پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری
دوره ۶، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، صص ۲۱۵-۲۳۷
نوع مقاله: پژوهشی

ارزیابی کارآیی سود فرآیندهای دو مرحله‌ای در حضور عوامل نامطلوب

مریم نعمتی زاده[۱]، علیرضا امیرتیموری[۲]، سهراب کردرستمی[۳]*، محسن واعظ قاسمی[۴]

۱- دانشجوی دکتری، گروه ریاضی کاربردی، دانشکده علوم پایه، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران
۲-استاد، گروه ریاضی کاربردی، دانشکده علوم پایه، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران
۳- استاد، گروه ریاضی، دانشکده علوم پایه، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران
۴- استادیار، گروه ریاضی کاربردی، دانشکده علوم پایه، واحدرشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۰۵ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۱۳

چکیده

مدیریت فرآیندهای تولیدی به منظور کاهش هزینه و افزایش درآمد و سود از عوامل مهم و ضروری برای رسیدن به موفقیت در امور اقتصادی و به‌دنبال آن رضایت مدیران و مشتریان است. در این راستا به کارگیری یک روش مناسب به منظور بررسی عملکرد و مدیریت سیستم‌های پیچیده با ساختار شبکه‌ای امری مهم و ضروری به شمار می‌آید. تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای یک روش برنامه‌ریزی ناپارامتری مناسب و مؤثر برای ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیرنده شامل چندین ورودی و خروجی می‌باشد که فرآیندهای داخلی را نیز در نظر می گیرد. در این تحقیق بر اساس تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها با در نظر گرفتن نقش مناسب برای عوامل میانی فرآیندها و همچنین فرض دسترسی‌پذیری ضعیف برای عوامل نامطلوب، کارآیی سود سیستم‌هایی با ساختار شبکه‌ای دو مرحله‌ای در حضور عوامل نامطلوب مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. به منظور شرح و تحلیل بیشتر روش پیشنهادی یک مطالعه کاربردی نیز ارایه می‌شود.

کلیدواژه‌ها: تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای، شبکه دو مرحله‌ای، کارآیی سود، عوامل نامطلوب، دسترسی‌پذیری ضعیف.

---

* نویسنده مسئول مقاله E-mail: sohrabkordrostami@gmail.com

۱- مقدمه

کاهش هزینه، بالا بردن سطح درآمد و در نتیجه دست‌یابی به سود بیشتر در جهت توسعه رشد اقتصادی از دغدغه‌های مهم در عرصهٔ فعالیت‌های اقتصادی است. همچنین با توجه به این که امروزه در عصر ارتباطات و رقابت بین سازمان‌ها و نهادها قرار داریم هر سازمان یا نهاد برای پیشی گرفتن از سایر نهادها در صدد ایجاد تغییر و تحول سازمان خود در جهت رشد و پیشرفت می‌باشد. در این راستا ارائه راهکار مناسب جهت ارزیابی عملکرد فرآیندهای تولیدی امری مهم به شمار می‌آید.

تحلیل پوششی داده‌ها یک روش ناپارامتری مناسب برای ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیرنده با چندین ورودی و خروجی است که اولین بار توسط چارنز[۱] و همکاران مطرح شد [۱]. مفهوم کارآیی تخصیصی یا به عبارتی ترکیب درستی از ورودی‌ها یا خروجی‌ها که بتواند کم‌ترین هزینه یا بیشترین درآمد را ایجاد نماید، نخستین بار توسط فارل[۲] مطرح شد [۲]. سپس بر اساس مفهوم مورد نظر مدل برنامه‌ریزی خطی جهت ارزیابی کارآیی هزینه، درآمد و سود توسط فار[۳] و همکاران ارائه شد [۳]. در روش پیشنهادی مطرح‌شده جهت تعیین میزان کارآیی هزینه، درآمد و سود به ترتیب قیمت‌های یکسان برای ورودی‌ها، خروجی‌ها و یا هر دو آن‌ها در نظر گرفته شد. ری و کیم[۴] با استفاده از روش‌های ناپارامتریک کران‌های بالا و پائین را برای کارآیی تکنیکی محاسبه و کارآیی هزینه کل در صنعت فولاد ایالات متحده را ارزیابی نمودند [۴].

در سال ۲۰۰۲، تون[۵] نشان داد که وقتی ورودی‌ها قیمت‌های متفاوتی داشته باشند، اندازه کارآیی فارل برای محاسبهٔ کارآیی هزینه دچار نقص می‌باشد؛ زیرا کارآیی واحدها با هزینه‌های بیشتر نسبت به واحدها با هزینه‌های کم‌تر، میزان بیشتری را نشان می‌داد و این نقص تنها به واسطه ساختار مجموعه امکان تولید مورد نظر بود [۵]. بر این اساس با اعمال قیمت‌های متفاوت در نظر گرفته شده برای ورودی‌ها و خروجی‌ها بر روی مجموعه امکان‌تولید، مدل جدیدی برای تعیین کارآیی هزینه، درآمد و سود ارائه نمود. فوکویاما و وبر[۶] بر اساس روش پیشنهادی تون و مدل‌های غیرشعاعی، روشی جهت ارزیابی کارآیی هزینه ارائه دادند [۵، ۶].

