

基于因子分析和SBM超效率模型的 港口上市公司经营效率评价

骆巧云, 寿建敏

(上海海事大学 水运经济研究所, 上海 201306)

摘要:根据我国16家港口上市公司2014年年报,采用因子分析和SBM超效率模型,对其经营的相对效率进行了评价,并与传统的DEA模型得出的结果进行对比。该评价体系主要分成两部分:①采用因子分析方法,首先利用SPSS19.0对变量进行检验,然后计算各变量的因子得分,并据此提取合适的投入产出因子;②将上述因子导入到SBM超效率模型中计算效率值,对所有决策单元进行排序。结果显示,该评价体系相比于一般的DEA模型,计算值准确性更高。

关键词:因子分析;SBM超效率模型;港口;上市公司;经营效率评价

中图分类号:F272.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2016)03-0092-06

近年来,上市公司经营环境发生了巨大的变化,对港口的规划、管理与发展提出了更高的要求。港口上市公司为维持自身发展,在日益激烈的竞争中取胜,则必须依赖自身赖以生存与发展的区域条件,不断地改进自身的管理、投资等各方面因素来提高效率,以应对不断变化的国际形势。因此公司经营效率高往往采用一定的评价体系进行分析,而评价体系的准确性与有效性则是关键步骤^[1-5]。

目前关于公司运营效率主流的评价方法为非参数数据包络分析法(DEA)^[2, 6-9]。贾波等^[10]依据DEA模型,对我国物流企业经营效率进行评价分析,对19家物流企业进行实证研究,分析目前我国物流企业的技术效率、规模效率、综合经营效率情况。王春芝等^[11]提出一种将因子分析与DEA相结合的方法,提取出公因子资产积累和业务投入作为输入指标,财务所得和业务量作为输出指标对港口行业上市公司经营数据作为指标值代入DEA模型进行计算,得出整体效率、纯技术效率和规模收益的评价结果。张小霞等^[12]选取我国12家国有控股和非国有控股商业银行为研究样本,引入超效率DEA模型,发现我国商业银行效率整体趋势向上,且国有控股商业银行与非国有控股商业银行还存在一定的差距。陈娜等^[13]运用因子分析和效率测

度模型,对我国20家主要上市软件公司的经营效率进行评价,发现部分公司处于规模无效率。然而,传统的DEA模型直接采用最初的各项投入和最终产出进行评价,而不考虑中间阶段和中间过程,无法清晰发现公司经营的投入转化为产出的内在机制^[14-15]。因此本文采用因子分析和SBM超效率数据包络分析模型相结合的方法评价体系进行分析,以期对相关研究人员提供可行性参考。

1 理论基础

1.1 因子分析法

在研究实际问题时往往希望尽可能多地收集相关变量,以期对问题有比较全面、完整的把握和认识,但在实际数据建模时,这些变量未必能真正地发挥预期的作用,而且变量间信息的高度重叠和高度相关会给统计方法的应用设置许多障碍。为此,我们探索一种有效的解决办法,既能大幅减少参与数据建模的变量个数,同时也不会造成信息的大量丢失。

因子分析提取投入、产出变量,克服一般DEA模型变量选择上的主观性,能够降低变量维数,实现用更少的独立变量反映更多信息的目的,较好地满足DEA模型的诸多约束条件,使得到的效率值能更真实地反映实际情况,其数学模型如下:

收稿日期:2015-11-02

基金项目:上海海事大学研究生学术新人培育项目(YXR2015064)。

作者简介:骆巧云(1990—),女,浙江台州人,上海海事大学科学研究院,硕士研究生,研究方向:港口航运产业规划及管理。

$$\begin{cases} \eta_1 = a_{11}F_1 + a_{12}F_2 + \dots + a_{1m}F_m + \epsilon_1 \\ \eta_2 = a_{21}F_1 + a_{22}F_2 + \dots + a_{2m}F_m + \epsilon_2 \\ \vdots \\ \eta_i = a_{i1}F_1 + a_{i2}F_2 + \dots + a_{im}F_m + \epsilon_i \end{cases} \quad (1)$$

