

海上丝绸之路关键节点动态安全效率评价

宫晓婷^{1,2}, 吕 靖²

(1. 大连海事大学综合交通运输协同创新中心, 辽宁 大连 116026;

2. 大连海事大学交通运输管理学院, 辽宁 大连 116026)

摘要: 将非期望投入引入松弛变量模型, 提出基于时间窗的非期望要素松弛变量方法, 评价 2010 年~2015 年海上丝绸之路关键海峡/运河的安全效率, 并分析安全效率的差异变化, 探究影响安全效率的关键因素. 实证结果表明, 海上丝绸之路战略实施后, 海峡/运河的安全效率有所提升; 马六甲海峡安全效率最高, 而曼德海峡安全效率最低; 船舶通行量, 船舶事故和海盗等是影响安全效率的主要原因.

关键词: 海上丝绸之路; 动态安全效率; 非期望投入; 时间窗分析

中图分类号: U6-9 文献标识码: A 文章编号: 1000-5781(2017)03-0414-09

doi: 10.13383/j.cnki.jse.2017.03.011

Dynamic safety efficiency evaluation of key nodes in maritime silk road

Gong Xiaoxing^{1,2}, Lü Jing²

(1. Collaborative Innovation Center for Transport Studies, Dalian Maritime University, Dalian 116026, China;

2. Transportation Management College, Dalian Maritime University, Dalian, 116026, China)

Abstract: Undesirable inputs are introduced into the slacks-based measure(SBM) model. A slacks-based measure of undesirable factors based on windows is proposed to evaluate the safety efficiency of the key straits and canals along the maritime silk road during the period of 2010~2015, and the differences of the safety efficiencies and main factors affecting the efficiencies are analyzed. The results show that efficiency improves after the maritime silk road strategy is implemented, and the best efficiency is that of Strait of Malacca, yet the worst is that of Strait of Bab al Mandab. Traffic volume, marine incidents, and piracy are the main factors that influence safety efficiency.

Key words: maritime silk road; dynamic safety efficiency; undesirable inputs; time window analysis

1 引言

21 世纪海上丝绸之路战略构想是我国在 2013 年 10 月提出的, 并于 2015 年 3 月发布了《推动共建丝绸之路经济带和 21 世纪海上丝绸之路的愿景与行动》, 标志着该战略进入全面实施阶段. 海上丝绸之路战略实施的基本前提是要确保海上丝绸之路的安全与畅通^[1], 而海上丝绸之路安全性又主要取决于航路中海峡/运河等关键节点. 因而, 研究海上丝绸之路关键节点在多时间跨度上安全效率的动态变化过程, 分析海上丝绸之路战略实施对关键节点安全效率的影响, 并进一步探究安全效率产生动态变化的关键因素, 有利于保障海峡/运河安全及提升安全效率, 进而促进海上丝绸之路的建设与发展.

收稿日期: 2016-07-14; 修订日期: 2017-01-19.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71473023); 辽宁省教育厅科学研究一般资助项目(L2015058); 辽宁省高等教育内涵发展专项资金(协同创新中心)资助项目(20110116207).

现有关于多时间跨度海上丝绸之路关键节点安全效率的相关研究主要有两类. 一是海上丝绸之路关键节点安全影响因素的研究. 进入新世纪以来, 海盗和海上恐怖主义等非传统威胁成为影响海上安全的重要因素. 文献[2-4]研究马六甲海峡区域的海盗与恐怖主义, 提出应构建国际合作机制. 除此之外, 海峡自然状况等也是影响海峡/运河安全的重要因素. 文献[5,6]从海运安全政策制定角度, 分析影响海上运输及霍尔木兹海峡的风险因素. 文献[7]考虑船速等因素, 对新加坡海峡船舶碰撞风险进行了评估. 文献[8,9]研究霍尔木兹海峡和马六甲海峡的安全影响因素. 文献[10]提出海峡/运河的基本状况以及法律环境等均影响关键节点的安全性.

上述第一类研究考虑了影响海上丝绸之路关键海峡/运河安全的因素, 并对这些关键节点进行安全评价, 但未考虑海峡/运河安全效率的评价. 文献[11]考虑了投入与产出研究海峡/运河的安全保障效率, 但仅考虑海峡/运河的非期望产出, 忽略了期望产出对安全效率的影响.

二是安全效率评价模型的相关研究. 由于 DEA(数据包络分析)在探讨多投入多产出环境下的绩效评估问题中发挥着十分重要的作用^[12], 被广泛应用到安全效率评价研究中. 文献[13,14]运用 DEA 研究煤炭企业的安全效率. 文献[15]通过 DEA 研究公路运输的安全效率. 近年来, 国内外学者通过运用扩展DEA或者改进DEA 对企业安全效率进行评价. 文献[16,17]运用 Malmquist 指数 DEA 研究运输业安全效率. 文献[18]运用 DEA-RS 模型, 研究 27 个欧洲国家公路安全效率. 现有文献常见于研究煤炭企业和运输企业等的安全效率, 较少分析海上运输节点的安全效率. 文献[11]运用基于虚拟包络面和 TOPSIS 的 DEA 方法, 研究海上通道关键节点安全保障效率.