فوکویاما و وبر بر این اساس که هر یک از واحدهای تصمیم‌گیرنده بنا به موقعیت فیزیکی خود چه میزان ورودی مصرف و چه میزان خروجی تولید می‌کنند، روشی برای تعیین میزان ناکارآیی سود ارائه دادند [۷]. این روش در مواقعی که میزان قیمت‌های ورودی و خروجی به صورت دقیق مشخص نیستند، مناسب می‌باشد. کامانهو و دیسون[۷] برای مواردی که قیمت‌های

ورودی وابسته به موقعیت‌های متفاوتی از واحدهای تصمیم‌گیرنده هستند روشی برای ارزیابی کارآیی هزینه ارائه نمودند که محدودیت‌های موجود در مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها را رفع می‌نمود [۸]. ساهو[۸] و همکاران نیز بر اساس مدل ارائه شده تون با استفاده از تابع فاصله جهتی روشی برای ارزیابی کارآیی‌های هزینه، درآمد و سود ارائه دادند و روش پیشنهادی را برای ارزیابی عملکرد چندین شعبه از بانک‌ها به کار بردند [۵، ۹].

همان‌طور که می‌دانیم در مدل‌های متداول تحلیل پوششی داده‌ها توجهی به ساختار درونی سیستم نمی‌شود و ساختار سیستم به صورت جعبه سیاه در نظر گرفته شده و تنها با در نظر گرفتن ورودی‌های اولیه و خروجی‌های نهایی به بررسی عملکرد سیستم مورد نظر پرداخته می‌شود. این در حالی است که گاهی فرآیندهای داخلی نقش بسزایی در عملکرد سیستم ایفا می‌کنند. به همین سبب فار و گراسکوف[۹] تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای را معرفی نمودند [۱۰]. پس از آن روش‌هایی از جمله [۱۱-۲۲] به منظور ارزیابی کارآیی ساختارهای دو مرحله‌ای پیشنهاد شد.

ارزیابی کارآیی هزینه، درآمد و یا سود بر روی ساختارهای شبکه‌ای از جمله موضوعاتی هستند که در سال‌های اخیر مورد توجه محققان قرار گرفته‌اند. از جمله این مطالعات می‌توان به روش پیشنهادی لوزانو[۱۰] اشاره کرد که با در نظر گرفتن هر دو نقش عوامل میانی (نقش خروجی برای مرحله اول و ورودی برای مرحله دوم فرآیند) به تحلیل کارآیی هزینه بر روی فرآیندهای دو مرحله‌ای پرداخته است [۲۳]. بنی‌هاشمی و توحیدی با در دست داشتن بردارهای هزینه و قیمت برای ورودی‌ها و خروجی‌ها روشی جهت تعیین کارآیی هزینه، درآمد و سود برای فرآیندهای شبکه‌ای بر اساس مدل متغیرهای کمکی ارائه نمودند [۲۴]. حسین‌زاده سلجوقی و ذاکر هرفته نیز روشی برای ارزیابی کارآیی هزینه و اثربخشی ساختار دو مرحله‌ای ارائه نمودند و ۲۶ شعبه بانک تجارت را ارزیابی نمودند [۲۵]. بنی‌هاشم و همکاران به تعیین کارآیی هزینه، درآمد و سود در شبکه‌های زنجیره تأمین پرداختند [۲۶]. شایان ذکر است که در تمامی موارد فوق ساختار فرآیندها تنها شامل عوامل مطلوب می‌باشد. فوکویاما و ماتوسک[۱۱] با استفاده از تابع فاصله جهتی مدلی برای ارزیابی کارآیی درآمد ساختارهای دو مرحله‌ای ارائه نمودند [۲۷]. همچنین، جهانی صیادنویری و همکاران مدلی جهت تعیین کارآیی هزینه کل و هر یک از مؤلفه‌های زنجیره تأمین حلقه بسته در حضور عوامل نامطلوب ارائه نمودند [۲۸].

