

# 面向生产过程的物流业两阶段效率评价模型

张浩, 尤建新

(同济大学 经济与管理学院, 上海 200092)

**摘要:** 针对物流业效率评估存在的“黑箱”问题, 将物流业的生产运作过程分为投资转化和社会服务两个阶段。在考虑非期望产出的情况下, 提出了一种两阶段网络结构的物流业效率评估模型。最后, 将该模型应用于中国省域物流业效率分析, 论证了模型的合理性, 为物流业效率的提高提供了相关政策建议。

**关键词:** 物流业; 效率评估; 数据包络分析; 两阶段网络模型; 非期望产出

中图分类号: F223

文献标志码: A

## A Two-stage Efficiency Evaluation Model for Logistics Industry in Terms of Producing Process

ZHANG Hao, YOU Jianxin

(School of Economics and Management, Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** To solve the "black box" issue in the efficiency evaluation of the logistics industry, the production process of the logistics industry was divided into investment transformation stage and society service stage. An efficiency evaluation model of a two-stage network structure for the logistics industry was proposed with the consideration of undesired output. To prove the rationality and effectiveness, the proposed model was applied to China's regional logistics industries. Some policy suggestions were provided for improving efficiency for the logistics industry.

**Key words:** logistics industry; efficiency evaluation; data envelopment analysis; two-stage network model; undesired output

近年来, 物流业效率问题受到广泛关注。现有研究大多采用数据包络分析(DEA)方法评估物流业

效率, 例如贺竹馨和孙林岩<sup>[1]</sup>, 王维国和马越越<sup>[2]</sup>, 李娟和王琴梅<sup>[3]</sup>, Markovits-Somogyi 和 Bokor<sup>[4]</sup>以及Chen<sup>[5]</sup>等。研究大多将物流业视为一个“黑箱”, 忽视了其生产过程具有阶段性的特点, 这种处理方式可能会导致评价结果失准。贾向南和李梦<sup>[6]</sup>, 高嘉琦<sup>[7]</sup>尝试打开“黑箱”, 对物流业效率进行两阶段研究, 将物流生产过程划分为服务过程和获利过程两阶段。上述研究拓展了以往的“黑箱”研究, 但仍存在一些不足。

首先, 将获利过程作为子阶段来评估物流业效率不是很合理。田源<sup>[8]</sup>认为, 提高物流效率的关键在于如何以最小的物流资源投入, 在负面产出最小的情况下, 取得最大的物流效果。如果采用不同运输方式(如公路和铁路)运输等量货物, 实际的物流效果相同, 但行业增加值可能相差很大, 这样计算得到的获利阶段效率就会大不相同, 从而影响整体效率的评估。

其次, 未考虑物流资源的转化过程。对物流业而言, 首先是国家和企业投入人力和财力, 将所投入的资源转化为物流能力(即投资转化阶段); 然后面向社会提供物流服务(即社会服务阶段), 最终获得收益的过程(即获利阶段)。事实上, 国家希望物流业高效运作主要是指投资转化和社会服务阶段的高效, 而非获利阶段的高效。获利阶段的高效往往意味着社会承担较高的物流费用, 最终会影响社会的整体发展。因此, 通过分解物流业生产运作的黑箱过程, 探索物流生产细分子阶段的效率, 可以拓展当前物流业效率的研究内容。为此, 本文将物流业生产过程分为投资转化阶段和社会服务阶段。相应地, 物流业整体效率可分解为阶段效率, 细分的阶段效率能够为整体效率分析提供参考, 从而为中国物流业发展提供更多有价值的管理启示。

收稿日期: 2020-08-04

基金项目: 国家自然科学基金(71671125)

第一作者: 张浩(1990—), 男, 博士生, 主要研究方向为管理理论与工业工程。E-mail: zhao1248@sina.com



论文  
拓展  
介绍

# 1 方法

## 1.1 物流两阶段划分与投入产出指标

为描述中国物流业生产运作过程,假设存在  $n$  个物流系统,即各个省份物流业,记作决策单元(DMU),  $DMU_j, j=1, 2, \dots, n$ 。在两阶段网络DEA模型中,物流业由两个子系统构成,如图1所示。

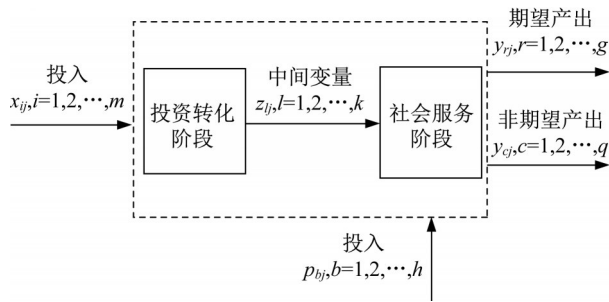


图1 物流业两阶段网络结构

Fig. 1 Two-stage network structure of the logistics industry

参考贺竹馨和孙林岩<sup>[1]</sup>、Chen<sup>[5]</sup>、马越越<sup>[9]</sup>、Li等<sup>[10]</sup>的指标体系,选择常用且具有代表性的投入产出指标刻画物流业的生产过程。与马越越<sup>[9]</sup>的研究类似,本文采用交通运输、仓储和邮政业代表物流业进行实证分析。因此,投入产出中包含了客运指标。在投资转化阶段,物流业通过投入劳动力和固定资产,获得综合路网里程、货物运输能力和旅客运输能力。在社会服务阶段,物流业依托上一阶段的产出,再加入能源投入,面向社会提供物流服务,产生综合周转量与CO<sub>2</sub>排放。其中,综合周转量为期望产出,越多越好;CO<sub>2</sub>排放为非期望产出,越少越好。物流业投资转化与社会服务分离的思想是首次提出,细化了物流产业活动的主要过程。