上述研究考虑了影响安全效率的期望投入和期望产出或者非期望产出, 忽略了非期望投入因素对安全效率的影响, 并且大都是对决策单元在某一时间上的静态评价, 忽略了多时间跨度安全效率的不同, 从而无法揭示海上丝绸之路关键节点安全效率的动态变化.

鉴于此, 在上述研究的基础上, 本文构建一个全面考虑期望投入, 非期望投入, 期望产出和非期望产出的海上丝绸之路关键节点安全效率评价体系, 基于时间窗的非期望要素松弛变量(SBM, slacks-based measure)模型, 研究海上丝绸之路上关键海峡/运河在多时间跨度上安全效率的动态变化过程, 分析海上丝绸之路战略实施对海峡/运河安全效率的影响, 并进一步探究影响安全效率产生动态变化的原因, 以期提升海峡/运河安全效率, 促进海上丝绸之路的建设.

2 动态安全效率评价方法

在海上丝绸之路关键节点安全投入与产出指标中, 同时存在期望投入, 非期望投入, 期望产出和非期望产出, 在进行效率评价时, 需全面考虑上述指标. 目前, 对非期望产出的处理, 有的文献将其视为投入要素^[19], 而这不符合非期望产出的属性, 并不能真实反映生产过程; 有的将非期望产出数据乘以 (-1) , 再加上一个足够大的数(M), 使其大于零, 转变为普通产出^[20], 这种基于加法转移法的转换会受到变量单位的影响, 在实际中存在一定的限制^[21]. 为解决上述问题, Tone^[22] 在 2003 年提出考虑非期望产出的松弛变量模型(SBM), 用以研究含有非期望产出的效率评价.

对于非期望投入, 现有海峡/运河安全效率评价的相关研究, 则忽略了非期望投入的影响. 事实上, 非期望投入作为一种“坏投入”(bad inputs), 其值越大安全性越差, 忽略该指标对安全效率的影响会导致海峡/运河安全效率评价出现偏差.

本文在文献[22]的基础上, 引入非期望投入指标, 并且考虑时间窗分析, 构建了一个适用于海上丝绸之路关键节点安全效率评价的基于时间窗的非期望要素松弛变量模型.

2.1 非期望要素的松弛变量模型

假设有 n 个决策单元(海峡/运河), 每个决策单元 DMU 有 m_1 个期望投入, m_2 个非期望投入, s_1 个期望产出和 s_2 个非期望产出. 记第 j 个决策单元 DMU 的第 i 个期望投入为 x_{gij} , $i = 1, 2, \dots, m_1$, 期望投入矩

阵 $\mathbf{X}_g \in \mathbf{R}^{m_1 \times n}$; 第 p 个非期望投入为 $x_{b_{pj}}, p = 1, 2, \dots, m_2$, 非期望投入矩阵 $\mathbf{X}_b \in \mathbf{R}^{m_2 \times n}$; 第 r 个期望产出为 $y_{grj}, r = 1, 2, \dots, s_1$, 期望产出矩阵 $\mathbf{Y}_g \in \mathbf{R}^{s_1 \times n}$; 第 q 个非期望产出为 $y_{b_{qj}}, q = 1, 2, \dots, s_2$, 非期望产出矩阵 $\mathbf{Y}_b \in \mathbf{R}^{s_2 \times n}$, 其中 $x_{g_{ij}} > 0, x_{b_{pj}} > 0, y_{grj} > 0, y_{b_{qj}} > 0$.

根据文献[22], 非期望产出是一种“坏产出”(bad outputs), 该产出越大效率越低, 将非期望产出项引入到松弛变量模型的分母中, 可以反映含有非期望产出的决策单元的真实效率. 类似的, 非期望投入是一种“坏投入”(bad inputs), 该投入越大越不好, 比如以邮局为例, 地址书写不规范信件量属于非期望投入^[23], 该量的增加会导致错误投递信件量增加. 按照文献[22]对非期望产出处理的思路, 本文在分子中引入非期望投入项, 以反映同时存在期望投入, 非期望投入, 期望产出和非期望产出的海峡/运河的真实安全效率. 因此, 基于非期望要素的松弛变量模型为

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Min } \rho_o = \frac{1 - \frac{1}{m_1 + m_2} \left(\sum_{i=1}^{m_1} \frac{s_{gi}^-}{x_{goi}} + \sum_{p=1}^{m_2} \frac{s_{bp}^-}{x_{bop}} \right)}{1 + \frac{1}{s_1 + s_2} \left(\sum_{r=1}^{s_1} \frac{s_{gr}}{y_{gor}} + \sum_{q=1}^{s_2} \frac{s_{bq}}{y_{boq}} \right)} \\ \text{s.t.} \\ \mathbf{x}_{go} = \mathbf{X}_g \boldsymbol{\lambda} + \mathbf{s}_g^- \\ \mathbf{y}_{go} = \mathbf{Y}_g \boldsymbol{\lambda} - \mathbf{s}_g \\ \mathbf{x}_{bo} = \mathbf{X}_b \boldsymbol{\lambda} - \mathbf{s}_b^- \\ \mathbf{y}_{bo} = \mathbf{Y}_b \boldsymbol{\lambda} + \mathbf{s}_b \\ \mathbf{s}_g^- \geq 0, \mathbf{s}_b^- \geq 0, \mathbf{s}_g \geq 0, \mathbf{s}_b \geq 0, \boldsymbol{\lambda} \geq 0, \end{array} \right. \quad (1)$$

