

## مدل راسل اصلاح شده در ارزیابی کارایی زنجیره تولید

سمیرا ایزدی برومند<sup>۱</sup>، الماس جهانشاهلو<sup>۲\*</sup>

۱-۲- دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، گروه ریاضی

### چکیده

در مدیریت زنجیره تولید ارزیابی کارایی از اهمیت زیادی برخوردار است. زنجیره تولیدی دو عضوی را در نظر بگیرید که تمام خروجی عضو اول زنجیره (S)، ورودی عضو دوم زنجیره (M) نباشد. و ضمناً M ها دارای ورودی هایی مستقل از خروجی عضو اول باشند. ما ارزیابی کارایی چنین زنجیره تولیدی را در مدل راسل اصلاح شده بررسی می کنیم و مدل حاصل را روی یک مثال کاربردی پیاده می کنیم.

**کلمات کلیدی:** تحلیل پوششی داده‌ها، مدیریت زنجیره تولید (SCM)، مدل راسل اصلاح شده، ارزیابی کارایی.

### ۱ مقدمه

تحلیل پوششی داده‌ها، تکنیکی بر مبنای برنامه ریزی ریاضی است که کارایی نسبی مجموعه‌ای از واحدهای تصمیم گیرنده متجانس را محاسبه می کند. در این تکنیک فرض بر آن است که هر واحد تصمیم گیرنده از یک بردار ورودی جهت تولید یک بردار خروجی استفاده می کند. این واحدها با دریافت بردار ورودی و پردازش روی این بردار، خروجی را تولید می کنند. در عمل برخی از واحدها وجود دارند که در هنگام پردازش به صورت زنجیره‌ای هستند. مدل‌های ابتدایی DEA، در ارزیابی کارایی، هر زنجیره تولید را مانند یک جعبه سیاه در نظر می گیرند و تنها ورودی ابتدایی‌ترین عضو و خروجی انتهایی‌ترین عضو را مدنظر قرار می دهند. بنابراین محصولات میانی نادیده گرفته می شوند. پس کارایی به دست آمده از روش ابتدایی، بیش از ارزش واقعی کارایی زنجیره تولید، تخمین زده می شود.

در این مقاله کارایی کلی یک زنجیره تولید را با در نظر گرفتن محصولات میانی، مورد بررسی قرار خواهیم داد و نتیجه حاصل را با زنجیره تولیدی که در آن فقط ورودی ابتدایی‌ترین عضو و خروجی انتهایی‌ترین عضو مدنظر قرار گرفته است، مقایسه خواهیم کرد. همچنین در این مقاله نوع خاصی از زنجیره تولید را که تمام خروجی عضو اول زنجیره ورودی عضو دوم آن باشد و ضمناً عضو دوم زنجیره دارای ورودی دیگری مستقل از خروجی عضو

\* عهده دار مکاتبات

آدرس الکترونیکی: almasj63@yahoo.com

اول زنجیره باشد را تحت ارزیابی قرار خواهیم داد، زیرا در عمل واحدهایی مانند بانک ها وجود دارند که عضو دوم زنجیره تولید علاوه بر خروجی عضو اول زنجیره دارای ورودی دیگری نیز هست و یا تمام خروجی عضو اول زنجیره، ورودی عضو دوم آن نیست، در صورتی که در زنجیره تولید معمولی تنها ورودی در عضو دوم زنجیره، خروجی عضو اول آن است و تمام خروجی عضو اول به عنوان ورودی عضو دوم مصرف می شود.

محققین زیادی در این زمینه کارهای فراوانی برای ارزیابی کارایی انجام داده اند، از جمله می توان به Sexton, Lewis, Wu, Liang و ... اشاره کرد. Easton و همکارانش، تکنیک های مرتبط با DEA را در مدیریت زنجیره تولید مورد استفاده قرار دادند [۱]. Weber, Desai در سال ۱۹۹۶، DEA را به عنوان وسیله ای برای ارزیابی کارایی نسبی زنجیره ها به کار بردند [۲].

