

# 我国对“中欧班列”沿线国家绿色投资效率评价及影响因素研究——基于 SBM-undesirable 模型与空间计量模型的结合

黄 森 芮小明

**摘 要:** 本文基于 2006~2015 年“中欧班列”沿线 21 个重点国家相关数据, 结合 SBM-undesirable 模型与空间计量模型, 从多个维度对中国绿色投资效率及其相关影响因素进行分析。研究表明: 当前中国与“中欧班列”沿线国家的投资合作潜力巨大, 但并未充分发挥; 中国绿色投资效率总体水平不高, 但始终保持上升趋势, 其中绿色投资规模效率的无效化在很大程度上制约了整体效率提升; 绿色投资效率国别差异较大, 部分国家之间已然形成了稳固的差异化空间集群, 且表现出逐步扩张的趋势。此外, 绿色投资效率还受到东道国内部投资环境影响: 产业结构因素表现出对绿色投资效率的显著遏制作用, 但是并不持续; 制度因素和对外依存因素则显著促进绿色投资效率。

**关键词:** 中欧班列; 绿色投资效率; SBM-undesirable 模型; 空间集群

**中图分类号:** F740

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-1894 (2018) 06-0005-12

## 一、引言

2017 年 5 月 14~15 日, “一带一路”国际合作高峰论坛在北京举行, “绿色丝绸之路”再次成为全球热点。会议指出, “绿色丝绸之路”旨在“优化产业与能源布局, 推进绿色基础设施建设, 加强绿色贸易与绿色投资, 完善绿色金融体系”。那么, 如何有效推进“绿色丝绸之路”建设? 依托“中欧班列”打造中国特色的“绿色投资经济带”不失为一种可行之策。

当前“中欧班列”穿越了 6 个国家, 辐射 20 余个国家, 横跨欧亚大陆, 不同地区、国家间内部经济环境也存在明显差异。“中欧班列”终端辐射着欧洲经济中心, 基本上属于发达地区, 而其辽阔狭长的中间地带及出发端属于亚欧腹地, 除少数国家外, 基本上都属于欠发达地区。因此, “中欧班列”辐射区域沿线各国之间具有较强的相互依存性与优势互补性, 蕴藏了非常好的国际投资合作潜力。那么, 如何释放蕴含其

---

**作者简介:** 黄森, 四川外国语大学国别经济与国际商务研究中心副教授, 硕士生导师, 博士, 研究方向: 国别经济研究; 芮小明 (通讯作者), 四川外国语大学国别经济与国际商务研究中心副教授, 博士, 研究方向: 国际贸易。

**基金项目:** 重庆市社会科学规划项目“‘动态共生’视角下重庆与‘一带一路’沿线国家外向型产业合作价值研究”(项目编号: 2018YBJJ036); 重庆市教委科学技术研究项目“时空演变视角下‘渝新欧’沿线国家交通物流效率测算及协同提升机制研究”(项目编号: KJQN201800902); 四川外国语大学校级科研项目“多维度效率视角下‘一带一路’沿线国家投资价值及合作路径研究”(项目编号: sisu201740)。

中的巨大经贸潜力,以推动双边经济可持续发展?本文认为选择绿色投资效率作为切入点,详细考察较长时间里中国与“中欧班列”沿线国家双边经贸互动机理十分必要。

关于绿色投资概念,本文综合借鉴 Eyraud (2013)、陈志国等 (2014) 及王娜等 (2017) 的定义,将绿色投资界定为:以可持续发展理念为指导,环境资源保护为核心,以实现经济、社会、环境可持续发展的新型投资模式。传统投资效率是反映经济主体投入与产出之间关系的指标,在给定技术水平下,定量要素投入达到其潜在最大产出水平时,称该经济主体的投资行为是有效率;反之为无效率。而绿色投资效率与传统投资效率的主要区别在于,前者从期望产出和非期望产出两个维度考察投资效率水平,即把投资所产生的环境污染作为一项重要因素纳入效率评价体系中,以反映环境约束下的真实投资效率数值。当前国内外学术界在进行投资效率测算时,常用测算模型为传统的 DEA,例如,刘峰 (2016)、田泽和许东梅 (2016)、薛安伟 (2017)、艾麦提江·阿布都哈力克等 (2017) 运用 DEA 及超效率 DEA 等相关衍生模型,从基础设施、进出口以及地级城市等多个视角研究了“一带一路”沿线国家投资效率情况。这些学者的研究为深入理解“中欧班列”沿线国家绿色投资效率提供了很大的帮助,其研究结论 also 具有很高的理论价值与实用价值。但传统 DEA 模型无法有效地将非期望产出纳入绿色投资效率分析体系中,这就直接影响了绿色投资效率评价的理论准确性。为解决这一问题,Tone (2001) 提出了非径向与非角度的 SBM-undesirable 模型,引入非期望产出来测算绿色效率。近年来采用 SBM-undesirable 模型进行绿色效率测算的文献也比较多,例如,王兵和杨华 (2011)、刘瑞翔和安同良 (2012) 运用 SBM 方向距离函数和 Luenberger 全要素生产率指数方法分别测算了中国农业效率及经济增长效率;钱争鸣 (2014)、张卫东 (2015)、班斓和袁晓玲 (2016) 等则运用非期望产出的 SBM 模型,从不同层面测算了中国各地区的绿色经济效率。

综上所述,现有国际投资及绿色效率测算相关文献为本文研究提供了很好的理论参考,但当前绿色投资效率研究主要集中于微观企业层面 (马乃毅和徐敏, 2011; 宫大鹏和赵涛等, 2014; 王婷, 2016), 几乎没有学者运用 SBM-undesirable 模型来对“中欧班列”沿线国家绿色投资效率情况进行研究。因此本文将首先采用 SBM-undesirable 模型测算 2006~2015 年中国对“中欧班列”沿线国家的绿色投资效率值,然后运用空间计量模型考察其空间区位特性及演变规律,最后再从产业结构、制度因素及对外依存等 3 个视角评价东道国国内环境对绿色投资效率的影响。