其中 $\mathbf{s}_g^-, \mathbf{s}_b^-, \mathbf{s}_g, \mathbf{s}_b$ 分别为期望投入, 非期望投入, 期望产出和非期望产出的松弛变量, 是决策变量; $\boldsymbol{\lambda}$ 为非负权重向量, 也是决策变量; 模型中下标“o”为被评价的决策单元. 第1个约束条件表明期望投入的松弛变量小于等于期望投入, 即若决策单元为非有效时, 可通过减少过剩投入使决策单元变为有效, 而减少过剩投入的量不能超过投入本身; 第2个约束条件表明期望产出的松弛变量大于等于0, 即可通过增加非有效决策单元的产出量, 使之变为有效; 同理, 第3个约束条件表明非期望投入的松弛变量大于等于0, 第4个约束条件表明非期望产出的松弛变量小于等于非期望产出.

模型(1)是在全面考虑海上丝绸之路关键节点期望投入 $x_{g_{ij}}$, 非期望投入 $x_{b_{pj}}$, 期望产出 y_{grj} 和非期望产出 $y_{b_{qj}}$ 的情形下提出的安全效率 ρ , 是尽可能减少投入, 而最大可能增加期望产出和减少非期望产出的安全效率值, 模型允许各变量以不同的速率增长或减少, 且无需对投入或产出进行假设, 计算的是非径向和角度的效率. 模型(1)与文献[22]的区别在于, 考虑了非期望投入 $x_{b_{pj}}$ 对安全效率的影响, 构建了期望投入, 非期望投入, 期望产出与非期望产出的安全效率评价体系, 揭示了海峡/运河的真实安全效率, 改变了现有关于海峡/运河安全效率研究忽略期望产出和非期望投入的弊端.

对于所有的海峡/运河(决策单元)来说, 目标函数值(安全效率值)随着松弛变量的增加而减小. 令 $(\boldsymbol{\lambda}^*, \mathbf{s}_g^{-*}, \mathbf{s}_b^{-*}, \mathbf{s}_g^*, \mathbf{s}_b^*)$ 为模型的最优解, 若松弛变量 $\mathbf{s}_g^{-*}, \mathbf{s}_b^{-*}, \mathbf{s}_g^*$ 和 \mathbf{s}_b^* 均为0时, 效率值 $\rho = 1$, 表示决策单元处于安全效率的最佳前沿, 是有效率的; 若松弛变量 $\mathbf{s}_g^{-*}, \mathbf{s}_b^{-*}, \mathbf{s}_g^*$ 和 \mathbf{s}_b^* 不全为0时, 效率值 $\rho < 1$, 表明该决策单元是无效的, 则海峡/运河在减少投入, 增加期望产出或减少非期望产出方面仍有一定的潜力.

值得注意的是, 从模型(1)的目标函数式来看, 由于投入与产出变量均位于分母, 因而这些变量值均应大于0. 将这些大于0的数值代入模型(1)中, 可直接计算得到相应海峡/运河的安全效率值. 但实际中, 有时有的非期望产出指标值可能为0, 如2015年苏伊士运河未发生海盗袭船事件, 即海盗袭击数为0. 此时, 则不能直接将其代入模型中求解安全效率值, 需要进行处理. 当被评价决策单元的非期望产出为0时, 模型(1)中第4个约束条件变为 $\mathbf{y}_{bo} = \mathbf{Y}_b \boldsymbol{\lambda} + \mathbf{s}_b = 0$, 由于 $\mathbf{Y}_b \geq 0, \mathbf{s}_b \geq 0$, 可得 $\mathbf{s}_b = 0$, 故在目标函数中可不考虑(删

除)该决策单元的非期望产出。

2.2 非期望要素松弛变量时间窗分析

时间窗分析方法^[24]是指将不同时间点上的同一个决策单元看作不同的决策单元,采用类似移动平均的方法评价决策单元效率。对于海上丝绸之路上的海峡/运河而言,安全保障方式具有多样性,这些措施或战略发挥作用,提升海峡/运河安全效率是需要一个过程的。因而,研究安全效率的动态变化是十分必要的。通过时间窗分析,不仅可以比较不同海峡/运河在同一时间的安全效率,还可以比较同一海峡/运河在不同时间的安全效率^[25]。因此,本文运用非期望要素 SBM 时间窗分析,对海上丝绸之路上关键海峡/运河在 2010 年~2015 年的安全效率进行测度,通过横向比较不同海峡/运河在同一时间上的安全效率,以及纵向对比同一海峡/运河在不同时间上安全效率的动态变化,探究海峡/运河安全效率主要影响因素,以及海上丝绸之路战略实施对这些关键节点安全效率的影响。