Narasimhan در سال ۲۰۰۴ روشی را به منظور ارزیابی قابلیت انعطاف پذیری و قابلیت اجرای یک زنجیره تولید با داده های چند مرحله ای را در مدل تحلیل پوششی داده ها، پیشنهاد کرد.

Olson, Wu در سال ۲۰۰۸ و همچنین Wu و همکارانش در سال ۲۰۰۶ موفق نشدند که کارایی زنجیره تولید را به درستی مشخص کنند [۳].

Liang و همکارانش در سال ۲۰۰۶، رابطه بین کارایی زنجیره تولید و زیر سیستم هایش (اعضای زنجیره تولید) را از طریق مدل DEA در زنجیره تولید بررسی کردند [۴].

Far و Grosskopf در سال ۲۰۰۰ روش های شبکه در DEA را با هدف مدل بندی فرآیندهای چند مرحله ای توسعه دادند [۵].

Lewis و Sexton در سال ۲۰۰۴ مدلی در DEA در شبکه را معرفی کردند که زیر سیستم های ناکارا را که باعث ناکارایی شبکه بودند مشخص می کرد [۶].

این مقاله روشی برای ارزیابی کارایی براساس DEA به منظور به دست آوردن کارایی کلی زنجیره تولید را نشان می دهد.

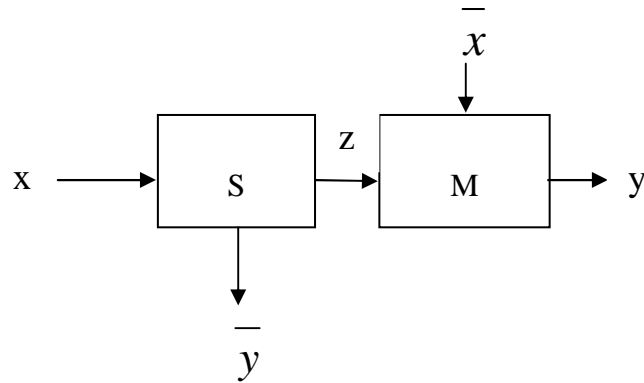
## ۲ مدل راسل اصلاح شده در ارزیابی کارایی زنجیره تولید

### ۱-۲ شرح مساله

فرض کنید  $n$  زنجیره تولید دو مرحله ای را می خواهیم ارزیابی کنیم، مانند آن چه در نمودار ۱ نشان داده شده است. که  $S$  نشان دهنده عضو اول زنجیره تولید و  $M$  نشان دهنده عضو دوم آن است.

متغیر  $x$  بردار ورودی  $S$  و متغیرهای  $\bar{y}$  و  $z$  بردارهای خروجی آن هستند که  $z$  بردار ورودی  $M$  نیز هست، متغیر  $\bar{x}$  بردار ورودی  $M$  و متغیر  $y$  بردار خروجی  $M$  است.

برای راحتی کار فرض می کنیم تمام زنجیره های تولید تحت ارزیابی متجانس هستند و این یعنی، تمام زنجیره های تولید، در طی فرآیند تولید، با مصرف دسته ورودی های از یک نوع دسته خروجی های از یک نوع تولید می کنند.



نمودار ۱. زنجیره تولید

به طور خاص برای ز امین زنجیره تولید، بردارهای ورودی و خروجی برای عضو اول زنجیره تولید (S) عبارتند از:

$$x_{ij} \ (i = 1, \dots, m), \quad \bar{y}_{kj} \ (k = 1, \dots, K), \quad z_{ij} \ (t = 1, \dots, T)$$

و بردار ورودی و خروجی برای دومین عضو زنجیره تولید ز ام (M) عبارتند از:

$$\bar{x}_{qj} \ (q = 1, \dots, Q), \quad y_{rj} \ (r = 1, \dots, R)$$

## ۲-۲ کارایی

در این قسمت به تعریف کارایی در زنجیره تولید می‌پردازیم. کارایی کلی زنجیره تولید p ام در مدل راسل اصلاح شده، را از حل مدل زیر به دست می‌آوریم.