## 二、绿色投资效率评价模型及相关指标体系构建

### (一) 绿色投资效率评价模型构建

根据前文界定,绿色投资效率包含期望产出和非期望产出,因此在考察中国对“中欧班列”沿线国家绿色投资效率时,首先需要构建一个包括投入项、期望产出项、

非期望产出项的生产可能性集合。假定生产决策系统中有  $n$  个 DUM 单元, 使用投入要素为  $m$  种, 期望产出为  $s_1$  种, 非期望产出为  $s_2$  种, 对应的向量分别为  $x \in R_m$ 、 $y^g \in R_{s1}$ 、 $y^b \in R_{s2}$ , 定义矩阵  $X = (x_{ij}) \in R_{m \times n}$ ,  $Y^g = (y_{ij}^g) \in R_{s1 \times n}$ ,  $Y^b = (y_{ij}^b) \in R_{s2 \times n}$ , 假定  $X > 0$ ,  $Y^g > 0$ ,  $Y^b > 0$ , 且生产可能性集合为封闭集合与有界集合, 投入及产出可自由处置, 同时假设期望产出与非期望产出为零结合及产出联合弱可处置性, 模型表达为:

$$G = \{ (x, y^g, y^b) \mid x \geq X\lambda, y^g \leq Y^g\lambda, y^b = Y^b\lambda, \sum_{i=1}^n \lambda_i, \lambda_i \geq 0 \} \quad (1)$$

式 (1) 即为包含投入、期望产出、非期望产出的不等式预算约束模型, 当  $\sum_0^n \lambda \neq 1$  时, 该模型为规模报酬不变, 当  $\sum_0^n \lambda = 1$  时, 该模型为规模报酬可变。然后, 本文依据 Tone (2001) 提出的 SBM 模型, 构造某特定 DUM 的线性规划方程:

$$\min \rho = 1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m s_i^- / x_{i0} \Bigg/ 1 + \frac{1}{n} \sum_{r=1}^n s_r^+ / y_{r0} \quad (2)$$

$$s.t. \begin{cases} x_0 = X\lambda + s^- \\ y_0 = Y\lambda - s^+ \\ \lambda \geq 0 \\ s^+ \geq 0 \\ s^- \geq 0 \end{cases}$$

式 (2) 中,  $x, y$  的下标为 0, 分别表示该特定 DUM 的投入项和产出项,  $\lambda$  为权重,  $s$  表示松弛变量,  $s^-$  表示投入松弛变量,  $s^+$  表示产出松弛变量,  $\rho$  为效率值, 取值范围在 0~1 之间。

最后, 本文在式 (2) 中通过拆分  $y_0$  引入非期望产出, 即对某特定 DMU 有:  $x_0 = X\lambda + s^-$ ,  $y_0^g = Y^g\lambda - s^{g+}$ ,  $y_0^b = Y^b\lambda + s^{b+}$ , 式 (2) 则变为:

$$\min \rho^* = 1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m s_i^- / x_{i0} \Bigg/ 1 + \frac{1}{s_1 + s_2} \left( \sum_{r=1}^{s_1} \frac{s_r^{g+}}{y_{r0}^g} + \sum_{r=1}^{s_2} \frac{s_r^{b+}}{y_{r0}^b} \right) \quad (3)$$

$$s.t. \begin{cases} x_0 = X\lambda + s^- \\ y_0^g = Y^g\lambda - s^{g+} \\ y_0^b = Y^b\lambda + s^{b+} \\ \lambda, s^-, s^{g+}, s^{b+} \geq 0 \end{cases}$$

式 (3) 中,  $\lambda$  为权重,  $s^-$  表示投入松弛变量,  $s^{g+}$  表示期望产出松弛变量,  $s^{b+}$  表示非期望产出松弛变量,  $\rho^*$  为考虑了非期望产出时各 DUM 的生产效率。可以看出, 式 (3) 的线性规划模型将投入、期望产出、非期望产出同时纳入了目标函数, 很好地解决了传统 DEA 所面临的问题。因此本文以该模型来测算中国对“中欧班列”沿线国家绿色投资效率。

## (二) 指标体系构建

基于中国对“中欧班列”沿线国家投资现状及数据的可获得性, 本文选取“中欧班列”沿线 21 个重点交往国家为研究对象, 以 2006~2015 年作为时间样本区间, 运用 SBM-undesirable 模型从多个层面测算中国对“中欧班列”沿线国家的绿色投资效率值。

基于现有学者研究 (李计广等, 2016), 中国对“一带一路”沿线国家投资效

率的成效主要体现在促进沿线国家经济总量、贸易额、财政收入和基础设施水平的提高等方面，因此在绿色投资效率投入指标体系中，本文选择中国对东道国直接投资存量和东道国劳动力总数这两个指标作为投入项。

产出指标体系方面，本文分别选取了东道国 GDP、调整后的国民净人均收入、东道国与中国之间净货物和服务贸易总额、东道国当年 CO<sub>2</sub> 排放量共 4 个指标作为产出指标体系，其中前 3 个指标属于期望产出，东道国当年 CO<sub>2</sub> 排放量属于非期望产出。

投入产出指标体系具体如表 1 所示，本文所需数据均来源于《中国对外直接投资统计公报》、世界银行数据库、BVD-chelem 数据库及各国对应统计年鉴。

表 1 指标体系的描述性统计分析结果

|      | 变量                        | 样本个数 | 单位   |
|------|---------------------------|------|------|
| 投入指标 | 直接投资存量                    | 210  | 万美元  |
|      | 东道国劳动力总数                  | 210  | 人    |
| 产出指标 | GDP (2010 年不变价美元)         | 210  | 美元   |
|      | 调整后的国民净人均收入 (2010 年不变价美元) | 210  | 美元   |
|      | 东道国与中国之间净货物和服务贸易总额        | 210  | 百万美元 |
|      | 东道国当年 CO <sub>2</sub> 排放量 | 210  | 千吨   |

