型的城市群生态效率研究——以长株潭“3+5”城市群为例. 中国人口·资源与环境, 2013, 23(4): 169-175.
- [13] Schaltegger S, Sturm A. Ökologische rationalität: ansatzpunkte zur ausgestaltung von ökologieorientierten managementinstrumenten. *Die Unternehmung*, 1990, 44(4): 273-290.
- [14] 郑华, 欧阳志云, 赵同谦, 李振新, 徐卫华. 人类活动对生态系统服务功能的影响. 自然资源学报, 2003, 18(1): 118-126.
- [15] WBCSD. *Eco-efficient Leadership for Improved Economic and Environmental Performance*. Geneva: WBCSD, 1996: 3-16.
- [16] 王恩旭, 武春友. 基于超效率 DEA 模型的中国省际生态效率时空差异研究. 管理学报, 2011, 8(3): 443-450.
- [17] 诸大建, 朱远. 生态效率与循环经济. 复旦大学学报: 社会科学版, 2005, (2): 60-66.
- [18] 周国梅, 彭昊, 曹凤中. 循环经济和工业生态效率指标体系. 城市环境与城市生态, 2003, 16(6): 201-203.
- [19] 戴铁军, 陆钟武. 钢铁企业生态效率分析. 东北大学学报: 自然科学版, 2005, 26(12): 1168-1173.
- [20] 黄贤金. 基于资源环境承载力的长江经济带战略空间构建. 环境保护, 2017, 45(15): 25-26.
- [21] Verfaillie H A, Bidwell R. *Measuring Eco-Efficiency: A Guide to Reporting Company Performance*. Conches-Geneva: World Business Council for Sustainable Development, 2000.
- [22] Neto J Q F, Walther G, Bloemhof J, van Nunen J A E E, Spengler T. A methodology for assessing eco-efficiency in logistics networks. *European Journal of Operational Research*, 2009, 193(3): 670-682.
- [23] Van Caneghem J, Block C, Cramm P, Mortier R, Vandecasteele C. Improving eco-efficiency in the steel industry: the ArcelorMittal Gent case. *Journal of Cleaner Production*, 2010, 18(8): 807-814.
- [24] 田炯, 王翠然, 陆根法. 层次分析法在生态效率评价中的应用研究. 环境保护科学, 2009, 35(1): 118-120.
- [25] Martinez-Alier J, Munda G, O'Neill J. Weak comparability of values as a foundation for ecological economics. *Ecological economics*, 1998, 26(3): 277-286.
- [26] 李丁, 汪云林, 付允, 牛文元. 基于物质流核算的数据包络分析——国内 19 个主要城市的实证研究. 资源科学, 2007, 29(6): 176-181.
- [27] 邱寿丰, 诸大建. 我国生态效率指标设计及其应用. 科学管理研究, 2007, 25(1): 20-24.
- [28] Wursthorn S, Poganietz W R, Schebek L. Economic-environmental monitoring indicators for European countries: a disaggregated sector-based approach for monitoring eco-efficiency. *Ecological Economics*, 2011, 70(3): 487-496.
- [29] Kuosmanen T. Measurement and analysis of eco - efficiency: an economist's perspective. *Journal of Industrial Ecology*, 2005, 9(4): 15-18.
- [30] 任宇飞, 方创琳, 蔺雪芹. 中国东部沿海地区四大城市群生态效率评价. 地理学报, 2017, 72(11): 2047-2063.
- [31] Seppälä J, Melanen M, Mäenpää I, Koskela S, Tenhunen J, Hiltunen M R. How can the eco - efficiency of a region be measured and monitored? *Journal of Industrial Ecology*, 2005, 9(4): 117-130.
- [32] Van Caneghem J, Block C, Van Hooste H, Vandecasteele C. Eco-efficiency trends of the Flemish industry: decoupling of environmental impact from economic growth. *Journal of Cleaner Production*, 2010, 18(14): 1349-1357.
- [33] Hur T, Kim I, Yamamoto R. Measurement of green productivity and its improvement. *Journal of Cleaner Production*, 2004, 12(7): 673-683.
- [34] Zhang B, Bi J, Fan Z Y, Yuan Z W, Ge J J. Eco-efficiency analysis of industrial system in China: a data envelopment analysis approach. *Ecological Economics*, 2008, 68(1/2): 306-316.
- [35] 陈傲. 中国区域生态效率评价及影响因素实证分析——以 2000-2006 年省际数据为例. 中国管理科学, 2008, 16(S1): 566-570.

- [36] 杨斌. 2000—2006 年中国区域生态效率研究——基于 DEA 方法的实证分析. 经济地理, 2009, 29(7): 1197-1202.
- [37] 张炳, 黄和平, 毕军. 基于物质流分析和数据包络分析的区域生态效率评价——以江苏省为例. 生态学报, 2009, 29(5): 2473-2480.
- [38] 成金华, 孙琼, 郭明晶, 徐文赞. 中国生态效率的区域差异及动态演化研究. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(1): 47-54.
- [39] 张子龙, 鹿晨昱, 陈兴鹏, 薛冰. 陇东黄土高原农业生态效率的时空演变分析——以庆阳市为例. 地理科学, 2014, 34(4): 472-478.
- [40] 程翠云, 任景明, 王如松. 我国农业生态效率的时空差异. 生态学报, 2014, 34(1): 142-148.
- [41] 徐卫华, 杨琰瑛, 张路, 肖焱, 王效科, 欧阳志云. 区域生态承载力预警评估方法及案例研究. 地理科学进展, 2017, 36(3): 306-312.
- [42] 朱付彪, 方一平, 宜树华, 虞虎. 江河源区高寒草地畜牧业生态效率及影响因素. 中国环境科学, 2017, 37(1): 310-318.
- [43] Andersen P, Petersen N C. A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis. Management Science, 1993, 39(10): 1261-1264.
- [44] 郭露, 徐诗倩. 基于超效率 DEA 的工业生态效率——以中部六省 2003—2013 年数据为例. 经济地理, 2016, 36(6): 116-121, 58-58.
- [45] 陈浩, 陈平, 罗艳. 基于超效率 DEA 模型的中国资源型城市生态效率评价. 大连理工大学学报: 社会科学版, 2015, 36(2): 34-40.
- [46] Malmquist S. Index numbers and indifference surfaces. Trabajos de estadística, 1953, 4(2): 209-242.
- [47] Fare R, Grosskopf S, Norris M, Zhang Z Y. Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries. American Economic Review, 1994, 84(1): 66-83.
- [48] 宋明, 韩素芹, 张敏, 姚青, 朱彬. 天津大气能见度与相对湿度和 PM_{10} 及 $PM_{2.5}$ 的关系. 气象与环境学报, 2013, 29(2): 34-41.
- [49] 杜荣光, 齐冰, 胡德云, 李璐, 俞布. 杭州市区相对湿度及 $PM_{2.5}$ 对能见度的影响分析. 南京大学学报: 自然科学, 2015, 51(3): 473-480.
- [50] 况彩菱, 尚闽, 崔海瑞, 肖大乔, 郑祥, 程荣. 相对湿度对室内 $PM_{2.5}$ 浓度实时测量值的影响. 环境科学与技术, 2017, 40(1): 107-111.