$$\Gamma = \text{Min} \frac{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \theta_i}{\frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \phi_r}$$

$$\begin{aligned}
 \text{s.t.} \quad & \sum_{j=1}^n \lambda_j^S x_{ij} \leq \theta_i x_{ip}, & i = 1, \dots, m, \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j^S \bar{y}_{kj} \geq \phi_k \bar{y}_{kp}, & k = 1, \dots, K, \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j^S z_{ij} \geq z_{ip}, & t = 1, \dots, T, \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j^M z_{ij} \leq z_{ip}, & t = 1, \dots, T,
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n \lambda_j^M \bar{x}_{qj} &\leq \theta_q \bar{x}_{qp}, & q = 1, \dots, Q, \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j^M y_{rj} &\geq \phi_r y_{rp}, & r = 1, \dots, R, \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j^M &= 1, \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j^S = 1, \quad \lambda_j^S \geq 0, & \lambda_j^M \geq 0, \quad j = 1, \dots, n, \\ \theta_i &\leq 1, & i = 1, \dots, m, \\ \theta_q &\leq 1, & q = 1, \dots, Q, \\ \phi_k &\geq 1, & k = 1, \dots, K, \\ \phi_r &\geq 1, & r = 1, \dots, R. \end{aligned}$$

(مدل ۱)

حال نتایج حاصل از آن را در یک مثال کاربردی نشان می‌دهیم.

### ۳-۲ مثال

در این جا مثالی از یک بانک در چین می‌آوریم (پیوست از مرجع ۷ و ۸) [۷] و [۸] و به وسیله آن زنجیره تولید را توضیح می‌دهیم و نتیجه حاصل را با مدل DEA معمولی مقایسه می‌کنیم. به طور معمول فرآیندهای بانکی یک زنجیره تولید با دو زیر سیستم است. در مرحله اول ورودی‌هایی مانند، موجودی ثابت، کارمند و هزینه مصرف می‌شوند و خروجی‌هایی مانند اعتبار و وام بین بانکی، اعتبار ارزی و تسهیلات را تولید می‌کند. در مرحله دوم ورودی‌هایی مانند اعتبار ارزی و تسهیلات و وام بین بانکی خروجی زیر را تولید می‌کند وام و سود.

داده‌های مربوط به ۱۷ بانک تحت ارزیابی در جدول ۱ قرار دارد. همچنین  $(\Gamma)$  کارایی حاصل از مدل معرفی شده در ستون اول جدول (۲) و  $(Z)$  کارایی با مدل DEA معمولی (مدل ۲) (فقط با در نظر گرفتن ورودی ابتدایی‌ترین عضو و خروجی انتهایی‌ترین عضو) در ستون دوم جدول (۲) قرار دارد.

$$\begin{aligned} Z = \text{Min} \quad & \frac{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \theta_i}{\frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \phi_r} \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{j=1}^n \lambda_j^S x_{ij} \leq \theta_i x_{ip}, & i = 1, \dots, m, \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j^S \bar{y}_{kj} \geq \bar{y}_{kp}, & k = 1, \dots, K, \end{aligned}$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j^S z_{ij} \geq z_{ip}, \quad t = 1, \dots, T,$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j^M z_{ij} \leq z_{ip}, \quad t = 1, \dots, T,$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j^M \bar{x}_{qj} \leq \bar{x}_{qp}, \quad q = 1, \dots, Q,$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j^M y_{rj} \geq \phi_r y_{rp}, \quad r = 1, \dots, R,$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j^M = 1, \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j^S = 1, \quad \lambda_j^S \geq 0, \quad j = 1, \dots, n,$$

$$\theta_i \leq 1, \quad i = 1, \dots, m,$$

$$\phi_r \leq 1, \quad r = 1, \dots, R.$$

(مدل ۲)