需要说明的是，与现有相关研究不同，本文没有采用东道国净货物和服务贸易总额作为产出指标之一。由柴庆春和胡添雨（2012）等人对中国对外直接投资的贸易效应研究可知，中国对外投资是否有效率，应该看投资是否能够直接提升双边贸易流量，产生明显的贸易效应，因此本文选取东道国与中国之间净货物和服务贸易总额作为产出指标之一。

### 三、绿色投资效率测算与结果分析

本文基于 MAXDEA7.0 pro 软件，利用 SBM-undesirable 模型测算出 2006~2015 年中国对“中欧班列”沿线国家绿色投资综合效率、绿色投资纯技术效率和绿色投资规模效率，其中，绿色投资综合效率 = 绿色投资纯技术效率 × 绿色投资规模效率。绿色投资综合效率反应的是东道国是否能够以适当的规模或最有效的方式利用中国投资，以此来衡量中国对东道国投资是否有效；绿色投资纯技术效率反应的是在不考虑规模因素的情况下，投资的主体决策与适应当地市场环境能力；绿色投资规模效率则是从规模因素出发分析投入要素的经济效率。

由表 2 可以看出，2006~2015 年中国对“中欧班列”沿线 21 国绿色投资综合效率整体水平维持在 0.49~0.60 范围内，有效国家数量稳定在 6~8 个，无效国家占比约为 66.66%。该结果表明，在考察期间，环境约束下中国对 21 国的投资并未能够发挥出最大经济效应，存在很大的改进空间。

就国别而言，爱沙尼亚、比利时、法国、荷兰、拉脱维亚、斯洛伐克和斯洛文尼亚等国大部分年份都显示绿色投资综合效率有效，而阿尔巴尼亚、白俄罗斯、保

加利亚、波兰、德国、俄罗斯、哈萨克斯坦、捷克、克罗地亚、立陶宛、罗马尼亚、塞尔维亚共和国、乌克兰和匈牙利等国大部分年份绿色投资综合效率均为无效。

表 2 2006~2015 年中国对“中欧班列”沿线国家绿色投资综合效率

| 国家      | 2006 年 | 2007 年 | 2008 年 | 2009 年 | 2010 年 | 2011 年 | 2012 年 | 2013 年 | 2014 年 | 2015 年 | 均值   |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| 阿尔巴尼亚   | 0.26   | 0.40   | 0.47   | 0.23   | 0.22   | 0.23   | 0.22   | 0.20   | 0.20   | 0.20   | 0.26 |
| 爱沙尼亚    | 1.00   | 1.00   | 0.97   | 0.65   | 0.66   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 0.93 |
| 白俄罗斯    | 0.27   | 1.00   | 0.52   | 0.54   | 0.25   | 0.26   | 0.20   | 0.19   | 0.16   | 0.13   | 0.35 |
| 保加利亚    | 0.15   | 0.35   | 0.35   | 0.64   | 0.23   | 0.18   | 0.17   | 0.19   | 0.19   | 0.18   | 0.26 |
| 比利时     | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00 |
| 波兰      | 0.13   | 0.26   | 0.27   | 0.35   | 0.40   | 0.43   | 0.42   | 0.41   | 0.41   | 0.40   | 0.35 |
| 德国      | 0.42   | 0.55   | 0.55   | 0.58   | 0.83   | 0.62   | 0.69   | 0.71   | 0.78   | 0.76   | 0.65 |
| 俄罗斯     | 0.10   | 0.13   | 0.13   | 0.14   | 0.17   | 0.17   | 0.23   | 0.21   | 0.26   | 0.16   | 0.17 |
| 法国      | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00 |
| 哈萨克斯坦   | 0.17   | 0.25   | 0.26   | 0.24   | 0.31   | 0.29   | 0.34   | 0.34   | 0.29   | 0.20   | 0.27 |
| 荷兰      | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 0.66   | 1.00   | 0.59   | 1.00   | 1.00   | 0.92 |
| 捷克      | 0.23   | 0.65   | 0.57   | 0.61   | 1.00   | 1.00   | 0.67   | 0.73   | 0.89   | 0.49   | 0.68 |
| 克罗地亚    | 0.73   | 0.45   | 0.45   | 0.60   | 0.60   | 0.72   | 0.68   | 0.68   | 0.60   | 0.59   | 0.61 |
| 拉脱维亚    | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00 |
| 立陶宛     | 0.29   | 0.44   | 0.44   | 0.60   | 0.62   | 0.65   | 0.58   | 0.49   | 0.54   | 0.54   | 0.52 |
| 罗马尼亚    | 0.13   | 0.15   | 0.17   | 0.19   | 0.17   | 0.26   | 0.24   | 0.27   | 0.26   | 0.24   | 0.21 |
| 塞尔维亚共和国 | 0.13   | 0.50   | 0.52   | 0.49   | 0.37   | 0.35   | 0.32   | 0.26   | 0.21   | 0.18   | 0.33 |
| 斯洛伐克    | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 0.75   | 1.00   | 1.00   | 0.43   | 0.92 |
| 斯洛文尼亚   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00 |
| 乌克兰     | 0.10   | 0.38   | 0.40   | 0.41   | 0.32   | 0.27   | 0.26   | 0.23   | 0.17   | 0.17   | 0.27 |
| 匈牙利     | 0.22   | 0.33   | 0.32   | 0.37   | 0.34   | 0.27   | 0.31   | 0.33   | 0.44   | 0.36   | 0.33 |
| 均值      | 0.49   | 0.61   | 0.59   | 0.60   | 0.59   | 0.59   | 0.58   | 0.56   | 0.59   | 0.52   | —    |