## 1.2 不考虑生产过程的物流业效率评价模型

当不考虑生产过程时,物流业被视为一个整体。作为非径向的DEA模型,基于松弛变量测度(SBM)模型通过识别生产过程中的投入过量和产出不足以获得最大的松弛变量,能够有效识别DMU中的无效资源<sup>[11]</sup>。因此该模型在效率评估中被广泛应用。本文构建基于SBM的传统物流业效率评价模型如下:

$$\rho_0 = \min \frac{1 - \frac{1}{m} \left( \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{i0}} \right)}{1 + \frac{1}{g+q} \left( \sum_{r=1}^g \frac{s_r^+}{y_{r0}} + \sum_{c=1}^q \frac{s_c^-}{y_{c0}} \right)}$$

$$\begin{aligned} \text{s.t. } & \sum_{j=1}^n \eta_j x_{ij} + s_i^- = x_{i0}, \forall i, \\ & \sum_{j=1}^n \eta_j y_{rj} - s_r^+ = y_{r0}, \forall r, \\ & \sum_{j=1}^n \eta_j y_{cj} + s_c^- = y_{c0}, \forall c, \\ & \sum_{j=1}^n \eta_j = 1, \\ & \eta_j \geq 0, \forall j, \\ & s_i^-, s_r^+, s_c^- \geq 0, \forall i, r, c \end{aligned} \quad (1)$$

式中:  $\rho_0$  表示物流业效率,  $x_{ij}, y_{rj}, y_{cj}$  分别表示物流业的投入,期望产出和非期望产出,  $s_i^-, s_r^+$  和  $s_c^-$  分别表示投入,期望产出和非期望产出的松弛变量;  $i, r, c$  分别表示投入,期望产出和非期望产出指标的个数;下标0表示被评估的DMU,  $\eta_j$  表示各DMU参与生产前沿面构建的程度变量。模型(1)是一个非线性模型,根据Tone<sup>[11]</sup>所提出的方式,可以将其转变为线性模型如下:

$$\begin{aligned} \rho_0 &= \min \left( t - \frac{1}{m} \left( \sum_{i=1}^m \frac{\hat{s}_i^-}{x_{i0}} \right) \right) \\ \text{s.t. } & t + \frac{1}{g+q} \left( \sum_{r=1}^g \frac{\hat{s}_r^+}{y_{r0}} + \sum_{c=1}^q \frac{\hat{s}_c^-}{y_{c0}} \right) = 1 \\ & \sum_{j=1}^n \hat{\eta}_j x_{ij} + \hat{s}_i^- = t x_{i0}, \forall i, \\ & \sum_{j=1}^n \hat{\eta}_j y_{rj} - \hat{s}_r^+ = t y_{r0}, \forall r, \\ & \sum_{j=1}^n \hat{\eta}_j y_{cj} + \hat{s}_c^- = t y_{c0}, \forall c, \\ & \sum_{j=1}^n \hat{\eta}_j = 1, \\ & \hat{\eta}_j \geq 0, \forall j, \\ & \hat{s}_i^-, \hat{s}_r^+, \hat{s}_c^- \geq 0, \forall i, r, c \end{aligned} \quad (2)$$

在模型(2)中,上述变量经过了以下变换:  $\hat{\eta}_j = t \eta_j, \hat{s}_i^- = t s_i^-, \hat{s}_r^+ = t s_r^+, \hat{s}_c^- = t s_c^-$ 。  $\rho_0^*$  的取值范围为  $(0, 1]$ 。当  $\rho_0^* = 1$ , 且所有的松弛变量均为0时,则称该DMU的物流业效率为DEA有效,反之则为DEA无效(或非DEA有效)。

## 1.3 两阶段物流业效率评价模型

为解决评价中的“黑箱”问题,本文构建两阶段物流业效率评价模型。Tone和Tsutsui<sup>[12]</sup>提出了网络SBM模型。Li等<sup>[13]</sup>建立了一种两阶段网络SBM模型对工业系统的环境效率进行动态评价。参考上述研究,本文构建了两阶段物流业效率评估模型,即

$$\begin{aligned} \theta_0 = & \frac{\omega_1(1 - \frac{1}{m}(\sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{i0}})) + \omega_2(1 - \frac{1}{h}(\sum_{b=1}^h \frac{s_b^-}{p_{b0}}) - \frac{1}{k}(\sum_{l=1}^k \frac{s_l^+}{z_{l0}}) - \frac{1}{q}(\sum_{c=1}^q \frac{s_c^-}{y_{c0}}))}{\omega_1(1 + \frac{1}{k}(\sum_{l=1}^k \frac{s_l^+}{z_{l0}})) + \omega_2(1 + \frac{1}{g}(\sum_{r=1}^g \frac{s_r^+}{y_{r0}}))} \\ \text{min} & \\ \text{s.t.} & \sum_{j=1}^n \gamma_j x_{ij} + s_i^- = x_{i0}, \forall i \\ & \sum_{j=1}^n \gamma_j z_{lj} - s_l^+ = z_{l0}, \forall l \\ & \sum_{j=1}^n \gamma_j z_{lj} = \sum_{j=1}^n \lambda_j z_{lj}, \forall l \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j z_{lj} + s_l^+ = z_{l0}, \forall l \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j p_{bj} + s_b^- = p_{b0}, \forall b \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{r0}, \forall r \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{cj} + s_c^- = y_{c0}, \forall c \\ & \gamma_j, \lambda_j \geq 0, \forall j \\ & s_i^-, s_l^+, s_b^-, s_r^+, s_c^- \geq 0, \forall i, l, b, r, c \end{aligned} \quad (3)$$