جدول ۱. داده‌های مربوط به بانک‌های تحت ارزیابی

No	Bank Branch	موجودی ثابت	کارمند	هزینه	اعتبار	وام بین بانکی	اعتبار ارزی	تسهیلات	وام	سود
۱	Hefei	۱/۰۱۶۸	۱/۲۲۱	۱/۲۲۱۵	۱۶۶/۹۷۵۵	۸/۳۰۹۸	۱۲۲/۱۹۵۴	۳/۷۵۶۹	۱۲۲/۱۹۵۴	۳/۷۵۶۹
۲	Bengbu	۰/۵۹۱۵	۰/۶۱۱	۰/۴۷۵۸	۵۰/۱۱۶۴	۱/۷۶۳۴	۱۹/۴۸۲۹	۰/۶۶۰۰	۱۹/۴۸۲۹	۰/۶۶۰۰
۳	Huainan	۰/۷۲۳۷	۰/۶۴۵	۰/۶۰۶۱	۴۸/۲۸۳۱	۳/۴۰۹۸	۳۴/۴۱۲۰	۰/۷۷۱۳	۳۴/۴۱۲۰	۰/۷۷۱۳
۴	Huaibei	۰/۵۱۵۰	۰/۴۸۶	۰/۳۷۶۳	۳۵/۰۷۰۴	۲/۳۴۸۰	۱۵/۲۸۰۴	۰/۳۲۰۳	۱۵/۲۸۰۴	۰/۳۲۰۳
۵	Maanshan	۰/۴۷۷۵	۰/۵۲۶	۰/۳۸۴۸	۴۹/۹۱۷۴	۵/۴۶۱۳	۳۴/۹۸۹۷	۰/۸۴۳۰	۳۴/۹۸۹۷	۰/۸۴۳۰
۶	Tongling	۰/۶۱۲۵	۰/۴۰۷	۰/۳۴۰۷	۲۳/۱۰۵۲	۱/۲۴۱۳	۳۲/۵۷۷۸	۰/۴۶۱۴	۳۲/۵۷۷۸	۰/۴۶۱۴
۷	Wuhu	۰/۷۹۱۱	۰/۷۰۸	۰/۴۴۰۷	۳۹/۴۵۹۰	۱/۱۴۸۵	۳۰/۲۳۳۱	۰/۶۷۳۲	۳۰/۲۳۳۱	۰/۶۷۳۲
۸	Anqing	۱/۲۳۶۳	۰/۷۱۳	۰/۵۵۴۷	۳۷/۴۹۵۴	۴/۰۸۲۵	۲۰/۶۰۱۳	۰/۴۸۶۴	۲۰/۶۰۱۳	۰/۴۸۶۴
۹	Huangshan	۰/۴۴۶۰	۰/۴۴۳	۰/۳۴۱۹	۲۰/۹۸۴۶	۰/۶۸۹۷	۸/۶۳۳۲	۰/۱۲۸۸	۸/۶۳۳۲	۰/۱۲۸۸
۱۰	Fuyang	۰/۲۴۸۱	۰/۶۳۸	۰/۴۵۷۴	۴۵/۰۵۰۸	۱/۷۲۳۷	۹/۲۳۵۴	۰/۳۰۱۹	۹/۲۳۵۴	۰/۳۰۱۹
۱۱	Suzhou	۰/۷۰۵۰	۰/۵۷۵	۰/۴۰۳۶	۳۸/۱۶۲۵	۲/۲۴۹۲	۱۲/۰۱۷۱	۰/۳۱۳۸	۱۲/۰۱۷۱	۰/۳۱۳۸
۱۲	Chuzhou	۰/۶۴۴۶	۰/۴۳۲	۰/۴۰۱۲	۳۰/۱۶۷۶	۲/۳۳۵۴	۱۳/۸۱۳۰	۰/۳۷۷۲	۱۳/۸۱۳۰	۰/۳۷۷۲
۱۳	Luan	۰/۷۲۳۹	۰/۵۱۰۰	۰/۳۷۰۹	۲۶/۵۳۹۱	۱/۳۴۱۶	۵/۰۹۶۱	۰/۱۴۵۳	۵/۰۹۶۱	۰/۱۴۵۳
۱۴	Xuancheng	۰/۵۵۳۸	۰/۴۴۲	۰/۳۵۵۵	۲۲/۲۰۹۳	۰/۹۸۸۶	۱۳/۶۰۸۵	۰/۳۶۱۴	۱۳/۶۰۸۵	۰/۳۶۱۴
۱۵	Chizhou	۰/۳۳۶۳	۰/۳۲۲	۰/۲۳۳۴	۱۶/۱۲۳۵	۰/۴۸۸۹	۵/۹۸۰۳	۰/۰۹۲۸	۵/۹۸۰۳	۰/۰۹۲۸
۱۶	Chaohu	۰/۶۶۷۸	۰/۴۲۳	۰/۳۴۷۱	۲۲/۱۸۴۸	۱/۱۷۶۷	۹/۲۳۴۸	۰/۲۰۰۲	۹/۲۳۴۸	۰/۲۰۰۲
۱۷	Bozhou	۰/۳۴۱۸	۰/۲۵۶	۰/۱۵۹۴	۱۳/۴۳۶۴	۰/۴۰۶۴	۲/۵۳۲۶	۰/۰۰۵۷	۲/۵۳۲۶	۰/۰۰۵۷