令 n 为决策单元数, w 表示时间窗宽度,即一个窗口包含 w 个相邻的时间段,则每个 SBM 时间窗内有 $n \times w$ 个观测值。目前,关于时间窗宽度没有统一规定,但为了保证效率计算的时效性和稳定性,很多学者取 $w = 3$,即以三年为一个时间窗^[26,27]。不失一般性,本文也选择以三年为一个时间窗来研究海上丝绸之路关键海峡/运河的安全效率,第一个时间窗为 2010 年~2012 年,第二个为 2011 年~2013 年,以此类推,最后一个时间窗为 2013 年~2015 年,从而每个海峡/运河可有 4 个时间窗,每个时间窗内的决策单元数量为 18 个。

3 实证分析

3.1 指标与数据

本文以海上丝绸之路关键海峡/运河作为决策单元,根据海峡/运河运作特征,构建一个全面考虑期望投入,非期望投入,期望产出和非期望产出的海峡/运河安全效率评价指标体系。借助生产法思想,将海峡/运河看作生产者,年通行船舶数量是海峡/运河的期望产出,海盗袭船和船舶事故是海峡运河的非期望产出(坏产出),长度,宽度和深度是反映海峡/运河规模的指标,即投入指标,此外安全保障法律和机构量也是与海峡/运河安全相关的投入指标。投入指标中与海峡/运河安全性成正比关系的指标为期望投入,即期望投入越大安全性越好;与海峡/运河安全性成反比关系的指标为非期望投入,即非期望投入越大安全性越差。

1) 期望产出指标

船舶通行数: 海峡/运河通行的船舶数量越多,表明该节点的作用越显著,或收益越大,因而应作为期望产出。比如,马六甲海峡年船舶通行量约 8.1 万艘次,承担着全球近 1/3 的海运货物量和约 50% 石油运输量,其一直被视为海上重要战略要道。而苏伊士运河对通行的船舶收取通行费,通过的船舶越多收益则会越大。

2) 非期望产出指标

海盗袭船数和船舶事故数: 这两个指标是衡量海峡/运河安全性最为直观的指标。海上丝绸之路是海盗多发的海上通道,若某一关键节点海盗发生次数较多,则表明该区域安全性较低。同理,若船舶事故频发,也说明该区域安全状况存在问题。因而,本文选择这两个指标作为非期望产出。

3) 期望投入指标

宽度和深度: 作为两个水域之间的狭窄水上通道,海峡/运河的宽度越窄,船舶越容易发生事故;深度越浅,水域复杂,船舶航行面临的风险越大,并且吃水较浅,能通过的船舶吨位较小。比如苏伊士运河由于宽度和深度(吃水)的限制,导致诸如好望角型船舶这样的大型船舶无法通行。

安全保障机构数和安全保障法律数量: 海峡/运河相关的安全保障机构越多,安全保障的效率也会越显著^[11]。但仅依靠组织机构,没有规范的保障制度也不能很好保障海峡/运河的安全,因而,需要制定海峡/运河安全相关的法律,政策和公约等,这些制度越完善,安全效率也会相应的提高。

4) 非期望投入指标

长度: 海峡/运河是一个狭窄的海上通道, 当该通道长度越长时, 船舶通行时间越长, 发生危险的可能性就会越高, 安全性会较差, 即长度指标是与安全性成反比关系的, 因而属于非期望投入。

本文中海上丝绸之路关键节点包括马六甲海峡, 望加锡海峡, 巽他海峡, 苏伊士运河, 曼德海峡和霍尔木兹海峡, 其长度, 深度, 宽度, 保障机构数量和法律政策数量的数据, 通过查询现有文献, 以及各海峡/运河的相关资料获得; 马六甲海峡和苏伊士运河的船舶通行量通过管理当局网站查询获得, 其他海峡由于无船舶报告制度, 难以获得准确数据, 本文是通过 marinetraffic 网站船舶流量估算得到; 船舶事故数和海盗袭船数是通过国际海事组织(IMO)的全球海运信息系统(Global Integrated Shipping Information System, GISIS) 数据库获取。

表 1 海上丝绸之路关键节点安全投入与产出指标

指标类型		指标名称	单位
投入指标	期望投入指标	宽度	km
		深度	m
		法律政策数	个
	非期望投入指标	组织机构数	个
		长度	km
产出指标	期望产出指标	船舶通行数	万艘次
	非期望产出指标	船舶事故数	艘次
		海盗与武装力量袭船数	艘次

3.2 海峡/运河安全效率结果

通过 MATLAB R2015a 编程求解模型(1), 分别得到 6 个海峡/运河在 4 个时间窗内的安全效率值, 计算某海峡/运河在某时间段上的均值, 即为该节点在该时间段的效率值. 以霍尔木兹海峡为例, 4 个时间窗的效率值如表 2 所示, 计算各时间段的效率均值, 即得到霍尔木兹海峡在 2010 年~2015 年的安全效率值. 同理, 求解其他海峡/运河在 2010 年~2015 年间的安全效率, 结果列入表 3 中, 以反映各海峡/运河安全效率在不同时间的动态变化, 并计算各节点安全效率的历年均值, 结果列入表 3 最后一列, 以反映各节点安全效率的总体状况.