式中:  $\theta_0$ 表示物流业效率;  $s_i^-, s_l^+$ 分别表示投资转化阶段投入和产出的松弛变量。  $s_l^+, s_b^-, s_r^+, s_c^-$ 分别表示社会服务阶段内部投入、外部投入、期望产出和非期望产出的松弛变量。  $\gamma_j$ 与  $\lambda_j$ 分别为投资转化阶段和社会服务阶段各DMU参与生产前沿面构建的程度变量。  $p_{bj}$ 表示社会服务阶段的投入,  $z_{lj}$ 表示中间变量。中间变量是由物流业投资转化阶段产生并将其作为社会服务阶段的投入,因此采用等号约束构建各个中间变量的关联约束,即  $\sum_{j=1}^n \gamma_j z_{lj} = \sum_{j=1}^n \lambda_j z_{lj}$ 。  $\omega_1$ 和  $\omega_2$ 为两阶段目标的权重系数,将两阶段效率看作一个整体,其取值范围为(0, 1],因此两权重系数之和需满足约束条件:  $\omega_1 + \omega_2 = 1$ ,从而符合整体效率的取值要求。目标函数不仅考虑投入的过剩与产出的不足,而且考虑中间变量的过剩和不足。因此,目标函数是计算两阶段中由于投入过剩、期望产出不足和非期望产出过多而导致的所有效率无效。值得注意的是,在模型(3)的目标函数中,对于非期望产出过多的处理方式与投入过剩相同,这是因为二者具有相同的特点,即数量越少越好<sup>[14-16]</sup>。模型(3)是基于规模收益不变假设,通过增加约束条件(4),可以将其转化为规模收益可变模型。

$$\sum_{j=1}^n \gamma_j = 1, \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \quad (4)$$

模型(3)是一个非线性模型,为方便求解,可以

将其转换为线性形式。令

$$t = \frac{1}{\omega_1(1 + \frac{1}{k}(\sum_{l=1}^k \frac{s_l^+}{z_{l0}})) + \omega_2(1 + \frac{1}{g}(\sum_{r=1}^g \frac{s_r^+}{y_{r0}}))} \quad (5)$$

模型(3)可以转换为线性模型(6):

$$\begin{aligned} \theta_0 = & \min \omega_1(t - \frac{1}{m}(\sum_{i=1}^m \frac{\hat{s}_i^-}{x_{i0}})) + \omega_2(t - \frac{1}{h}(\sum_{b=1}^h \frac{\hat{s}_b^-}{p_{b0}}) - \frac{1}{k}(\sum_{l=1}^k \frac{\hat{s}_l^+}{z_{l0}}) - \frac{1}{q}(\sum_{c=1}^q \frac{\hat{s}_c^-}{y_{c0}})) \\ \text{s.t.} & \omega_1(t + \frac{1}{k}(\sum_{l=1}^k \frac{\hat{s}_l^+}{z_{l0}})) + \omega_2(t + \frac{1}{g}(\sum_{r=1}^g \frac{\hat{s}_r^+}{y_{r0}})) = 1 \\ & \sum_{j=1}^n \hat{\gamma}_j x_{ij} + \hat{s}_i^- = t x_{i0}, \forall i \\ & \sum_{j=1}^n \hat{\gamma}_j z_{lj} - \hat{s}_l^+ = t z_{l0}, \forall l \\ & \sum_{j=1}^n \hat{\gamma}_j z_{lj} = \sum_{j=1}^n \hat{\lambda}_j z_{lj}, \forall l \\ & \sum_{j=1}^n \hat{\lambda}_j z_{lj} + \hat{s}_l^+ = t z_{l0}, \forall l \\ & \sum_{j=1}^n \hat{\lambda}_j p_{bj} + \hat{s}_b^- = t p_{b0}, \forall b \\ & \sum_{j=1}^n \hat{\lambda}_j y_{rj} - \hat{s}_r^+ = t y_{r0}, \forall r \\ & \sum_{j=1}^n \hat{\lambda}_j y_{cj} + \hat{s}_c^- = t y_{c0}, \forall c \\ & \hat{\gamma}_j, \hat{\lambda}_j \geq 0, \forall j \\ & \hat{s}_i^-, \hat{s}_l^+, \hat{s}_b^-, \hat{s}_r^+, \hat{s}_c^- \geq 0, \forall i, l, b, r, c \end{aligned} \quad (6)$$