جدول ۲. [کارایی با مدل DEA معمولی و کارایی با مدل معرفی شده]

No	Bank Branch	$\Gamma$	Z
۱	Hefei	۱/۰۰۰۰	۱/۰۰۰۰
۲	Bengbu	۰/۵۹۳۱	۰/۸۳۵۲
۳	Huainan	۰/۶۸۸۸	۰/۷۳۶۵
۴	Huaibei	۰/۸۱۸۳	۰/۸۳۳۱
۵	Maanshan	۱/۰۰۰۰	۱/۰۰۰۰
۶	Tongling	۰/۶۸۸۳	۰/۷۷۸۳
۷	Wuhu	۰/۶۳۸۲	۰/۷۲۶۵
۸	Anqing	۰/۱۵۰۳	۰/۵۷۹۹
۹	Huangshan	۰/۳۹۱۲	۰/۷۹۹۶
۱۰	Fuyang	۰/۲۹۳۶	۰/۷۷۵۴
۱۱	Suzhou	۰/۱۹۵۳	۰/۷۷۳۵
۱۲	Chuzhou	۰/۲۲۵۹	۰/۸۵۳۸
۱۳	Luan	۰/۶۲۶۵	۰/۶۶۹۰
۱۴	Xuancheng	۰/۶۶۷۷	۰/۷۰۳۹
۱۵	Chizhou	۱/۰۰۰۰	۱/۰۰۰۰
۱۶	Chaohu	۰/۱۹۲۹	۰/۷۳۵۲
۱۷	Bozhou	۱/۰۰۰۰	۱/۰۰۰۰

طبق جدول (۲) مقدار کارایی بدست آمده از مدل معرفی شده ( $\Gamma$ ) بسیار کمتر از کارایی با مدل DEA معمولی (Z) است. به عنوان مثال برای زنجیره‌های تولید ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ... این نشان می‌دهد که مدل پیشنهادی در پیدا کردن زنجیره‌های تولید ناکارا، نسبت به مدل DEA معمولی کارا تر است.