式中: $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_i$ 为 n 维变量; $F_1, F_2, \dots, F_m$ 为 n 维变量, 表示公因子; $\epsilon_1, \epsilon_2, \dots, \epsilon_i$ 为 n 维变量, 表示独特因子; a_{ij} 为因数。由于公因子的累计方差贡献率越高, 能越多地反映原备选变量中所含的信息, 一般认为公因子的累计方差贡献率超过 80%, 就能反映原备选变量中所含的绝大多数信息, 可在后续分析中忽略独特因子。

1.2 SBM 超效率模型

一般的数据包络分析方法(DEA)以相对效率为基础, 运用线性规划模型研究具有多项投入和多项产出的若干决策单元(Decision Making Units, DMU)的相对有效性。在保持 DMU 的投入或产出不变的情况下, 借助数学规划, 将 DMU 投影到 DEA 前沿面, 通过比较各 DMU 偏离 DEA 前沿面的程度评价其相对有效性。一般 DEA 模型的数学模型如下:

$$\begin{cases} \min \omega - \epsilon(e^T s^- + e^T s^+) \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j + s^- = \omega x_0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j - s^+ = y_0 \\ \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \\ s^-, s^+ \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

式中: $\hat{e}^T = (1, 1, \dots, 1) \in E_m; e^T = (1, 1, \dots, 1) \in E_s; s^- = (s_1^-, s_2^-, \dots, s_m^-)T; s^+ = (s_1^+, s_2^+, \dots, s_s^+)T; x_k$ 为第 x_k 个 DMU 的 m 维投入变量; y_j 为第 j 个 DMU 的 s 维产出变量; x_0 和 y_0 为被评价的第 j_0 个 DMU 的投入变量和产出变量; s_i^- 和 $s_i^+ (i = 1, 2, \dots, s)$ 为松弛变量; ϵ 为非阿基米德无穷小量, 实际应用中取 $\epsilon = 10^{-6}$; ω 为 DEA 的效率值; λ_j 为因数。

由于一般 DEA 模型中存在的缺陷问题, Kaoru Tone 在 2001 年提出 SBM 模型^[16], 该模型在计算决策单元效率时把松弛变量因素考虑在内, 从而很好地解决了一般 DEA 模型的其中一个缺陷。然而 SBM 模型依然无法区分有效决策单元效率的大小, 为此, Kaoru Tone 在 SBM 基础上又提出了 SBM 超效率模型^[17], 该模型不仅考虑到了松弛变量的问题, 而且可以对有效决策单元的大小进行区分, 其数学模型如下:

$$\delta^* = \min \delta = \frac{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_i / x_{i0}}{\frac{1}{s} \sum_{r=1}^s y_r / y_{r0}} \quad (3)$$

$$\text{s. t.} \begin{cases} \bar{x} \geq \sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j x_j \\ \bar{y} \leq \sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j y_j \\ \sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j = 1 \\ \bar{x} \geq x_0, \bar{y} \leq y_0, \bar{y} \geq 0, \lambda \geq 0 \end{cases} \quad (4)$$

其中, δ^* 是效率值, m 和 s 分别是投入产出变量的个数, s_i^-, s_i^+ 分别是投入和产出的松弛变量。

2 实证分析

2.1 变量提取

COOPER 等^[18]给出投入和产出变量选择的一般要求: ①对所有的决策单元, 投入和产出值可以得到且为正数; ②投入和产出变量必须反映分析者和管理者的兴趣; ③不同投入和产出变量的单位可以不一致。根据上述 3 点原则, 在综合国内外研究成果的基础上, 本文选择 6 个备选投入变量(员工人数 I_1 、流动资产 I_2 、固定资产净额 I_3 、营业成本 I_4 、管理费用 I_5 和流通股股数 I_6)以及 3 个备选产出变量(营业收入 O_1 、营业利润 O_2 和税前利润 O_3)。同时选取我国 16 家港口上市公司为研究对象, 以各家公司 2014 年年报的数据为备选变量的原始数据, 见表 1。