式中:  $\hat{\gamma}_j = t\gamma_j, \hat{\lambda}_j = t\lambda_j, \hat{s}_i^- = t s_i^-, \hat{s}_l^+ = t s_l^+, \hat{s}_l^+ = t s_l^+, \hat{s}_b^- = t s_b^-, \hat{s}_r^+ = t s_r^+, \hat{s}_c^- = t s_c^-$ 。通过求解模型(6),可以得到整体物流业效率  $\theta_0^*$ , 投资转化阶段效率  $\theta_1^*$  以及社会服务阶段效率  $\theta_2^*$  如下:

$$\begin{aligned} \theta_0^* = & \frac{\omega_1(1 - \frac{1}{m}(\sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{i0}})) + \omega_2(1 - \frac{1}{h}(\sum_{b=1}^h \frac{s_b^-}{p_{b0}}) - \frac{1}{k}(\sum_{l=1}^k \frac{s_l^+}{z_{l0}}) - \frac{1}{q}(\sum_{c=1}^q \frac{s_c^-}{y_{c0}}))}{\omega_1(1 + \frac{1}{k}(\sum_{l=1}^k \frac{s_l^+}{z_{l0}})) + \omega_2(1 + \frac{1}{g}(\sum_{r=1}^g \frac{s_r^+}{y_{r0}}))} \\ \theta_1^* = & \frac{1 - \frac{1}{m}(\sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{i0}})}{1 + \frac{1}{k}(\sum_{l=1}^k \frac{s_l^+}{z_{l0}})} \end{aligned} \quad (7)$$

$$\theta_1^* = \frac{1 - \frac{1}{m}(\sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{i0}})}{1 + \frac{1}{k}(\sum_{l=1}^k \frac{s_l^+}{z_{l0}})} \quad (8)$$

$$\theta_2^* = \frac{1 - \frac{1}{h} \left( \sum_{b=1}^h \frac{s_b^-}{p_{b0}} \right) - \frac{1}{k} \left( \sum_{l=1}^k \frac{s_l^+}{z_{l0}} \right) - \frac{1}{q} \left( \sum_{c=1}^q \frac{s_c^-}{y_{c0}} \right)}{1 + \frac{1}{g} \left( \sum_{r=1}^g \frac{s_r^+}{y_{r0}} \right)} \quad (9)$$

在模型(3)中,  $\theta_0^*$  的取值范围为  $(0, 1]$ 。若  $\theta_0^* = 1$ , 且所有的松弛变量均为 0, 则该 DMU 物流业效率被称为 DEA 有效; 反之则为 DEA 无效。类似地, 如果  $\theta_1^* = 1$  (或  $\theta_2^* = 1$ ), 则称 DMU 投资转换阶段效率 (或社会服务阶段) 有效。如果一个 DMU 的效率值大于其他 DMU, 则认为该 DMU 物流业的运作表现优于其他 DMU。此外, 关于整体效率与阶段效率的关系, 可以得到如下定理: 当且仅当所有子阶段效率

均有效时, 生产决策单元的整体效率有效。

## 2 模型应用

### 2.1 样本和数据来源

中国大陆地区共有 31 个省级区域, 可以分为东部、中部、西部三个区域, 见表 1。由于西藏的统计数据缺失, 本文将剩余 30 个省级区域作为样本。投入产出指标中, 劳动力、固定资产、综合路网里程、货物运输能力、旅客运输能力、综合周转量的原始数据均来自于《中国统计年鉴 2015—2018》; 能源消费量数据来源于《中国能源统计年鉴 2015—2018》。

表 1 中国省级区域分组

Tab. 1 Grouping of provincial regions in China

区域	省份
东部	北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、海南
中部	山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北、湖南
西部	内蒙古、广西、重庆、四川、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆

对于劳动力, 采用物流业从业人员数作为劳动力指标。对于固定资产, 采用“永续盘存法”估算 2014—2017 年中国各省物流业的固定资产存量<sup>[17]</sup>, 计算如下:

$$K_t = I_t / p_t + (1 - \delta) K_{t-1} \quad (10)$$

式中:  $K_t, K_{t-1}$  是评估对象在第  $t$  期和  $t-1$  期的固定资产存量。  $I_t$  是在第  $t$  期的固定资产投资,  $p_t$  为第  $t$  期的价格指数。  $\delta$  是折旧率, 参考 Liu 和 Lin<sup>[17]</sup> 以及胡李鹏等<sup>[18]</sup>, 将物流业年均折旧率设为 6.9%。采用各省物流业 2003 年的固定资产投资作为基期存量来估算其 2014—2017 年的固定资产存量。

对于综合路网里程, 采用铁路、公路、水路三种线路的加权总里程<sup>[19]</sup>。计算如下:

$$N = \alpha_{12} N_1 + N_2 + \alpha_{32} N_3 \quad (11)$$

式中:  $N, N_1, N_2, N_3$  分别为综合路网里程, 铁路、公路和水路里程。  $\alpha_{12}, \alpha_{32}$  表示铁路和水路里程权重。铁路里程权重为铁路里程的运输效率 (周转量与线路里程的比值) 与公路里程运输效率之比; 水路里程权重为水路里程运输效率与公路里程运输效率之比。

对于货物运输能力和旅客运输能力, 均采用铁路、公路、水路运输能力的总和。由于缺少铁路货物运输和旅客运输能力的省份数据, 根据各省货物周转量和旅客周转量的多少, 将铁路运输能力按比例分配到各省。对于能源投入, 将物流行业除去热力以外的所有能源消耗作为投入, 并按照《中国能源统计年鉴》中的标准煤折算系数折算成标准煤。综合

周转量包括货物周转量和旅客周转量, 是物流产出的综合衡量指标。由于货物周转量和旅客周转量无法直接比较, 因此需要将旅客周转量换算成货物周转量, 从而得到综合周转量<sup>[9, 17]</sup>。根据国家统计局发布的季度和区域 GDP 核算方案中的规定, 旅客周转量与货物周转量的转换系数分别为: 铁路 1:1; 公路 10:1; 水路 2:1。