به دلیل اهمیت تعیین میزان کارآیی هزینه، درآمد و سود برای مدیران در فعالیت‌های اقتصادی به‌خصوص فرآیندهایی شامل عوامل نامطلوب و همچنین با توجه به مطالعات کمی که

تا به امروز در این خصوص صورت گرفته در این تحقیق در نظر داریم روشی جهت ارزیابی کارآیی سود شبکه‌ای با ساختار دو مرحله‌ای همراه با خروجی‌های نامطلوب ارائه نماییم. به‌همین منظور با در نظر گرفتن فرض دسترسی‌پذیری ضعیف برای خروجی‌های نامطلوب و تعیین نقش مناسب برای عوامل میانی در فرآیند مربوطه به تحلیل و ارزیابی کارآیی سود سیستم مورد نظر با بردار هزینه و قیمت معین و متفاوت برای ورودی‌ها و خروجی‌ها می‌پردازیم. در روش پیشنهادی علاوه بر محاسبه کارآیی سود کل سیستم، کارآیی سود هر یک از مؤلفه‌های ساختار دو مرحله‌ای مورد نظر نیز تعیین می‌شود.

در ادامه، ساختار مقاله به این صورت است که در بخش دوم مروری بر مفاهیم کارآیی سود و دسترسی‌پذیری ضعیف برای خروجی‌های نامطلوب خواهیم داشت. در بخش سوم به تشریح مدل ریاضی پیشنهادی به منظور ارزیابی کارآیی سود فرآیند دو مرحله‌ای در حضور عوامل نامطلوب پرداخته می‌شود. بخش چهارم نیز به مطالعه‌ای در زمینه تولیدات مرغ گوشتی اختصاص داده می‌شود. سرانجام در بخش پنجم نتیجه‌گیری و پیشنهادهایی برای تحقیقات آینده ارائه می‌شود.

۲- مروری بر مفاهیم اولیه

در این بخش مروری بر روش محاسبه کارآیی سود ارائه‌شده توسط تون و همچنین تعریف دسترسی‌پذیری ضعیف شفارد[11] خواهیم داشت [۲۹، ۵].

۲-۱-کارآیی سود

همان‌طور که در مقدمه اشاره شد، تون در سال ۲۰۰۲ با اعمال قیمت برای ورودی‌ها و خروجی‌ها در مجموعه امکان تولید نقص به وجود آمده به دلیل حضور قیمت‌های مختلف برای ورودی‌ها و خروجی‌ها در اندازه کارآیی فارل را رفع نمود و بر اساس آن کارآیی‌های جدیدی برای هزینه، درآمد و سود تعریف نمود [۵].

حال برای معرفی کارآیی سود جدید تعریف شده فرض کنید k واحد تصمیم گیرنده $DMU_k \ (k=1,...,K)$ شامل بردارهای ورودی $x_k=(x_{1k},...,x_{mk})\geq 0$ و خروجی $y_k=(y_{1k},...,y_{sk})\geq 0$ داشته باشیم. با در نظر گرفتن قیمت‌های ورودی $(c_{ik} \forall i,k)$ و خروجی $(p_{rk} \ \forall r,k)$، تون کارآیی سود واحد تحت ارزیابی o را به صورت زیر (نسبت سود مشاهده شده به بیشترین سود حاصل برای واحد تحت ارزیابی) تعریف نمود [۵]:

$$PE_o^* = \frac{\sum_{r=1}^{s} \overline{y}_r^o - \sum_{i=1}^{m} \overline{x}_i^o}{\sum_{r=1}^{s} \overline{y}_r^* - \sum_{i=1}^{m} \overline{x}_i^*} \qquad (1)$$

در کسر فوق، عبارت $\sum_{r=1}^{s} \overline{y}_r^* - \sum_{i=1}^{m} \overline{x}_i^*$ بیشترین سود حاصل (بیشترین درآمد منهای کمترین هزینه) برای واحد تحت ارزیابی o می‌باشد که از طریق مدل برنامه‌ریزی خطی زیر تحت فرض بازده به مقیاس متغیر محاسبه می‌شود:

$$\begin{aligned} e_o^* = Max\ & \sum_{r=1}^{s} \overline{y}_r - \sum_{i=1}^{m} \overline{x}_i \\ s.t.\quad & \overline{x}_i = \sum_{k=1}^{K} \lambda^k \overline{x}_i^k \le \overline{x}_i^o,\ i = 1,...,m, \\ & \overline{y}_r = \sum_{k=1}^{K} \lambda^k \overline{y}_r^k \ge \overline{y}_r^o,\ r = 1,...,s, \\ & \sum_{k=1}^{K} \lambda^k = 1, \\ & \lambda^k \ge 0,\ \forall\ k. \end{aligned} \qquad (2)$$

در مدل موردنظر $\overline{x}_i^k = c_{ik} x_{ik}\ (i = 1,...,m, k = 1,...,K)$ و $\overline{y}_r^k = p_{rk} y_{rk}\ (r = 1,...,s, k = 1,...,K)$ می‌باشد. همچنین $\lambda^k : k = 1,...,K$ و $\overline{x}_i$ و $\overline{y}_r$ به ترتیب وزن‌های مجهول و کمترین و بیشترین مقدار برای ورودی و خروجی می‌باشند که بیشترین سود را برای هر واحد مورد ارزیابی تولید می‌نمایند. با توجه به کسر (۱)، کارآیی سود مقداری بین صفر و یک دارد ($0 < PE_o^* \le 1$).