2.1.1 初始数据

采用 SPSS19.0 对备选投入变量作因子分析。首先考察选取的原有变量之间是否存在一定的线性关系, 是否适合采用因子分析并提取因子。借助变量的相关系数矩阵、巴特利特球度检验和 KMO 检验方法进行分析。相关系数矩阵分析结果如表 2 所示。

从表中可以看到, 大部分的相关系数都较高, 各个投入变量呈较强的线性关系, 能够从中提取公共因子, 适合进行因子分析。巴特利特球度检验和 KMO 检验分析结果如表 3 所示。

从表中可以看到, 巴特利特球度检验统计量的观察值为 166.772, 相应的概率 P 值接近于 0, 则可以认为相关系数矩阵和单位矩阵有显著差异。同时, KMO 值为 0.774, 根据 Kaiser 给出的 KMO 度量标准可以知道原有变量适合进行因子分析。

用同样的方法对备选产出变量作检验分析, 相关系数矩阵中的相关系数都大于 0.7, 说明各产出变量的相关性较好; 另外, KMO 值为 0.709, 巴特利特球

体检验结果表明相关因数矩阵与单位矩阵有显著差异,适合作因子分析。

表 1 备选变量的原始数据

上市公司 名称	备选投入变量						备选产出变量		
	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅	I ₆	O ₁	O ₂	O ₃
深赤湾 A	1 744.0	755.3	3 319.8	983.9	155.8	644.4	1 804.8	671.9	672.5
盐田港	537.0	1 382.6	165.3	132.9	54.0	1 942.1	300.9	463.6	529.9
珠海港	1 259.0	1 115.1	1 767.2	1 820.3	118.5	772.1	2 139.0	31.6	37.3
北部湾港	2 466.0	1 239.9	6 145.5	3 095.7	217.4	142.1	4 237.7	700.8	708.0
厦门港务	3 731.0	2 438.9	830.8	7 124.8	159.8	531.0	7 502.3	182.4	432.2
南京港	705.0	76.1	365.2	97.7	37.5	245.9	150.3	15.9	24.1
日照港	5 394.0	2 611.7	9 899.6	3 762.3	144.1	3 075.7	5 083.6	849.5	850.6
上港集团	19 044.0	17 605.4	35 637.7	18 249.7	2 131.8	22 755.2	28 778.7	8 926.5	9 829.1
锦州港	1 482.0	1 619.9	7 996.1	1 608.2	127.5	1 561.8	2 127.0	195.5	308.0
重庆港九	2 254.0	1 554.5	3 537.6	1 493.9	155.9	342.1	1 895.3	139.0	184.9
营口港	4 454.0	3 409.0	11 818.1	2 693.1	218.5	3 292.7	3 910.5	681.2	681.4
天津港	7 867.0	10 308.7	13 705.1	22 152.2	1 418.6	1 674.8	25 528.3	1 992.6	2 060.5
唐山港	3 224.0	2 764.0	7 827.6	3 079.5	334.5	2 030.4	5 126.6	1 487.6	1 507.0
连云港	4 550.0	679.3	1 945.9	1 201.6	261.4	811.6	1 529.4	52.4	100.0
宁波港	11 698.0	7 749.3	19 518.6	9 262.8	1 089.8	12 800.0	13 415.2	3.4	3 678.6
大连港	6 820.0	5 878.7	14 766.4	6 567.6	582.5	4 426.0	7 942.5	459.7	795.9

注:投入变量:员工人数 I₁(人)、流动资产 I₂(百万元)、固定资产净额 I₃(百万元)、营业成本 I₄(百万元)、管理费用 I₅(百万元)和流通股股数 I₆(百万元);产出变量:营业收入 O₁(百万元)、营业利润 O₂(百万元)和税前利润 O₃(百万元)。