由表 3 可以看出, 2006~2015 年中国对“中欧班列”沿线 21 国绿色投资纯技术效率值为 0.61~0.76, 表明由于投资决策偏差或其他技术层面原因, 导致考察期间我国对 21 国整体投资投入存在虚耗。不过, 就趋势而言, 纯技术效率值从 2006 年的 0.61 增长到了 2015 年的 0.69, 呈现出波动上升, 表明中国对 21 国投资资源有效利用率正缓慢上升, 投资对产出的贡献程度也在逐渐增加, 中国国内各投资主体适应外界投资环境的能力也在不断增强。

就国别而言, 阿尔巴尼亚、爱沙尼亚、比利时、德国、法国、荷兰、拉脱维亚和斯洛文尼亚等 8 个国家绿色投资纯技术效率在考察期间均为 1, 波兰、捷克、克罗地亚、斯洛伐克和乌克兰等 5 个国家大部分年份绿色投资纯技术效率也为 1, 表明随着中国对“中欧班列”沿线 21 个国家投资的逐步开展, 大部分投资主体已能够适应当地市场环境, 投资决策及技术也在不断改进。另外 8 个国家绿色投资纯技术效率值则较低, 表明中国对这些国家的投资目前尚不能很好地适应当地市场环境, 在决策技术层面上中国也应尽快做出调整, 以提高绿色投资效率水平。

从表 4 可以看出, 整体上, 2006~2015 年中国对 21 国绿色投资规模效率维持在 0.79~0.91, 该结果要好于绿色投资纯技术效率水平, 但仍然存在部分绿色投资规模

表 3 2006~2015 年中国对“中欧班列”沿线国家绿色投资纯技术效率

| 国家      | 2006 年 | 2007 年 | 2008 年 | 2009 年 | 2010 年 | 2011 年 | 2012 年 | 2013 年 | 2014 年 | 2015 年 | 均值   |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| 阿尔巴尼亚   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00 |
| 爱沙尼亚    | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00 |
| 白俄罗斯    | 0.46   | 1.00   | 0.52   | 0.59   | 0.26   | 0.27   | 0.22   | 0.21   | 0.17   | 0.14   | 0.38 |
| 保加利亚    | 0.28   | 0.36   | 0.35   | 1.00   | 0.28   | 0.20   | 0.18   | 0.19   | 0.19   | 0.19   | 0.32 |
| 比利时     | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00 |
| 波兰      | 0.13   | 0.26   | 0.27   | 0.35   | 0.43   | 0.51   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 0.59 |
| 德国      | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00 |
| 俄罗斯     | 0.15   | 0.23   | 0.24   | 0.19   | 0.22   | 0.28   | 0.33   | 0.31   | 0.33   | 0.20   | 0.25 |
| 法国      | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00 |
| 哈萨克斯坦   | 0.19   | 0.25   | 0.26   | 0.25   | 0.31   | 0.29   | 0.35   | 0.36   | 0.29   | 0.20   | 0.28 |
| 荷兰      | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00 |
| 捷克      | 0.28   | 0.66   | 0.58   | 0.64   | 1.00   | 1.00   | 0.69   | 0.78   | 1.00   | 0.73   | 0.74 |
| 克罗地亚    | 0.93   | 0.49   | 0.47   | 0.65   | 0.63   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 0.82 |
| 拉脱维亚    | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00 |
| 立陶宛     | 0.50   | 0.49   | 0.49   | 0.60   | 0.62   | 0.75   | 0.58   | 0.50   | 0.70   | 0.68   | 0.59 |
| 罗马尼亚    | 0.14   | 0.17   | 0.18   | 0.20   | 0.19   | 0.28   | 0.32   | 0.44   | 0.51   | 0.34   | 0.28 |
| 塞尔维亚共和国 | 0.36   | 0.51   | 0.52   | 0.59   | 0.40   | 0.50   | 0.42   | 0.26   | 0.22   | 0.19   | 0.40 |
| 斯洛伐克    | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 0.79   | 1.00   | 1.00   | 0.55   | 0.93 |
| 斯洛文尼亚   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00 |
| 乌克兰     | 0.12   | 0.49   | 0.48   | 0.48   | 0.55   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 0.71 |
| 匈牙利     | 0.25   | 0.36   | 0.35   | 0.42   | 0.39   | 0.29   | 0.32   | 0.35   | 0.44   | 0.37   | 0.35 |
| 均值      | 0.61   | 0.68   | 0.65   | 0.71   | 0.68   | 0.73   | 0.72   | 0.73   | 0.76   | 0.69   | —    |