表 2 霍尔木兹海峡 2010 年~2015 年的安全效率

Table 2 Security efficiency of Strait of Hormuz from 2010 to 2015

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
窗口1	0.314	0.212	0.279	—	—	—
窗口2	—	0.220	0.278	0.270	—	—
窗口3	—	—	0.278	0.270	0.241	—
窗口4	—	—	—	0.294	0.265	1.000
均值	0.314	0.216	0.278	0.278	0.253	1.000

表 3 海上丝绸之路关键节点安全效率值

Table 3 Security efficiency of key nodes in maritime silk road

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	历年均值
马六甲海峡	1.000	0.867	1.000	1.000	1.000	1.000	0.978
巽它海峡	1.000	1.000	0.867	0.633	0.876	1.000	0.896
霍尔木兹海峡	0.314	0.216	0.278	0.278	0.253	1.000	0.390
苏伊士运河	1.000	0.876	1.000	0.752	1.000	1.000	0.938
曼德海峡	0.204	0.031	0.432	0.492	0.243	0.236	0.273
望加锡海峡	1.000	0.839	1.000	0.920	0.809	1.000	0.928

根据表 3 非期望要素 SBM 时间窗分析结果可知:

1) 海上丝绸之路战略实施后, 海峡/运河安全效率有所提高.《推动共建丝绸之路经济带和 21 世纪海上丝绸之路的愿景与行动》的发布, 标志着“一带一路”建设正式进入全面实施阶段, 因而, 本文将 2015 年视为

海上丝绸之路实施的开局之年。由表3可知,海上丝绸之路战略实施后,除曼德海峡外,其余关键节点安全效率均达到有效,且有半数节点安全效率较2014年有显著提升。

2) 从纵向来看,各海峡/运河的安全效率随时间呈动态变化。马六甲海峡除2011年外,其余年份均达到有效;巽他海峡只在2010年,2011年以及2015年安全效率是有效的;霍尔木兹海峡仅在2015年的安全效率是有效的;苏伊士运河除2011年和2013年外,其余年份安全效率是有效的;曼德海峡安全效率在2010年~2015年间均是无效的;望加锡海峡安全效率在2010年,2012年和2015年是有效的。

3) 从横向来看,马六甲海峡安全效率均值最高,其次为苏伊士运河,再次为望加锡海峡,曼德海峡安全效率最低。

3.3 海峡/运河安全效率结果分析

为进一步探究各海峡/运河安全效率变化原因,本部分通过剔除某一指标,计算原安全效率值相对于新安全效率值的变化程度,以反映该指标对决策单元的影响程度,或决策单元对该指标的利用情况^[28],计算结果列入表4中。

表4 海上丝绸之路关键节点安全效率影响因素
Table 4 Influence factors of security efficiency of key nodes in maritime silk road

海峡名称	删除长度	删除深度	删除宽度	删除法律	删除机构	删除通行量	删除海盗	删除事故
马六甲海峡	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.062	0.035	0.009
巽他海峡	-0.001	-0.004	0.044	1.277	0.000	0.340	0.385	0.185
霍尔木兹海峡	0.057	0.858	-0.056	0.077	-0.036	0.653	0.580	0.086
苏伊士运河	0.000	0.000	0.024	0.000	0.000	0.054	0.003	0.064
曼德海峡	-0.233	0.218	0.705	1.382	-0.046	3.607	1.84	5.959
望加锡海峡	0.071	0.000	0.000	0.000	0.000	0.059	0.055	0.009

根据表4,可以得到如下结果:

1) 海上丝绸之路战略实施后,海峡/运河安全效率的提高主要源于货运量增加和非期望产出减少。随着海上丝绸之路战略的实施,海运贸易量增加。2015年,我国企业对“一带一路”相关的49个国家直接投资额增长18.2%,在“一带一路”相关的60个国家新签对外承包工程合同额同比增长7.4%。此外,海上丝绸之路安全越来越受关注,很多国家采取护航等方式打击海盗,通过提高船舶安全管理水平降低船舶事故。

2) 马六甲海峡安全效率均值最高,主要源于期望产出(船舶通行量)最多。作为连接印度洋和大西洋的海上通道,马六甲海峡平均每天有200多艘船舶通过,承担着全球约1/3的海运量和50%石油运输量。由于船舶事故和海盗袭船事件频发,马六甲海峡是公认的安全性较差的海上通道之一。事实上,该海峡安全效率高,2010年~2015年年均船舶事故和海盗袭船事件发生概率极低,约1/15 000和1/7 700。2011年马六甲海峡安全效率低的主要原因是,船舶通行量少且非期望产出多。与2015年相比,船舶通行数量减少0.7万艘次,虽然海盗袭船数减少2艘次,但船舶事故数增加4艘次。

3) 苏伊士运河,望加锡海峡和巽他海峡安全效率较高,主要由于船舶通行量较多,非期望产出较少。苏伊士运河2011年和2013年均发生海盗和船舶事故,导致安全效率较低,但2011年船舶通行量较2013年多0.1万艘次,故2011年安全效率高于2013年。望加锡海峡是国际海盗活动猖獗的地区之一,2011年,2013年和2014年海盗袭船数较多,故这三年安全效率较低。巽他海峡是马六甲海峡的替代通道,安全事故较少,年均非期望产出总数(船舶事故数和海盗袭船数之和)不足2艘次,安全性较好,但对于航运企业来说,其经济性不及马六甲海峡,因而年船舶通行量相对较少,导致安全效率相对低些。