表 2 投入变量的相关系数矩阵

	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅	I ₆	
相关性	I ₁	1.000	0.944	0.945	0.785	0.933	0.932
	I ₂	0.944	1.000	0.933	0.895	0.980	0.869
	I ₃	0.945	0.933	1.000	0.732	0.898	0.919
	I ₄	0.785	0.895	0.732	1.000	0.909	0.591
	I ₅	0.933	0.980	0.898	0.909	1.000	0.840
	I ₆	0.932	0.869	0.919	0.591	0.840	1.000

表 3 KMO 和 Bartlett 的检验

取样足够度的 Kaiser-Meyer-Olkin 度量。		0.774
Bartlett 的 球形度检验	近似卡方	166.772
	df	15.000 0
	Sig.	0.000 0

2.1.2 因子分析

备选各产量经检验之后,将 6 个投入变量经因子分析,代入公式(1)计算后得到 2 个公因子,累计方差贡献率为 97.703%,如表 4 所示,可用新产生的 2 个公因子的值替代原备选投入变量进行后续计算。

表 4 解释的总方差

成份	初始特征值			提取平方和载入			旋转平方和载入		
	合计	方差的%	累积%	合计	方差的%	累积%	合计	方差的%	累积%
1	5.381	89.680	89.680	5.381	89.680	89.680	3.258	54.295	54.295
2	0.481	8.023	97.703	0.481	8.023	97.703	2.604	43.408	97.703
3	0.069	1.143	98.846						
4	0.041	0.690	99.536						
5	0.020	0.340	99.876						
6	0.007	0.124	100.000						

经方差最大正交旋转后,原有 6 个投入变量在该 2 个公因子的因子载荷见表 5, X_1 对 I_1 、 I_2 、 I_3 和 I_6 这四个备选投入变量的影响最大,由于这 4 个变量都与公司的资源规模有关,可命名为资源因子; X_2 对 I_4 和 I_5 影响最大,而这 2 个变量都与公司营运直接相关,可命名为运营因子。

表 5 投入变量的旋转成分矩阵

备选投入 产量	成份	
	X_1	X_2
I_1	0.816	0.550
I_2	0.689	0.717
I_3	0.843	0.490
I_4	0.321	0.945
I_5	0.644	0.751
I_6	0.943	0.303

用同样的方法对备选产出变量作因子分析,提取的 2 个公因子累计方差贡献率为 97.776%,可用新产生的 2 个公因子的值替代原备选产出变量进行后续计算。经方差最大正交旋转后,原有 3 个产出变量在该 2 个公因子的因子载荷见表 6。

表 6 产出变量的旋转成分矩阵

产出变量	成份	
	Y_1	Y_2
O_1	0.446	0.894
O_2	0.901	0.403
O_3	0.833	0.517

由表 6 可知, Y_1 对 O_2 和 O_3 这两个备选产出变量的影响最大,这 2 个变量与公司的盈利能力直接相关,可命名为利润因子; Y_2 主要反映 O_1 , 这个变量就是营业收入,与公司的业务规模息息相关,可命名为业务因子。

2.1.3 因子得分计算

在提取出运营因子和业务因子之后,采用回归法^[19-20]估计因子得分系数,并输出原投入变量和产出变量的因子得分,如表 7 所示。

由于本文的样本为 16 家公司,变量 x'_1 、 x'_2 、 y'_1 、 y'_2 中包括一些负值的元素,无法直接进行 SBM 超效率的计算,需要对所有元素进行统一处理,使所有的元素都大于 0。处理后的变量分别记为 x_1 、 x_2 、 y_1 和 y_2 。转化公式如下:

$$\begin{cases} a_{ij} = 0.1 + \frac{a'_{ij} - \min\{a'_{ij}\}}{\max\{a'_{ij}\} - \min\{a'_{ij}\}} \times 0.9 \\ b_{ij} = 0.1 + \frac{b'_{ij} - \min\{b'_{ij}\}}{\max\{b'_{ij}\} - \min\{b'_{ij}\}} \times 0.9 \end{cases} \quad (5)$$