表 4 2006~2015 年中国对“中欧班列”沿线国家绿色投资规模效率

| 国家      | 2006 年 | 2007 年 | 2008 年 | 2009 年 | 2010 年 | 2011 年 | 2012 年 | 2013 年 | 2014 年 | 2015 年 | 均值   |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| 阿尔巴尼亚   | 0.26   | 0.40   | 0.47   | 0.23   | 0.22   | 0.23   | 0.22   | 0.20   | 0.20   | 0.20   | 0.26 |
| 爱沙尼亚    | 1.00   | 1.00   | 0.97   | 0.65   | 0.66   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 0.93 |
| 白俄罗斯    | 0.58   | 1.00   | 1.00   | 0.91   | 0.96   | 0.96   | 0.90   | 0.88   | 0.96   | 0.91   | 0.91 |
| 保加利亚    | 0.51   | 0.98   | 1.00   | 0.64   | 0.83   | 0.90   | 0.95   | 1.00   | 0.97   | 0.99   | 0.88 |
| 比利时     | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00 |
| 波兰      | 0.98   | 0.98   | 1.00   | 0.99   | 0.95   | 0.84   | 0.42   | 0.41   | 0.41   | 0.40   | 0.74 |
| 德国      | 0.42   | 0.55   | 0.55   | 0.58   | 0.83   | 0.62   | 0.69   | 0.71   | 0.78   | 0.76   | 0.65 |
| 俄罗斯     | 0.65   | 0.57   | 0.54   | 0.72   | 0.75   | 0.62   | 0.70   | 0.69   | 0.77   | 0.81   | 0.68 |
| 法国      | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00 |
| 哈萨克斯坦   | 0.92   | 0.98   | 0.99   | 0.98   | 1.00   | 1.00   | 0.97   | 0.95   | 1.00   | 0.96   | 0.97 |
| 荷兰      | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 0.66   | 1.00   | 0.59   | 1.00   | 1.00   | 0.92 |
| 捷克      | 0.82   | 0.99   | 0.98   | 0.95   | 1.00   | 1.00   | 0.97   | 0.94   | 0.89   | 0.66   | 0.92 |
| 克罗地亚    | 0.79   | 0.93   | 0.97   | 0.94   | 0.96   | 0.72   | 0.68   | 0.68   | 0.60   | 0.59   | 0.79 |
| 拉脱维亚    | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00 |
| 立陶宛     | 0.57   | 0.89   | 0.90   | 1.00   | 1.00   | 0.86   | 1.00   | 0.99   | 0.76   | 0.79   | 0.88 |
| 罗马尼亚    | 0.91   | 0.91   | 0.94   | 0.91   | 0.91   | 0.94   | 0.77   | 0.60   | 0.51   | 0.69   | 0.81 |
| 塞尔维亚共和国 | 0.37   | 0.98   | 1.00   | 0.83   | 0.93   | 0.69   | 0.76   | 0.99   | 0.95   | 0.93   | 0.84 |
| 斯洛伐克    | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 0.95   | 1.00   | 1.00   | 0.78   | 0.97 |
| 斯洛文尼亚   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00 |
| 乌克兰     | 0.83   | 0.77   | 0.84   | 0.86   | 0.57   | 0.27   | 0.26   | 0.23   | 0.17   | 0.17   | 0.50 |
| 匈牙利     | 0.89   | 0.93   | 0.92   | 0.88   | 0.86   | 0.91   | 0.96   | 0.94   | 1.00   | 0.97   | 0.92 |
| 均值      | 0.79   | 0.90   | 0.91   | 0.86   | 0.88   | 0.82   | 0.82   | 0.80   | 0.81   | 0.79   | —    |

无效化。该结果表明,在环境约束下,“中欧班列”沿线 21 国整体对中国投入资本的使用率并不高,名义投入量和实际使用量相差较大,存在大量的投入冗余和资源浪费。

就国别而言,比利时、法国、拉脱维亚和斯洛文尼亚等 4 个国家的绿色投资规模效率在考察期间均为 1,表明中国在这 4 个国家绿色投资规模效率是有效的,除了阿尔及尼亚和乌克兰的绿色投资规模效率存在较大的改善空间外,其余 15 个国家的投资规模效率水平均较高。

综上所述,2006~2015 年中国对“中欧班列”沿线国家的绿色投资综合效率总体保持上升趋势,但是水平不高,大多数国家存在绿色投资规模效率的无效化是导致这一结果的重要原因。

## 四、绿色投资效率影响因素的空间机理分析

前文研究表明,当前中国对“中欧班列”沿线 21 国绿色投资效率整体不太理想,除了从绿色投资效率的纯技术和规模两个视角寻找改进措施外,有必要从东道国内部投资环境上找原因。接下来本文将基于空间计量模型,从多个视角考察东道国内部投资环境因素对绿色投资效率的影响。

### (一) 空间特性分析

空间计量分析的第一步是要判断各经济主体之间是否存在显著空间相关性,一般可通过测算 Moran's I 指数进行检验,具体如下所示。

$$Moran's I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / n} \quad Moran's I \in [-1, +1] \quad (4)$$

式(4)中,  $W_{ij}$  为二元空间权值矩阵中的任意元素值;  $n$  表示研究对象总数,本文  $n=21$ ;  $x_i$  和  $x_j$  分别为东道国  $i$  和东道国  $j$  之间的绿色投资效率值。Moran's I 值趋近 +1,意味着近几年中国的投资使得各东道国间存在着正向空间集聚性,0 意味着不存在空间集聚性,趋近 -1 则意味着存在负的空间集聚性。

表 5 2006~2015 年 21 国绿色投资效率 Moran's I 值表

| 年份  | 2006 年 | 2007 年 | 2008 年 | 2009 年 | 2010 年 | 2011 年 | 2012 年 | 2013 年 | 2014 年 | 2015 年 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| M 值 | 0.2276 | 0.2417 | 0.2343 | 0.2089 | 0.4546 | 0.3307 | 0.4155 | 0.3052 | 0.4451 | 0.4421 |

由表 5 可知,2006~2015 年间 21 国 Moran's I 值显著且为正,表明 21 国绿色投资效率在空间地理区位上表现出显著的空间依赖性,而且这一空间集聚趋势还随着中国对沿线 21 国的投资合作越来越明显。为了进一步检验其空间地理分布模式,本文接下来采用空间局域 LISA 指数 (Anselin, 1995) 来进行分析,具体如下所示:

$$L_i = f(x_i, \{x_i\}), \sum_i L_i = \gamma \Lambda \quad (5)$$

式(5)中,  $x_i$  为东道国  $i$  的绿色投资效率值,  $A$  为空间相关全局指标,  $\gamma$  为比例因子。通过 Geoda0.95i 软件测算局域空间自相关 LISA 指数, 得到 4 类稳固的空间区位绿色投资效率集群: HH 集群表示绿色投资效率较好国家被同样条件较好的其他国家包围而形成的空间集群, LH 集群表示绿色投资效率较差国家被条件较好的其他地区所包围而形成的集群, LL 集群表示绿色投资效率较差的国家被同样条件较差的其他国家所包围而形成的集群, HL 集群表示绿色投资效率较好国家被条件较差的其他国家所包围形成的集群。这 4 个集群中, HH 集群和 LH 集群为优势集群, 优势集群能够有效通过空间溢出效应加速内部经济主体绿色投资效率的提高; LL 集群和 HL 集群属于劣势集群, 劣势集群由于存在门槛效应和空间塌陷效应, 导致绿色投资效率改善难度较大。