4) 霍尔木兹海峡和曼德海峡安全效率较低,海盗是主因。中东地区是重要的石油出口地^[29],霍尔木兹海峡是该地区石油外运的唯一海上通道,通行此海峡的大型油轮价值较高,成为索马里海盗关注的焦点。2010年~2015年年均海盗袭船数约5艘次,其中2015年较少,为2艘次,因而安全效率相对较高。受索马里海盗和基地恐怖势力活动的影响,曼德海峡时常发生海盗事故,2010年~2015年年均海盗袭船数达到24艘次。由于本文同时考虑海盗袭船成功和未遂情形,导致该数值较大,该海峡安全效率较低。实际上,该海峡通行船舶被海盗袭击成功的事件数较少,而马六甲海峡被海盗袭击且成功逃脱的船舶数量极少。

3.4 提升海峡/运河安全效率的对策建议

根据上述结果,提升海峡/运河安全效率要重点考虑影响安全效率的主要指标,即海盗和船舶事故,也不能忽视其他指标,如长度等.对于海峡来说,改善长度,宽度和深度较难,且不切实际.因此,本文从改善海盗,船舶事故,法律制度和组织机构角度,提出相应对策建议.

1) 构建海盗防范机制.首先,加强国际合作,派军舰进行护航和巡逻,并举行军事演习,加大打击海盗力度;其次,通过聘请安保人员驻船等方式,实行商船自卫安保;再次,针对突发事件的链式演变规律复杂等特征^[30],通过预警信息监测,应急资源及站点合理布局规划^[31]等,构建预警应急制度,能够进行事前,事中和事后风险分析^[32],给出相应处理措施,以提升关键海峡/运河的安全效率.

2) 加强船舶事故风险管理与控制.全球 80% 以上的船舶事故是由人为因素造成的,因而通过分析海上丝绸之路不同海峡/运河通航安全注意事项,加强船员安全培训与训练,建立完善的船舶日常安全管理制度,提升安全管理水平,以减少船舶事故.此外,通过物联网等技术构建船舶安全监督管理系统,保障船舶机械设备的良好运行,也可减少船舶事故.

3) 制定海峡/运河安全法规与制度.法规与制度具有稳定性和长效性,因而,针对各海峡/运河物理特征及风险因素,基于《联合国海洋法公约》等,从国家层面制定与国际公约接轨的海峡/运河安全运营规章政策,从企业层面制定海峡/运河安全通行制度,从而规范海峡/运河的安全管理.

4) 设立海峡/运河安全管理机构.海峡/运河安全保障事务涉及领域众多且涉及相关机构也很多,会出现多头管理和协调不够等问题,因此,需要设立专门的海峡安全管理机构,以确保安全保障事务的高效运行.

4 结束语

本文揭示了海上丝绸之路关键节点安全效率状况及动态变化规律,提出影响安全效率的主要因素,得到如下结论:一是时间窗分析表明,随着海上丝绸之路战略的实施,海峡/运河船舶通行量增加且安全性备受关注,安全效率有所提升;二是马六甲海峡安全效率最高,其次是苏伊士运河,而曼德海峡安全效率最低;三是海盗和船舶事故是影响各海峡/运河安全效率的重要原因;四是海峡/运河安全效率受期望产出(船舶通行量)影响也较大;五是长度,深度,宽度,法律制度和组织机构也会影响海峡/运河的安全效率.

参考文献:

- [1] 谢博,岳蓉.地缘政治视角下的 21 世纪海上丝绸之路通道安全.东南亚纵横, 2015(5): 3-7.
Xie B, Yue R. From the perspective of geopolitics on twenty-first century maritime silk road channel safety. Around Southeast Asia, 2015(5): 3-7. (in Chinese)
- [2] Sittnick T M. State responsibility and maritime terrorism in the Strait of Malacca: Persuading Indonesia and Malaysia to take additional steps to secure the strait. Pacific Rim Law and Policy Journal, 2005, 14(3): 743-769.
- [3] Raymond C Z. Piracy and armed robbery in the Malacca strait: A problem solved. Naval War College Review, 2009, 62(3): 31-42.
- [4] Ho J H. Enhancing safety, security, and environmental protection of the straits of Malacca and Singapore: The cooperative mechanism. Ocean Development and International Law, 2009, 40(2): 233-247.
- [5] King J. The security of merchant shipping. Marine Policy, 2005, 29(3): 235-245.
- [6] Pham J P. Iran's threat to the Strait of Hormuz: A realist assessment. American Foreign Policy Interests, 2010, 32(2): 64-74.
- [7] Qu X, Meng Q, Suyi L. Ship collision risk assessment for the Singapore Strait. Accident Analysis and Prevention, 2011, 43(6): 2030-2036.
- [8] Brito D, Jaffe A M. Reducing Vulnerability of the Strait of Hormuz: Getting Ready for a Nuclear-ready Iran. Carlisle: United States Army War College, 2005: 209-223.
- [9] 史春林,李秀英.霍尔木兹海峡安全对中国进口石油供应和运输影响.中国软科学, 2013(7): 1-15.
Shi C L, Li X Y. The impact of the security of the strait of hormuz on China's imported oil supply and shipping. China Soft Science, 2013(7): 1-15. (in Chinese)