式中: $a'_{ij} \in x'_i (i = 1, 2; j = 1, 2, \dots, 16)$; $b'_{ij} \in y'_i (i = 1, 2; j = 1, 2, \dots, 16)$; $a_{ij} \in x_i (i = 1, 2; j = 1, 2, \dots, 16)$; $b_{ij} \in y_i (i = 1, 2; j = 1, 2, \dots, 16)$ 。上述变换只对变量的值作数学处理,不影响变量的本质含义。处理后的投入变量与产出变量如表 8 所示。

表 7 因子得分

港口上市 公司	投入变量		产出变量	
	x'_1	x'_2	y'_1	y'_2
深赤湾 A	-0.363	-0.528	0.118	-0.735
盐田港	-0.341	-0.701	0.128	-0.929
珠海港	-0.513	-0.389	-0.345	-0.464
北部湾港	-0.443	-0.197	-0.079	-0.328
厦门港务	-0.885	0.441	-0.663	0.390
南京港	-0.512	-0.651	-0.176	-0.801
日照港	0.182	-0.433	-0.055	-0.232
上港集团	2.931	1.192	3.521	1.078
锦州港	-0.128	-0.572	-0.206	-0.529
重庆港九	-0.396	-0.400	-0.240	-0.545
营口港	0.318	-0.534	-0.065	-0.377
天津港	-1.354	3.275	-1.098	2.894
唐山港	-0.117	-0.249	0.378	-0.439
连云港	-0.254	-0.472	-0.266	-0.579
宁波港	1.520	0.059	-0.460	1.229
大连港	0.355	0.160	-0.493	0.367

表 8 处理后的投入与产出变量

港口上市 公司	投入变量		产出变量	
	x_1	x_2	y_1	y_2
深赤湾 A	0.308	0.139	0.337	0.146
盐田港	0.313	0.100	0.339	0.100
珠海港	0.277	0.171	0.247	0.209
北部湾港	0.291	0.214	0.299	0.242
厦门港务	0.198	0.359	0.185	0.410
南京港	0.277	0.111	0.280	0.130
日照港	0.423	0.161	0.303	0.264
上港集团	1.000	0.529	1.000	0.572
锦州港	0.357	0.129	0.274	0.194
重庆港九	0.301	0.168	0.267	0.190
营口港	0.451	0.138	0.301	0.230
天津港	0.100	1.000	0.100	1.000
唐山港	0.360	0.202	0.388	0.215
连云港	0.331	0.152	0.262	0.182
宁波港	0.704	0.272	0.224	0.608
大连港	0.459	0.295	0.218	0.405

2.2 模型计算

目前用于计算 DEA 主流软件见表 9,但并非所有软件都能进行超效率计算,由于 DEA Excel Solver

5.0 获取便利,因子本文采用该软件进行计算。变量提取结束之后,则需要将其投入模型进行计算,以得出各个上市公司最终的效率值。我们将港口上市公司的投入与产出变量(见表 8)输入到 SBM 超效率模型中,利用 DEA Excel Solver 5.0 进行计算,结果见表 10。

表 9 计算 DEA 主流软件

软件名	版本	作者	super-efficiency scores 超效率
DEA Solver pro	5.0f	SAITECH	√
Frontier Analyst	3.1.5	Banxia software	×
OnFront	2.02	EMQC	×
Warwick DEA	1	Warwick Univ.	√
DEA Excel Solver	5	Zhu Joe	√
DEAP	2.1	Collegli	×
EMS	1.3.0	Scheel	√
Pioneer	2	BarrMcLoud	√