当前, “中欧班列”沿线 21 国绿色投资效率空间集群主要有 HH 集群和 LL 集群两类, 2006 年虽然出现了 HL 集群, 但是到了 2015 年该集群就消失了。HH 集群主要集中于“中欧班列”辐射带的最西端即西欧地区, 而且随着时间推移该空间集群还在逐渐扩大, 其内部国家从 2006 年“法国—荷兰”扩展到 2015 年“法国—比利时—荷兰”; LL 集群则集中于“中欧班列”辐射带的起始区域和中间区域, 同样也存在扩大趋势, 从 2006 年“保加利亚—罗马尼亚”和“哈萨克斯坦”发展到 2015 年“保加利亚—罗马尼亚—乌克兰”和“哈萨克斯坦”。其余国家虽然存在绿色投资效率数值上的接近, 但并未能够通过 LISA 指数显著性检验, 因此没有表现出稳固的空间集聚特性。

## (二) 空间计量分析

前文研究表明, 2006~2015 年“中欧班列”沿线 21 国绿色投资效率存在显著的空间集聚特性, 因此采用空间计量模型进行分析十分有必要。本文以 21 国绿色投资效率作为被解释变量, 从产业结构、制度环境及对外依存等 3 个方面考察东道国内部投资环境对绿色投资效率的影响。需要说明的是, 本文以东道国政府稳定性、社会经济环境、腐败程度和官僚质量等 4 个方面定义制度环境, 并参照 ICRG 计算方法加权得出一个总体评价值, 具体如下表所示。本文数据均来源于世界银行数据库和国家风险国际指南(ICRG)。

表 6 空间计量指标体系

| 被解释变量 | 绿色投资效率 |        |                     | LSTZ |
|-------|--------|--------|---------------------|------|
| 解释变量  | 产业结构   | 工业化水平  | 工业增加值 /GDP          | GYBZ |
|       |        | 服务业水平  | 服务业增加值 /GDP         | DSBZ |
|       | 制度因素   | 政府稳定性  | 根据 ICRG 加权算法得出总体评价值 | ZDYS |
|       |        | 社会经济环境 |                     |      |
|       |        | 腐败程度   |                     |      |
|       |        | 官僚质量   |                     |      |
|       | 对外依存   | 外贸依存度  | 进出口总额 /GDP          | DWYL |

基于以上指标体系, 本文分别构造对应的空间滞后模型和空间误差模型, 如下所示:

$$LSTZ_i = C_i + \beta_1 GYBZ_i + \beta_2 DSBZ_i + \beta_3 ZDYS_i + \beta_4 DWYL_i + \rho WLSTZ_i + \varepsilon_i \quad (6)$$

$$LSTZ_i = C_i + \beta_1 GYBZ_i + \beta_2 DSBZ_i + \beta_3 ZDYS_i + \beta_4 DWYL_i + (I - \lambda W)^{-1} \mu \quad (7)$$

式(6)为空间滞后模型(SLM), 式(7)为空间误差模型(SEM)。式中各变量含义同上文定义,  $\rho$  为空间滞后系数,  $\lambda$  为空间误差项系数,  $W$  为空间权值矩阵, 下标  $i$  代表国家。下面本文将首先运用拉格朗日乘子检验计算结果来判断何种模型适合进行影响因素空间分析, 具体的拉格朗日乘子模型为:

$$LMERR = [e'We / (e'e / N)]^2 / [tr(W^2 + W'W)] \quad (8)$$

$$LMLAG = [e'Wy / (e'e / N)]^2 / D \quad (9)$$

上式中,  $tr$  表示矩阵的迹算子,  $e$  是 OLS 回归残差向量,  $W$  表示空间权值矩阵,  $n$  表示集群总数。本文中  $n=21$ 。  $D = [(WX\beta)'M(WX\beta) / \sigma^2] + tr(W^2 + W'W)$ ,  $WX\beta$  是  $X\beta$  预测值的空间滞后,  $M = I - X(X'X)^{-1}X'$ 。计算结果如下所示:

表 7 拉格朗日乘子检验结果 (2015) ①

| TEST         | MI/DF | VALUE    |
|--------------|-------|----------|
| 拉格朗日乘数 (滞后)  | 1     | 2.289488 |
| 强拉格朗日乘数 (滞后) | 1     | 4.381899 |
| 拉格朗日乘数 (误差)  | 1     | 0.097697 |
| 强拉格朗日乘数 (误差) | 1     | 2.190108 |

由表 7 可知, LMLAG、R-LMLAG 的统计值均大于 LMERR 和 R-LMERR, 且都通过 10% 显著性检验, 表明使用空间滞后模型对研究东道国内部投资环境对绿色投资效率影响问题更有效, 具体计算结果如下所示:

表 8 2006~2015 年 SLM 模型计量结果

|                | 2006 年   | 2007 年  | 2008 年  | 2009 年   | 2010 年  | 2011 年  | 2012 年   | 2013 年  | 2014 年  | 2015 年   |
|----------------|----------|---------|---------|----------|---------|---------|----------|---------|---------|----------|
| 空间滞后项          | 0.0115*  | 0.2150* | 0.0770* | 0.1717*  | 0.2420* | 0.1908* | 0.1731*  | 0.1601* | 0.3275* | 0.2950*  |
| 常数项            | 0.1379   | 0.0405  | -0.0008 | 0.3780   | 0.2074  | 0.5593  | 0.2644   | 0.2627  | 0.0665  | 0.3047   |
| GYBZ           | -0.0264* | -0.0134 | -0.0125 | -0.0217* | -0.0169 | -0.0199 | -0.0198* | -0.0137 | -0.0165 | -0.0240* |
| DSBZ           | 0.0051   | -0.0004 | 0.0068  | -0.0034  | -0.0032 | -0.0028 | -0.0006  | 0.0003  | -0.0038 | 0.0013   |
| ZDYS           | 0.3160*  | 0.1903  | 0.2313* | 0.3043*  | 0.2939* | 0.1654  | 0.3013*  | 0.2084  | 0.2788* | 0.2780*  |
| DWYL           | 0.0056*  | 0.0053* | 0.0039* | 0.0057*  | 0.0039* | 0.0030  | 0.0030*  | 0.0025  | 0.0042* | 0.0027*  |
| $R^2$          | 50.51%   | 38.74%  | 44.05%  | 53.76%   | 52.34%  | 34.61%  | 61.52%   | 35.37%  | 60.42%  | 64.67%   |
| Log likelihood | 22.6975  | 19.5781 | 21.046  | 41.1001  | 18.8561 | 21.2386 | 42.1686  | 14.6935 | 20.0459 | 36.0504  |

注: \*表示通过 10% 显著性检验。

由表 8 可知, 2006~2015 年 SLM 空间滞后模型的拟合度波动范围处于 50%~65% 之间, 且 Log-likelihood 数值波动范围也处于 14~36 之间。该结果表明, 通过空间滞后模型进行 21 国绿色投资效率影响因素分析具有较好的理论参考价值。

① 限于篇幅, 这里只列出 2015 年检验结果, 如需其他年份结果请与作者联系。

(1) 东道国产业结构对绿色投资效率的影响。考察期间该因素整体显著水平并不高,其中第二产业结构指标在2006年、2009年、2012年和2015年通过显著性检验,且对绿色投资效率有负向影响,第三产业结构指标在10年之中均未能够通过显著性检验。由此可知,当前沿线21国中大部分国家内部产业发展结构存在一定的不合理性(尤其是第二产业),阻碍了中国对自身国际绿色投资效率的提升。该结果显示,一方面,沿线21国内部产业结构在对接中国投资时存在一定程度的不匹配,导致投入浪费,损失了部分绿色投资效率;另一方面,21国整体第二产业发展仍然存在高能耗、高污染问题,这在一定程度上增加了非期望产出,拉低了绿色投资效率。

(2) 东道国制度因素对绿色投资效率的影响。考察期间该指标整体显著水平较好,除了2007年、2011年和2013年外,其余年份均通过显著性检验,且表现出对绿色投资效率的正向促进。该结果表明,一方面,随着中国对“中欧班列”沿线21国投资的逐步开展,各东道国政府正致力于改善中方在该国的投资环境,提高政府服务水平,这在一定程度上减少了中国投资在各东道国的不必要损耗,提升了绿色投资效率;另一方面,也反映出各国政府已逐渐对“绿色环保、节能减排”的可持续发展观达成共识,这在一定程度上有利于减少非期望产出,提升绿色投资效率。

(3) 东道国对外依存因素对绿色投资效率的影响。考察期间该指标整体显著水平较好,除了2011年和2013年外,其余年份均通过了显著性检验,且表现出对绿色投资效率的正向作用。该结果表明,国家开放程度越高,越有利于中国资本对该国绿色投资效率的提升。

## 五、结论及建议

本文基于 SBM-undesirable 模型与空间计量模型的结合,从多个视角测算2006~2015年中国对“中欧班列”沿线21个国家的绿色投资效率,并从多个维度分析了影响绿色投资效率的东道国内部投资环境因素。研究结果显示:

(1) 2006~2015年间中国对“中欧班列”沿线国家的绿色投资效率总体水平不高,但始终保持上升趋势。绿色投资效率有效的国家有:比利时、法国、拉脱维亚和斯洛文尼亚等4个国家,斯洛伐克、荷兰和爱沙尼亚等3个国家部分年份为有效。其余14个国家的投资综合效率处于较低水平,而导致这一结果的原因却不尽相同:一方面,阿尔巴尼亚、爱沙尼亚、德国、荷兰、波兰、捷克、克罗地亚、斯洛伐克和乌克兰等国家的绿色投资纯技术效率大部分年份都表现为有效,但是由于绿色投资规模效率的无效化,导致总体绿色投资效率表现为无效;另一方面,白俄罗斯、保加利亚、俄罗斯、哈萨克斯坦、罗马尼亚、塞尔维亚、匈牙利和立陶宛等国家虽然绿色投资规模效率较好,但是较低的绿色投资纯技术效率则拉低了其绿色投资综合效率水平。

(2) 随着中国对“中欧班列”沿线国家投资合作的逐步推进,部分国家之间已然形成了稳固的绿色投资效率空间集群,且表现出逐步扩张的趋势。“中欧班列”

西端绿色投资效率空间优势集群从 2006 年的“法国—荷兰”扩展为 2015 年的“法国—比利时—荷兰”；“中欧班列”东端绿色投资效率空间劣势集群从 2006 年的“保加利亚—罗马尼亚”和“哈萨克斯坦”发展到 2015 年的“保加利亚—罗马尼亚—乌克兰”和“哈萨克斯坦”。

(3) 2006~2015 年间中国对“中欧班列”沿线 21 国的绿色投资效率还受到东道国内部投资环境的显著影响：首先，产业结构因素表现出对绿色投资效率的显著遏制作用（主要是第二产业），但是并不持续，而且整体逐渐呈现出不相关趋势；制度因素和对外依存因素均表现出对绿色投资效率的显著促进作用，其中，包含政府稳定性、社会经济环境、腐败程度和官僚质量等在内的制度因素起到的正向促进作用要远高于对外依存因素。