- [10] 吕靖, 王爽. 我国海上运输关键节点安全评价研究. 交通运输系统工程与信息, 2015, 15(1): 30–36.
Lü J, Wang S. Safety evaluation of China's maritime transport key nodes. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2015, 15(1): 30–36. (in Chinese)
- [11] 吕靖, 高天航. 海上通道关键节点安全保障效率研究. 中国软科学, 2015(10): 1–8.
Lü J, Gao T H. Efficiency of safety control in key nodes of international sea lanes. China Soft Science, 2015(10): 1–8. (in Chinese)
- [12] 蓝以信, 王应明. 随机DEA机会约束效率与风险水平的关系研究. 系统工程学报, 2014, 29(3): 423–432.
Lan Y X, Wang Y M. Study of the relationship between the chance constrained stochastic DEA efficiency and the risk level. Journal of Systems Engineering, 2014, 29(3): 423–432. (in Chinese)
- [13] Lei T, Ding R J. Efficiency assessment of coal mine safety input by data envelopment analysis. Journal of China University of Mining and Technology, 2008, 18(1): 88–92.
- [14] Wang S M. Evaluation of safety input-output efficiency of coal mine based on DEA model. Procedia Engineering, 2011, 26: 2270–2277.
- [15] 宇仁德, 张洪宾, 李大龙. 基于DEA理论的交通评价模型. 系统工程理论与实践, 2007, 27(8): 159–166.
Yu R D, Zhang H B, Li D L. The evaluating model of road traffic safety based on data envelopment analysis. Systems Engineering: Theory and Practice, 2007, 27(8): 159–166. (in Chinese)
- [16] Cui Q, Li Y. The change trend and influencing factors of civil aviation safety efficiency: The case of Chinese airline companies. Safety Science, 2015, 75: 56–63.
- [17] Odeck J. Identifying traffic safety best practice: An application of DEA and Malmquist indices. Omega: The International Journal of Management Science, 2006, 34(1): 28–40.
- [18] Shen Y, Hermans E, Brijs T, et al. Road safety risk evaluation and target setting using data envelopment analysis and its extensions. Accident Analysis and Prevention, 2012, 48: 430–441.
- [19] Reinhar S, Lovell C A K, Thijssen G. Econometric estimation of technical and environmental efficiency: An application to dutch dairy farms. American Journal of Agricultural Economics, 1999, 81(1): 44–60.
- [20] Charnes A, Cooper W W, Golany B, et al. Foundation of data envelopment analysis for pareto-koopmans efficient empirical production functions. Journal of Econometrics, 1985, 30(1 / 2): 91–107.
- [21] 朱宁, 王兵, 于之倩. 基于DEA的银行绩效研究综述. 金融评论, 2015(2): 100–122.
Zhu N, Wang B, Yu Z Q. A survey of banking performance evaluation based on DEA. Chinese Review of Financial Studies, 2015(2): 100–122. (in Chinese)
- [22] Tone K. Dealing with undesirable outputs in DEA: A slacks-based measure (SBM) approach. GRIPS Research Report Series, 2003, 5: 1–16.
- [23] Liu W, Zhou Z, Ma C, et al. Two-stage DEA models with undesirable input-intermediate-outputs. Omega: The International Journal of Management Science, 2015, 56(1): 74–87.
- [24] Charnes A, Cooper W W. Preface to topics in data envelopment analysis. Annals of Operations Research, 1984, 2(1): 59–94.
- [25] Sueyoshi T, Goto M, Sugiyama M. DEA window analysis for environmental assessment in a dynamic time shift: Performance assessment of us coal-fired power plants. Energy Economics, 2013, 40(2): 845–857.
- [26] 赵宇哲, 周晶淼, 匡海波. 欧盟ETS下航空运输企业的能源效率评价研究: 基于时间窗的非径向DEA模型. 管理评论, 2013, 27(5): 38–47.
Zhao Y Z, Zhou J M, Kuang H B. Research on airlines enterprises energy efficiency evaluation under EU ETS: Based on a non-radial DEA windows model. Management Review, 2013, 27(5): 38–47. (in Chinese)
- [27] 杜慧滨, 王洋洋. 中国区域全要素二氧化碳排放绩效及收敛性分析. 系统工程学报, 2013, 28(2): 56–64.
Du H B, Wang Y Y. Total-factor CO₂ emission performance and the convergence hypothesis in China. Journal of Systems Engineering, 2013, 28(2): 56–64. (in Chinese)
- [28] 吴广谋, 盛昭瀚. 复合DEA方法及应用. 管理工程学报, 1993, 7(4): 216–220.
Wu G M, Sheng Z H. The method of composite DEA and its application. 1993, 7(4): 216–220. (in Chinese)
- [29] 杨玉英, 孙晓蕾, 吴登生, 等. 中国原油进口成本波动影响因素的识别与量化. 系统工程学报, 2014, 29(5): 672–679.
Yang Y Y, Sun X L, Wu D S, et al. Identification and quantification of the influence factors of China's crude oil-importing costs fluctuation. Journal of Systems Engineering, 2014, 29(5): 672–679. (in Chinese)
- [30] 曲毅, 仲秋雁, 马骁霏, 等. 基于情景的突发事件演变概率规则推理方法. 系统工程学报, 2014, 29(4): 571–578.
Qu Y, Zhong Q Y, Ma X F, et al. The event evolution scenario-based reasoning method via probability rules. Journal of Systems Engineering, 2014, 29(4): 571–578. (in Chinese)