关于物流业 CO<sub>2</sub> 排放, 目前尚无官方统计数据, 现有研究 (如马越越<sup>[9]</sup>、Liu 和 Lin<sup>[17]</sup>、Yang 等<sup>[20]</sup>) 均按照能源消耗量进行估算。遵循这一思路, 估算 CO<sub>2</sub> 排放量。首先, 估算物流业非电力能源消耗所产生的 CO<sub>2</sub> 排放  $A_{CO_2}$  如下:

$$A_{CO_2} = \sum_{\beta=1}^n E_{\beta} \times C_{\beta} \times F_{\beta} \times H_{\beta} \quad (12)$$

式中:  $E_{\beta}$  表示第  $\beta$  种能源消费量,  $\beta = 1, 2, \dots, n$ ;  $C_{\beta}$  是第  $\beta$  种能源的碳氧化率;  $F_{\beta}$  为第  $\beta$  种能源二氧化碳排放因子;  $H_{\beta}$  为第  $\beta$  种能源的热值。

其次, 估算物流业电力消耗所产生的 CO<sub>2</sub> 排放  $B_{CO_2}$ <sup>[21]</sup> 如下:

$$B_{CO_2} = D \times R_{\mu} \times T_{\mu} \quad (13)$$

式中:  $D$  表示物流业电力消费量,  $R_{\mu}$  表示第  $\mu$  个区域电网的二氧化碳基准线排放因子。  $T_{\mu}$  表示第  $\mu$  个区域电网的火力发电量比例。

最后, 再将二者汇总得到物流业 CO<sub>2</sub> 排放总量。相关数据来源于《中国能源统计年鉴》、IPCC《国家温室气体清单指南》(2006) 以及《中国电力年鉴》。



以 2014 年为例,投入产出的描述性统计见表 2。

表 2 描述性统计

Tab. 2 Descriptive statistics

阶段	投入/产出变量	最大值	最小值	平均值	标准差
投资转化阶段	劳动力/10 <sup>4</sup> 人	85.40	3.94	28.68	17.68
	固定资产/10 <sup>8</sup> 元	13 671.21	923.24	6 291.12	3 151.11
关联阶段	综合路网里程/10 <sup>4</sup> km	94.10	5.17	37.46	21.02
	货物运输能力/10 <sup>4</sup> t	4 762.82	100.32	1 316.42	1 294.16
	旅客运输能力/10 <sup>4</sup> 客位	196.36	10.43	90.72	48.35
社会服务阶段	能源/10 <sup>4</sup> tce	2 860.61	139.51	1 065.90	578.66
	综合周转量/10 <sup>8</sup> t•km	18 730.78	567.94	5 922.48	4 900.40
	CO <sub>2</sub> 排放/10 <sup>4</sup> t	6 153.28	319.63	2 406.07	1 268.09

2.2 物流业效率分析

采用构建的两阶段网络 SBM 模型对 2014—2017 年我国区域物流业效率进行了评估。模型(3)考虑了产业内部生产过程,而模型(1)则不考虑这一点。为验证模型的合理性,将上述两个模型的结果进行比较。应用模型(3)时,应当先确定子阶段的权重。将两个子阶段的权重均设定为 0.5,表示投资转

化和社会服务两阶段具有同等重要性。模型(1)和(3)的效率结果见表 3。

这里,以 2017 年的结果为例进行说明。模型(1)中,2017 年河北、上海、安徽、广东、青海和宁夏的物流业效率被认为 DEA 有效。而在模型(3)中,上海、广东、青海和宁夏被认为 DEA 有效。河北、安徽由于分别存在投资转化阶段和社会服务阶段的效率