由表 10 可知,天津港以较明显的优势排在第 1 位,而大连港暂居榜尾。一般 DEA 模型得到 9 个效率值同为 1 的港口上市公司,而 SBM 超效率模型实现对所有港口上市公司的充分排序。一般 DEA 计算结果中,我们无法比较前 9 位上市公司的内部效率值排名,而利用 SBM 模型计算相对效率值,结果则显而易见。

表 10 模型计算结果对照

港口上市公司	一般 DEA 模型		SBM 超效率模型	
	效率值	排名	效率值	排名
天津港	1	1	1.694 690 3	1
宁波港	1	1	1.156 483 9	2
盐田港	1	1	1.146 718 7	3
厦门港务	1	1	1.031 059 6	4
营口港	1	1	1.016 116 6	5
深赤湾 A	1	1	1.008 179 2	6
日照港	1	1	1.004 449	7
南京港	1	1	1.004 007 7	8
北部湾港	1	1	1.002 483 4	9
唐山港	0.995 243 5	10	0.993 247 6	10
锦州港	0.978 206 5	12	0.975 857	11
珠海港	0.979 338 1	11	0.975 059	12
上港集团	0.962 165 2	13	0.960 461 1	13
重庆港九	0.929 999 5	14	0.924 276 5	14
连云港	0.898 068 2	15	0.887 869 7	15
大连港	0.871 467 9	16	0.764 743 6	16

3 结论和分析

造成这种效率值计算结果差异性的主要原因是 SBM 超效率模型是一种相对有效的评价模型,得出的结果也是相对效率值而非绝对效率值;而一般 DEA 模型计算结果一般均为绝对效率值。本文为港口上市公司的经营效率评价提出一种新的定量比较方法,即先进行因子分析,再结合 SBM 超效率模型方法,该方法综合应用了国内外关于公司效率评价的研究成果^[2, 6-9],建立一套备用投入、产出变量体系,在对我国 16 家港口上市公司 2014 年的经营效率进行评价时,得到较为理想的结果,具有一定的理论和现实意义。由于因子分析涉及到参选因子的选择,而且两步法只能得出参评对象的相对效率排序,不能给出造成效率相对优劣的原因^[21-24],因此该方法体系适用范围仍待更多的验证。

参考文献

[1] 杨建勇. 现代港口发展的理论与实践研究[D]. 上海:上海海事大学,2005.

[2] 苏舒. 基于 DEA 的我国房地产上市公司绩效研究[D]. 重庆:重庆大学,2007.

[3] 周璇. 国内外典型港口发展环境的比较研究[D]. 武汉:武汉理工大学,2009.

[4] 竺媛媛. 基于 DEA 和 Malmquist 法的航运上市公司效率实证研究[D]. 大连:大连海事大学,2011.

[5] 王同帅. 我国绿色港口发展研究[D]. 大连:大连海事大学,2014.

[6] 陈飞跃. 基于 DEA 方法的寿险公司经营绩效研究[D]. 长沙:湖南大学,2008.

[7] 李芸. 基于 DEA 对我国寿险公司效率的实证研究[D]. 北京:首都经济贸易大学,2006.

[8] 莫再隆. 基于 DEA 模型的家电业上市公司绩效评价研究[D]. 长沙:湖南大学,2008.

[9] 吴炜伟. 基于 DEA 的房地产上市公司绩效评价模式研究[D]. 杭州:浙江大学,2008.

[10] 覃波. 基于 DEA 模型的我国物流企业经营效率评价研究[D]. 长沙:中南大学,2007.

[11] 王春芝,王凯,马庆国. 基于因子分析与 DEA 的港口行业上市公司经营效率评价[J]. 西安电子科技大学学报:社会科学版,2008,18(1):110-116.

[12] 张小霞. 基于超效率 DEA 模型的我国商业银行经营效率实证研究[D]. 济南:山东财经大学,2012.

[13] 陈娜,郭亚军. 基于因子分析和效率测度模型的我国上市公司经营效率评价[J]. 华中农业大学学报:社会科学版,2013,6(5):146-150.

[14] 魏科龄. 数据包络分析(DEA)[J]. 科学通报,2000,45(17):1793-1808.