- [31] 郑斌, 马祖军, 李双琳. 基于双层规划的震后初期应急物流系统优化. 系统工程学报, 2014, 29(1): 113–125.
Zheng B, Ma Z J, Li S L. Integrated optimization of emergency logistics systems for post-earthquake initial stage based on bi-level programming. Journal of Systems Engineering, 2014, 29(1): 113–125. (in Chinese)
- [32] 于海峰, 王延章, 卢小丽, 等. 基于知识元的突发事件风险熵预测模型研究. 系统工程学报, 2016, 31(1): 117–126.
Yu H F, Wang Y Z, Lu X L, et al. Emergency risk entropy forecasting model based on knowledge element. Journal of Systems Engineering, 2016, 31(1): 117–126. (in Chinese)

作者简介:

宫晓婷 (1983—), 女, 辽宁大连人, 博士, 讲师, 研究方向: 航运经济与管理, Email: gong_xiaoxing@dlmu.edu.cn;

吕靖 (1959—), 男, 黑龙江五常人, 硕士, 教授, 研究方向: 航运经济与管理, Email: lujing@dlmu.edu.cn.

(上接第 413 页)

当 $(p_o, p_H) \in V$ 时该供应链的优化问题为

$$\begin{cases} \text{Max}_{p_o} \pi_{\text{OTA}}^A = rp_o(1 - p_o/\theta^L) \\ \text{s.t.} \\ \text{Max}_{p_H} \pi_H^A = (1 - r)p_o(1 - p_o/\theta^L), \\ p_H > p_o + (1 - \theta^L), \quad p_o \leq \theta^L, \quad 1 - p_o/\theta^L \leq k. \end{cases} \quad (\text{A.6})$$

同理, 通过求解优化问题(A.5)与(A.6), 得到代理模式下酒店与 OTA 的最优定价以及利润为

$$\begin{aligned} 1) \text{ 当 } k \geq \frac{2r\theta^L + 3(1 - \theta^L)}{2r\theta^L + 4(1 - \theta^L)} \text{ 时, } p_H^* &= \frac{(4 - 2\theta^L + r\theta^L)(1 - \theta^L)}{4(2(1 - \theta^L) + r\theta^L)}, p_o^* = \frac{\theta^L(1 - \theta^L)}{2(2(1 - \theta^L) + r\theta^L)}, \pi_{\text{OTA}}^A = \frac{r\theta^L(1 - \theta^L)}{8(2(1 - \theta^L) + r\theta^L)}, \\ \pi_H^A &= \frac{(1 - \theta^L)(16 - 4(5 - 3r)\theta^L + (2 - r)^2\theta^{L^2})}{16(2(1 - \theta^L) + r\theta^L)^2}; \\ 2) \text{ 当 } \frac{r\theta^L + 1 - \theta^L}{r\theta^L + 2(1 - \theta^L)} \leq k < \frac{2r\theta^L + 3(1 - \theta^L)}{2r\theta^L + 4(1 - \theta^L)} \text{ 时, } p_H^* &= \frac{(4 - 2\theta^L + r\theta^L)(1 - \theta^L)}{4(2(1 - \theta^L) + r\theta^L)}, p_o^* = \frac{\theta^L(1 - \theta^L)}{2(2(1 - \theta^L) + r\theta^L)}, \\ \pi_{\text{OTA}}^A &= \frac{r\theta^L(1 - \theta^L)}{8(2(1 - \theta^L) + r\theta^L)}, \pi_H^A = \frac{r\theta^L(1 - k)(k(2(1 - \theta^L) + r\theta^L) - (1 - \theta^L + r\theta^L))}{2(1 - \theta^L)}; \\ 3) \text{ 当 } \frac{1}{2} \leq k < \frac{r\theta^L + 1 - \theta^L}{r\theta^L + 2(1 - \theta^L)} \text{ 时, } p_H^* &= 1, p_o^* = \frac{\theta^L}{2}, \pi_{\text{OTA}}^A = r\frac{\theta^L}{4}, \pi_H^A = (1 - r)\frac{\theta^L}{4}; \\ 4) \text{ 当 } k < \frac{1}{2} \text{ 时, } p_H^* &= 1, p_o^* = \theta^L(1 - k), \pi_{\text{OTA}}^A = r\theta^L k(1 - k), \pi_H^A = (1 - r)\theta^L k(1 - k). \end{aligned}$$

因此, 通过比较酒店在单渠道直销模式下, 以及与 OTA 分别通过批发和代理模式合作下的利润可以得到定理 4. 证毕.