表 3 物流业效率评价结果

Tab. 3 Evaluation results of the efficiency of the logistics industry

地区	2014				2015				2016				2017			
	$\rho_0$	$\theta_0$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\rho_0$	$\theta_0$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\rho_0$	$\theta_0$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\rho_0$	$\theta_0$	$\theta_1$	$\theta_2$
北京	0.109	0.105	0.157	0.458	0.113	0.108	0.177	0.453	0.119	0.115	0.174	0.499	0.116	0.116	0.172	0.488
天津	0.438	0.421	0.499	0.683	0.473	0.439	0.456	0.688	0.456	0.474	0.403	0.823	0.467	0.457	0.432	0.782
河北	1.000	0.790	0.579	1.000	1.000	0.792	0.584	1.000	1.000	0.817	0.635	1.000	1.000	0.877	0.753	1.000
山西	0.265	0.256	0.445	0.451	0.304	0.261	0.478	0.456	0.321	0.302	0.555	0.466	0.360	0.328	0.623	0.489
内蒙古	0.268	0.255	0.383	0.548	0.319	0.266	0.383	0.592	0.380	0.376	0.389	0.698	0.459	0.404	0.459	0.709
辽宁	0.404	0.395	0.370	0.937	0.547	0.420	0.549	0.734	0.597	0.499	0.609	0.790	0.559	0.480	0.666	0.709
吉林	0.259	0.247	0.388	0.509	0.259	0.241	0.414	0.473	0.276	0.276	0.482	0.459	0.300	0.293	0.417	0.559
黑龙江	0.179	0.166	0.435	0.326	0.184	0.166	0.462	0.315	0.190	0.181	0.480	0.333	0.206	0.200	0.514	0.339
上海	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
江苏	0.297	0.301	0.743	0.363	0.307	0.252	0.820	0.291	0.282	0.257	0.833	0.288	0.309	0.269	0.915	0.292
浙江	0.380	0.389	0.617	0.529	0.508	0.417	0.763	0.501	0.497	0.461	0.785	0.525	0.506	0.416	0.811	0.480
安徽	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.814	1.000	0.675
福建	0.289	0.291	0.384	0.552	0.389	0.336	0.466	0.560	0.419	0.400	0.518	0.607	0.448	0.389	0.539	0.597
江西	0.441	0.439	0.406	0.812	0.513	0.440	0.486	0.739	0.532	0.513	0.535	0.786	0.564	0.508	0.575	0.769
山东	0.239	0.242	0.441	0.437	0.311	0.258	0.503	0.432	0.315	0.291	0.537	0.449	0.313	0.269	0.553	0.434
河南	0.321	0.327	0.507	0.517	0.372	0.313	0.574	0.464	0.388	0.368	0.643	0.483	0.396	0.355	0.683	0.464
湖北	0.242	0.237	0.502	0.395	0.308	0.256	0.510	0.429	0.285	0.257	0.514	0.439	0.290	0.250	0.533	0.427
湖南	0.254	0.243	0.451	0.450	0.289	0.237	0.498	0.430	0.296	0.266	0.567	0.425	0.305	0.260	0.591	0.418
广东	0.309	0.314	0.502	0.473	0.367	0.331	0.544	0.488	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
广西	0.316	0.308	0.471	0.517	0.388	0.332	0.575	0.490	0.399	0.379	0.732	0.454	0.421	0.362	0.744	0.449
海南	0.766	0.732	0.940	0.773	0.660	0.637	0.930	0.662	0.649	0.663	0.971	0.648	0.606	0.583	0.886	0.617
重庆	0.232	0.228	0.422	0.379	0.253	0.227	0.471	0.376	0.266	0.262	0.497	0.414	0.284	0.266	0.520	0.416
四川	0.138	0.140	0.261	0.314	0.155	0.148	0.277	0.327	0.135	0.136	0.321	0.294	0.142	0.134	0.372	0.267
贵州	0.263	0.249	0.471	0.454	0.261	0.239	0.471	0.442	0.257	0.247	0.512	0.421	0.295	0.283	0.472	0.489
云南	0.162	0.152	0.342	0.376	0.181	0.166	0.445	0.320	0.182	0.177	0.483	0.310	0.194	0.184	0.468	0.326
陕西	0.272	0.272	0.343	0.555	0.314	0.281	0.369	0.550	0.323	0.323	0.394	0.587	0.336	0.313	0.409	0.577
甘肃	0.460	0.419	0.671	0.572	0.499	0.435	0.710	0.557	0.484	0.478	0.745	0.560	0.524	0.492	0.723	0.599
青海	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
宁夏	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
新疆	0.257	0.236	0.608	0.356	0.259	0.222	0.596	0.363	0.267	0.244	0.666	0.362	0.273	0.249	0.629	0.387
平均值	0.419	0.405	0.545	0.591	0.451	0.407	0.584	0.571	0.477	0.459	0.633	0.604	0.489	0.452	0.649	0.592

无效(子阶段效率分别为0.753, 1.000; 1.000, 0.675),被认为是DEA无效。这表明两阶段SBM模型能够识别出更多的效率无效,这些无效源自物流业生产过程子阶段的效率无效,这是传统DEA模型整体评价所无法实现的。一个区域的物流业效率无效可能是由投资转化阶段(或社会服务阶段)的效率无效所导致的,也可能二者皆有。例如,山西在两模型中均被认为DEA无效(效率值分别为0.360和0.328),而在模型(3)中,可以发现其投资转化阶段和社会服务阶段的效率均无效(0.623和0.489),而社会服务阶段效率更应该得到提高。

比较模型(1)和模型(3)的效率结果可以发现,模型(1)的效率值普遍大于模型(3)。以2017年为例,模型(1)的效率平均值高于模型(3)(0.489 vs 0.452)。这是因为两阶段网络SBM模型中将物流业效率细分为投资转化与社会服务的子阶段效率,由于检测出子阶段的低效率,使得两阶段SBM的效率降低。这说明在识别效率无效时,模型(3)的表现要优于模型(1)。此外,观察子阶段效率与整体效率的关系可以发现,当子阶段效率均为1.000时,物流业整体效率也必然为1.000,如上海、广东、青海和宁夏,该结论验证了前文的定理。上述研究结果表明,传统DEA模型将物流业作为一个“黑箱”进行整体评价,可能会使结果存在偏差。而两阶段模型将物流业生产过程划分为两个关联的子阶段,能够更好

地凸显DMU效率的无效性,同时可以得到有关子阶段的效率信息。

### 2.3 子阶段效率分析

表4列出了2014—2017年各省物流业效率及子阶段效率平均值。

总体而言,样本期内,全国物流业、投资转化阶段以及社会服务阶段的效率平均值分别为0.431、0.602和0.590。这表明我国物流业效率还处于较低水平,具有很大改进空间。物流投资转化阶段和社会服务阶段的效率均需要改善。

从物流业效率来看,样本期内上海、青海、宁夏的效率均达到了DEA有效。天津、河北、辽宁、安徽、江西、广东、海南和甘肃的效率平均值高于全国平均水平。其他19个省份的效率低于全国平均水平,这表明这些省份在改善物流业效率上具有很大潜力。