(下转第 100 页)

情报科学,2013(12):84—89,94.

[4] 刘岚,王霞. B2C 电子商务模式下网上商城用户体验分析[J]. 商业时代,2013(3):57—59.

[5] 田玲,马丽仪. 基于用户体验的网站信息服务水平综合评价研究[J]. 生态经济, 2013(10):160—162.

[6] 刘岚,王霞. B2C 电子商务模式下网上商城用户体验分析[J]. 2013(1):57—59.

[7] 王明明,赵国伟. B2C 移动电子商务服务质量评价体系研究[J]. 科技管理研究,2015(3):142—145.

[8] 姚远. 基于 AHP 的电子商务评价系统研究[J]. 科技进步与对策,2009(10):129—133.

[9] 杨坚争,丁宇. 第三方 B2B 电子商务交易平台客户满意度评估研究[J]. 预测,2010(4):69—74.

[10] 王怀林,陈明志,于承新. 基于层次分析法的 C2C 电子商务网站顾客感知价值评价[J]. 科学决策,2010(11):70—76.

[11] 侯振兴. 基于层次分析法的中小企业网站优化评价研究[J]. 现代情报,2012(9):117—120.

The Construction of the Platform Website Evaluation
Model Based on User Experience

XIE Ren-qiang

(Department of Information Technology,Fuzhou College of Foreign Studies and Trade,Fuzhou 350202,China)

Abstract: On the basis of analyzing the actual website and the existing research literature, this paper constructs the evaluation index system of the platform website, and uses the analytic hierarchy process to calculate the weights of the index and establishes a linear evaluation model. The research results are helpful to the evaluation and construction of the platform website.

Key words: user experience; platform website; index system; analytic hierarchy process

(上接第 96 页)

[15] 李美娟,陈国宏. 数据包络分析法(DEA)的研究与应用[J]. 中国工程科学,2003,5(6):88—94.

[16] TONE K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis[J]. European Journal of Operational Research,2001(3):498—509.

[17] TONE K. A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis[J]. European Journal of Operational Research,2002(1):32—41.

[18] COOPER W W,SEIFORD L M,TONE K. Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software [M]. Texas: Springer Science & Business Media,2007:50—72.

[19] 王耿,李网宝. 寿命分布检验和参数估计的线性回归法及微机实现[J]. 上海机械学院学报,1988,10(4):97—103.

[20] 安景文. 半参数回归法预测短期焦炭价格[D]. 北京:中国矿业大学,2010.

[21] 潘恒健. 主因子分析法在小清河(济南段)水质评价中的研究与应用[D]. 济南:山东师范大学,2005.

[22] 周晓宏,郭文静. 探索性因子分析与验证性因子分析异同比较[J]. 科技和产业,2008,8(9):69—71.

[23] 林海明. 因子分析模型的改进与应用[J]. 数理统计与管理, 2009,28(6):998—1012.

[24] 范会勇. 因子分析的元分析技术及其应用[J]. 心理科学进展,2011,19(2):274—283.

Operating Efficiency Evaluation of Listed Port Companies Based on
Factor Analysis and SBM Super Efficiency Model

LUO Qiao-yun, SHOU Jian-min

(Research Institute for Science of Water Transport Economy,Shanghai Maritime University,Shanghai 201306,China)

Abstract: According to China’s 16 listed port companies’ management annuals in 2014,this thesis adopted both factor analysis and SBM Super Efficiency ModelAnalysis, evaluating these companies’ operating efficiency. The relative efficiency was studied by a general DEA model. Firstly, proper input and output variables were obtained from factor analysis. Obtained input and output variables were then substituted into SBM Super Efficiency Model to calculate the efficiency,and the full ranking of all the Decision Making Units (DMU) was realized. It turned out that compared with a general DEA model, this method owned higher accuracy.

Key words: factor analysis; SBM super efficiency model;port;listed company;operating efficiency evaluation