### ۳ نتایج

در این مقاله زنجیره تولیدی را در نظر گرفتیم که تا به حال در زنجیره‌های تولید مورد بررسی قرار نگرفته است که در آن تمام خروجی عضو اول زنجیره، ورودی عضو دوم آن نیست و ضمناً عضو دوم زنجیره دارای ورودی است که خروجی عضو اول نیست. نتایج حاصل از بررسی چنین زنجیره تولیدی در زیر آمده است: با توجه به نتایج حاصل از جدول (۲) و مقایسه دو ستون Z و  $\Gamma$  در مثال کاربردی ذکر شده ملاحظه می‌شود کارایی ارزیابی شده زنجیره‌های تولید، توسط مدل ارایه شده بسیار کمتر از کارایی این زنجیره‌ها در مدل DEA معمولی می‌باشد بنابراین، این روش در پیدا کردن زنجیره تولید ناکارا بسیار کارآمدتر است.

همچنین در این روش زنجیره تولیدی مورد بررسی قرار گرفته است که تمام خروجی عضو اول زنجیره، ورودی عضو دوم آن نیست و ضمناً عضو دوم زنجیره دارای ورودی است که خروجی عضو اول نیست. بررسی چنین زنجیره تولیدی کاربرد فراوانی در ارزیابی کارایی زنجیره‌هایی از این دست دارد، زیرا در عمل واحدهایی با ساختار مشابه این نوع زنجیره تولید مانند بانک‌ها، و بیمارستان‌ها و ... وجود دارند.

این روش علاوه بر ورودی ابتدایی‌ترین عضو و خروجی انتهایی‌ترین عضو، محصولات میانی را نیز در نظر می‌گیرد. بنابراین کارایی زنجیره تولید بیشتر از ارزش واقعی آن تخمین زده نمی‌شود. در ادامه می‌توان گسترش این روش را در شبکه مدنظر قرار داد یا برای زنجیره‌های تولیدی با بیش از دو مرحله (دو زیر سیستم) مدل را بررسی کرد.

## منابع

- [1] Easton, L., Murphy, D. J., Pearson, J. N., (2002). Purchasing performance evaluation: with data envelopment analysis. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 8. 123-134.
- [2] Weber, C. A., Desai, A., (1996). Determinants of paths to vendor market efficiency using parallel coordinates representation: a negotiation tool for buyers. *European Journal of Operational Research*. 90. 142-155.
- [3] Wu, D., Olson, D. L., (2008). A comparison of stochastic dominance and stochastic DEA for vendor evaluation, *international Journal of Production Research*, 46. 2313-2327.
- [4] Wu, D., Yang, Z., Liang, L., (2006). Using DEA-neural network approach to evaluate branch efficiency of a large Canadian Bank. *Expert Systems with Applications*, 31(1). 108-115.
- [5] Fare, R., Grosskopf, S., (2000). Network DEA. *Socio-Economic Planning Sciences*, 34(1), 35-49.
- [6] Lewis, H. F., Sexton, T. R., (2004). Network DEA: efficiency analysis of organizations with complex internal structure. *Computers and Operations Research*, 31(9). 1365-1410.
- [7] Yang, F., Wu, D., (2009). Supply chain DEA: production possibility set and performance evaluation model. *Ann open Res*.
- [8] China Construction Bank (Anhui Branch) (2004). Annual report 2004 of China Construction Bank in Anhui Province (in Chinese).
- [9] Talluri, S., Baker, R. C., (2002). A multi-phase mathematical programming approach for effective supply chain design. *European Journal of Operational Research* 141(3), 546-560. This paper is ranked 21 in highly requested papers in EJOR from April 2002-April 2004 with 1,114 requests.
- [10] Troutt, M. D., Ambrose, P., Chan, C. K., (2004). Multi-stage efficiency tools for goal setting and monitoring in supply chains. In C.K. Chan & H.W.J. Lee (Eds.), *Successful strategies in supply chain management* Hershey: Idea Group Publishing Co.
- [11] Wu, D., (2008). A note on dea efficiency assessment using ideal point: an improvement of Wang and Luo's model. *Applied Mathematics and Computation*. 183(2). 819-830.
- [12] Wu, D., (2009). Performance evaluation: an integrated method using data envelopment analysis and fuzzy preference relations. *European Journal of Operational Research*. 194(1). 227-235.