为此，本文给出以下政策建议：

(1) 中国在对“中欧班列”沿线国家进行国别投资时，要始终如一地坚持推进绿色贸易与绿色投资，完善绿色可持续发展体系。

(2) 对阿尔巴尼亚、爱沙尼亚、德国、荷兰、波兰、捷克、克罗地亚、斯洛伐克和乌克兰等国家进行国际投资时，建议中国政府在维持相关政策导向和技术支持不变的情况下，要特别注意优化资源配置，在进一步扩大投资规模的同时，防止投入冗余出现和资源浪费；对白俄罗斯、保加利亚、俄罗斯、哈萨克斯坦、罗马尼亚、塞尔维亚、匈牙利和立陶宛等国家，一方面要注意投资决策及技术层面上的调整，另一方面则要注重提升相关投资主体对东道国市场环境的适应力。

(3) 对“法国—荷兰—比利时”等国而言，中国要继续保持现有投资模式，以进一步扩大该空间优势集群的辐射面，充分利用该空间集群的外溢效应，进一步提升绿色投资效率水平；对“保加利亚—罗马尼亚—乌克兰”和“哈萨克斯坦”等国家而言，要从多个层面入手，打破现有绿色投资效率空间劣势集群的门槛效应，释放空间集群内部成员国绿色投资效率，提升活力。

(4) 加大“中欧班列”沿线国家投资力度，推动绿色项目落地实施，优先开展节能减排、生态环保等基础设施及能力建设项目，促进东道国产业结构优化发展；双方政府之间还需进一步加强环保合作机制和平台建设，完善国际环境治理体系，构建环保合作网络，创新环保国际合作模式；做好环境与贸易相关协定谈判和实施，推进绿色贸易与绿色投资互动。

#### 参考文献：

- [1] Anselin, L. Local Indicators of Spatial Association—LISA[J]. Geographical Analysis, 1995,(27).
- [2] Eyraud, L., Clements, B., Wane, A. Green Investment: Trends and Determinants[J]. Energy Policy, 2013,(6).
- [3] Tone, Z. F., Khan, M. S. A Slacks-based Measure of Efficiency in Data Envelopment Analysis[J]. European Journal of Operational Research. 2001,(130).
- [4] 艾麦提江·阿布都哈力克, 白洋, 卓乘风, 邓峰. 我国“一带一路”基础设施投资效率对经济增长方式转变的空间效应分析[J]. 工业技术经济, 2017,(3).

- [5] 班斓,袁晓玲.中国八大区域绿色经济效率的差异与空间影响机制[J].西安交通大学学报(社会科学版),2016,(3).
- [6] 柴庆春,胡添雨.中国对外直接投资的贸易效应研究——基于对东盟和欧盟投资的差异性的考察[J].世界经济研究,2012,(6).
- [7] 陈志国,杨甜婕,张弛.养老基金绿色投资组合分析与投资策略[J].保险研究,2014,(6).
- [8] 宫大鹏,赵涛,慈兆程,姚浩.基于超效率 SBM 的中国省际工业化石能源效率评价及影响因素分析[J].环境科学学报,2015,(2).
- [9] 黄森.交通基础设施空间建设差异化影响了中国经济增长吗——基于 2001~2011 年中国 31 个省(市、自治区)数据的实证分析[J].贵州财经大学学报,2015,(3).
- [10] 李计广,钊锐,张彩云.我国对“一带一路”国家投资潜力分析——基于随机前沿模型[J].亚太经济,2016,(4).
- [11] 刘峰.“一带一路”经济带上 35 城市的生产效率分析——基于 DEA 与 Malmquist 指数[J].内蒙古科技与经济,2016,(8).
- [12] 刘瑞翔,安同良.资源环境约束下中国经济增长绩效变化趋势与因素分析——基于一种新型生产率指数构建与分解方法的研究[J].经济研究,2012,(11).
- [13] 马乃毅,徐敏.基于 Super-SBM 模型的污水厂投资效率实证分析[J].企业经济,2011,(1).
- [14] 钱争鸣,刘晨晨.我国绿色经济效率的区域差异及收敛性研究[J].厦门大学学报(哲学社会科学版),2014,(1).
- [15] 田泽,许东梅.我国对“一带一路”重点国家 OFDI 效率综合评价——基于超效率 DEA 和 Malmquist 指数[J].经济问题探索,2016,(6).
- [16] 王兵,杨华,朱宁.中国各省份农业效率和全要素生产率增长——基于 SBM 方向性距离函数的实证分析[J].南方经济,2011,(10).
- [17] 王娜,申俊亚,周天乐.基于三阶段 DEA 方法的绿色投资效率研究[J].财经理论与实践,2017,(2).
- [18] 王婷.新能源产业上市公司投资效率评价及影响因素研究[D].中北大学,2016.
- [19] 薛安伟.国际直接投资与进出口对技术效率的影响——基于中国省际面板数据的实证分析[J].世界经济研究,2017,(2).
- [20] 张卫东,赵士红,龙海霞,刘美茹.基于 SBM 方法和全要素生产率分解的经济增长效率——以四川省为例[J].财经科学,2015,(8).

## Assessment of China's Green Investment Efficiency on “China Europe Railway Express” Route Countries and Its Influencing Factors: Based on SBM-undesirable Model and Spatial Econometric Model

HUANG Sen WO Xiao-ming

**Abstract:** Based on data of 21 key countries along the “China Europe Railway Express” route from 2006 to 2015, the paper assesses the green investment efficiency and the influencing factors, with the support from SBM-undesirable model and spatial econometric model. Result shows that there exists great untapped potential for investment cooperation among China and the route countries. Moreover, during this period the overall green investment efficiency is not high, but it always maintains an upward trend. The overall green investment efficiency is negatively restricted by the green investment scale efficiency. There is obvious efficiency difference among these countries, some of which have formed stable spatial clusters, even showing trend of gradual expansion. In addition, the green investment efficiency is affected by domestic investment environment. The industrial structure is negatively influencing the green investment efficiency, yet not sustainable. The institutional factor and external dependence factor both show a significant role in promoting the green investment efficiency.

**Key words:** China Railway Express; green investment efficiency; SBM-undesirable model; spatial cluster

(责任编辑: 张建华)