在投资转化阶段,样本期内上海、安徽、青海、宁夏的效率平均值均为1.000,被认为DEA有效,这说明这四个省份投资转化过程的表现最好。河北、江苏、浙江、广东、广西、海南、甘肃、新疆的效率平均值大于全国平均水平。这说明这些省份的物流业在投资转化阶段的效率较高。其余18个省份的效率平均值低于全国平均水平。特别是效率较低的北京、四川和陕西等省份,在物流投资转化方面还有很大改进空间。

表4 2014—2017年各省物流业效率及其阶段效率平均值

Tab. 4 Average efficiency and stage efficiency of logistics industry in provinces from 2014 to 2017

地区	$\theta_0$	$\theta_1$	$\theta_2$	地区	$\theta_0$	$\theta_1$	$\theta_2$
北京	0.111	0.170	0.474	湖南	0.252	0.527	0.431
天津	0.448	0.448	0.744	广东	0.661	0.761	0.740
河北	0.819	0.638	1.000	广西	0.345	0.631	0.477
山西	0.286	0.525	0.465	海南	0.654	0.932	0.675
内蒙古	0.325	0.403	0.637	重庆	0.246	0.477	0.396
辽宁	0.449	0.549	0.793	四川	0.140	0.308	0.300
吉林	0.264	0.425	0.500	贵州	0.255	0.482	0.451
黑龙江	0.178	0.473	0.328	云南	0.170	0.434	0.333
上海	1.000	1.000	1.000	陕西	0.297	0.379	0.567
江苏	0.270	0.828	0.309	甘肃	0.456	0.712	0.572
浙江	0.421	0.744	0.509	青海	1.000	1.000	1.000
安徽	0.954	1.000	0.919	宁夏	1.000	1.000	1.000
福建	0.354	0.477	0.579	新疆	0.238	0.625	0.367
江西	0.475	0.500	0.777	全国	0.431	0.602	0.590
山东	0.265	0.509	0.438	东部	0.496	0.641	0.660
河南	0.341	0.601	0.482	中部	0.375	0.571	0.541
湖北	0.250	0.515	0.422	西部	0.406	0.586	0.555

在社会服务阶段,样本期内河北、上海、宁夏和青海的效率平均值均为1.000,这说明上述省份在社会服务阶段表现最佳。天津、内蒙古、辽宁、安徽、江

西、广东和海南的效率平均值高于全国平均水平,而其他省份的效率平均值低于全国平均水平。特别是效率较低的黑龙江、江苏、四川、云南以及新疆等省

份,需要在物流业社会服务上采取措施以提高效率。

从区域来看,样本期内东部区域的物流业效率平均值(0.496)高于中部区域(0.375)和西部区域(0.406)。也就是说,在考虑投资转化和社会服务细分阶段绩效表现的情况下,东部区域物流业效率表现最好,其次是西部区域,而中部区域表现最差。这说明我国物流业效率存在显著的区域差异。这与马越越<sup>[9]</sup>关于中国区域物流业效率的结论一致。在投资转化阶段效率和社会服务阶段效率方面,样本期内同样是东部区域效率值最高(0.641,0.660),中部区域略低于西部区域(0.571 vs 0.586, 0.541 vs 0.555)。由此可见,东部区域在两个子阶段的表现均较好,这可能与东部区域整体经济发展水平较高有关,能够对物流领域投入较多资源,使得物流业能够采用先进的管理和技术手段提升行业效率。综上所述,本文所构建的两阶段网络SBM模型能够对物流业效率进行分解,有效评价物流生产运作细分阶段的效率。

### 3 结论

针对物流业生产运作过程中存在阶段性的特点,本文构建了两阶段网络SBM效率评价模型,细分了物流投资转化阶段效率与社会服务阶段效率。该模型能够有效凸显区域物流业效率的无效性,识别内部生产阶段的低效。随后基于2014—2017年中国省域物流业的数据进行实证分析,验证了模型的有效性。研究结果表明:上海、青海和宁夏的物流业效率以及细分阶段效率均为最优;大多数省份的物流业效率表现较差。物流业效率存在明显的区域差异,东部区域高于中部和西部区域。我国物流业效率低下的原因来源于投资转化低效和社会服务低效两个方面。

根据研究结果,提出了改善物流业效率的相关建议。首先,政府应当重视物流生产过程阶段效率的提高。一方面,政府应制定具体政策(如提供补贴、减免税收等),鼓励和引导物流业在投资转化阶段精打细算,使得资源投入尽可能多地转化为物流能力。另一方面,应鼓励行业企业建立国家级物流信息平台,充分发挥多式联运的作用,加大利用铁路和水路物流资源,减少能源消耗和CO<sub>2</sub>排放。其次,政府应当为物流区域合作创造便利条件。中西部区域的产业主管部门应向东部学习管理经验。政府可以定期组织跨区域物流企业间的业务交流,促进企

业相互交流学习,分享物流资源,形成高效物流网络,提高物流业效率。最后,地方政府应当根据自身阶段效率情况制定产业政策。例如,辽宁和江西应重点加强物流投资转化阶段效率;甘肃和新疆应重点提高物流社会服务阶段效率;而四川和云南则应努力提高两个阶段的效率。如果不能制定合适的产业政策,那么可能导致资源浪费,无法达到预期效果。

本文也存在一些局限性,未来需要进一步研究。首先,需要完善物流业的非期望产出指标。本文的非期望产出没有考虑污染物排放,如一氧化碳、二氧化硫、氮氧化物等。如果能将这些污染物作为非期望产出,将为物流业效率评价提供一个更广阔的环境视角。此外,实证分析数据的样本期较短,这可能导致区域物流业效率分析不够深入。更长时期的实证研究能得到更多有价值的信息。

#### 作者贡献说明:

张浩:构建了模型,处理了数据,计算和实证分析,写作和修改了论文。

尤建新:指导研究方向,对论文进行了修改。

#### 参考文献:

- [1] 贺竹馨,孙林岩.我国区域物流相对有效性分析[J].科研管理,2006,27(6):144.  
HE Zhuqing, SUN Linyan. Evaluation on the relative efficiency of regional logistics in China [J]. Science Research Management, 2006, 27(6): 144.
- [2] 王维国,马越越.中国区域物流产业效率——基于三阶段DEA模型的Malmquist-luenberger指数方法[J].系统工程,2012,30(3):66.  
WANG Weiguo, MA Yueyue. The efficiency of regional logistics industry in China—based on the three-stage DEA model using Malmquist-luenberger index [J]. Systems Engineering, 2012, 30(3): 66.
- [3] 李娟,王琴梅.我国西部地区物流业发展质量及其影响因素研究——基于物流业效率视角[J].北京工业大学学报(社会科学版),2020(2):10.  
LI Juan, WANG Qinmei. Research on logistics industry development quality and its constraints in western China—Based on the efficiency perspective of logistics industry [J]. Journal of Beijing University of Technology (Social Sciences Edition), 2020(2): 10.
- [4] MARKOVITS-SOMOGYI R, BOKOR Z. Assessing the logistics efficiency of European countries by using the DEA-PC methodology[J]. Transport, 2014, 29(2): 137.

- [5] CHEN J X. A new approach to overall performance evaluation based on multiple contexts: An application to the logistics of China [J]. *Computers & Industrial Engineering*, 2018, 122: 170.
- [6] 贾向南, 李梦. 基于两阶段DEA的副省级城市物流效率测度实证分析[J]. *物流工程与管理*, 2015, 37(3): 16.  
JIA Xiangnan, LI Meng. An empirical analysis of sub-provincial city logistics efficiency by two-stage DEA [J]. *Logistics Engineering and Management*, 2015, 37(3): 16.
- [7] 高嘉琦. 基于关联两阶段DEA的区域物流业效率研究[J]. *物流工程与管理*, 2020, 42(4): 32.  
GAO Jiaqi. Study on the efficiency of regional logistics industry based on two-stage relational DEA [J]. *Logistics Engineering and Management*, 2020, 42(4): 32.
- [8] 田源. 基于MF理论的物流效率研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2012.  
TIAN Yuan. Research on MF efficiency based on material flow theory [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2012.
- [9] 马越越. 低碳约束下的中国物流产业全要素生产率研究[D]. 大连: 东北财经大学, 2014.  
MA Yueyue. Research on total factor productivity in China logistics industry under low carbon constraint [D]. Dalian: Dongbei University of Finance and Economics, 2014.
- [10] LI T, YANG W, ZHANG H, *et al.* Evaluating the impact of transport investment on the efficiency of regional integrated transport systems in China [J]. *Transport Policy*, 2016, 45: 66.
- [11] TONE K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis [J]. *European Journal of Operational Research*, 2001, 130(3): 498.
- [12] TONE K, TSUTSUI M. Network DEA: a slacks-based measure approach [J]. *European Journal of Operational Research*, 2009, 197(1): 243.
- [13] LI Y, SHI X, EMROUZNEJAD A, *et al.* Environmental performance evaluation of Chinese industrial systems: a network SBM approach [J]. *Journal of the Operational Research Society*, 2018, 69(6): 825.
- [14] FUKUYAMA H, WEBER W L. A slacks-based inefficiency measure for a two-stage system with bad outputs [J]. *Omega*, 2010, 38(5): 398.
- [15] TONE K, TSUTSUI M. Dynamic DEA: A slacks-based measure approach [J]. *Omega*, 2010, 38(3/4): 145.
- [16] TONE K, TSUTSUI M. Dynamic DEA with network structure: A slacks-based measure approach [J]. *Omega*, 2014, 42(1): 124.
- [17] LIU W, LIN B. Analysis of energy efficiency and its influencing factors in China's transport sector [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2018, 170: 674.
- [18] 胡李鹏, 樊纲, 徐建国. 中国基础设施存量的再测算[J]. *经济研究*, 2016, 51(8): 172.  
HU Lipeng, FAN Gan, XU Jianguo. Revised estimation of China's infrastructure capital stock [J]. *Economic Research Journal*, 2016, 51(8): 172.
- [19] 张帅, 蒋兵, 董会忠, 等. 基于DEA和Tobit模型的山东省物流效率的测度及其提升路径研究[J]. *山东理工大学学报(自然科学版)*, 2018(5): 13.  
ZHANG Shuai, JIANG Bing, DONG Huizhong, *et al.* A study on measurement and promotion of the logistics efficiency of Shandong based on DEA and Tobit model [J]. *Journal of Shandong University of Technology (Natural Science Edition)*, 2018(5): 13.
- [20] YANG J, TANG L, MI Z, *et al.* Carbon emissions performance in logistics at the city level [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2019, 231: 1258.
- [21] YU A, YOU J, ZHANG H, *et al.* Estimation of industrial energy efficiency and corresponding spatial clustering in urban China by a meta-frontier model [J]. *Sustainable Cities and Society*, 2018, 43: 290.