تعریف ۱- واحد تحت ارزیابی o کارآی سود نامیده می‌شود اگر و تنها اگر $PE_o^* = 1$، در غیر این صورت واحد تحت ارزیابی ناکارآی سود نامیده می‌شود.

۲-۲- دسترسی‌پذیری ضعیف

همان‌طور که می‌دانیم در فعالیت‌های صنعتی و تولیدی علاوه بر تولیداتی که منجر به توسعه اقتصاد می‌شود (تولیدات مطلوب)، با مواردی مواجه هستیم که ممکن است موجب زیان اقتصادی و یا تخریب محیط زیست شوند. عواملی چون تولید گازهای سمی و گلخانه‌ای و آلاینده‌ها عواملی از این قبیل موارد به شمار می‌آیند که تحت عنوان عوامل نامطلوب معرفی می‌شوند. با توجه به اینکه حضور عوامل نامطلوب نقش بسزایی در ارزیابی عملکرد واحدها خواهند داشت، از این رو رویکردهای متفاوتی در جهت برخورد با آنها معرفی‌شده که در نهایت رویکرد کسمانن[۱۳] را می‌توان یکی از بهترین رویکردها در برخورد با عوامل نامطلوب معرفی کرد [۳۰].

بر این اساس، در جهت معرفی رویکرد پیشنهادی فرض کنید k واحد تصمیم‌گیرنده $DMU_k \ (k=1,...,K)$ وجود دارد به‌طوری که هر واحد تصمیم‌گیرنده $DMU_k : k=1,...,K$ بردار ورودی $x_k=(x_{1k},...,x_{mk})\geq 0$ را مصرف نموده و بردارهای خروجی مطلوب و نامطلوب $v_k=(v_{1k},...,v_{Nk})\geq 0$ و $w_k=(w_{1k},...,w_{Jk})\geq 0$ را به‌ترتیب تولید می‌نماید. با در نظر گرفتن مجموعه امکان تولید به صورت زیر:

$P(x)$={ (v,w) : را تولید کند (v,w) می تواند x }

شفارد دسترسی‌پذیری ضعیف را به صورت زیر تعریف نمود [۲۹]:

تعریف ۲- خروجی‌های مطلوب و نامطلوب دسترسی‌پذیری ضعیف دارند اگر و تنها اگر $(v,w)\in P(x)$ و $0\leq\theta\leq 1$ آن گاه $(\theta v,\theta w)\in P(x)$.

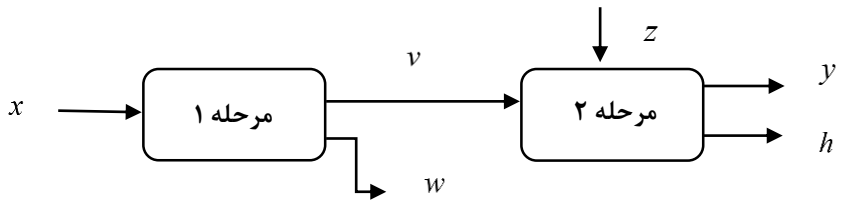
بر اساس تعریف ۲، کسمانن مجموعه تکنولوژی خطی زیر را معرفی نمود:

$$\begin{aligned} T=\{(v,w,x): &\sum_{k=1}^{K}\rho^k v_n^k \geq v_n,\ n=1,...,N,\\ &\sum_{k=1}^{K}\rho^k w_j^k = w_j,\ j=1,...,J,\\ &\sum_{k=1}^{K}(\rho^k+\mu^k)\,x_m^k \leq x_m,\ m=1,...,M,\\ &\sum_{k=1}^{K}(\rho^k+\mu^k)=1,\\ &\rho^k,\mu^k\geq 0,\ k=1,...,K\}. \end{aligned} \qquad (۳)$$

۳- کارآیی سود فرآیند دو مرحله‌ای با عوامل نامطلوب

با توجه به اهمیت مفهوم سود در صنعت تولید، در این بخش ابتدا یک ساختار دو مرحله‌ای شامل عوامل نامطلوب معرفی و بر اساس اصول موضوعه تحلیل پوششی داده‌ها تکنولوژی مناسبی برای ساختار مورد نظر تعریف می‌شود. سپس بنا به تکنولوژی معرفی شده، روشی برای ارزیابی کارآیی سود ساختار دو مرحله‌ای مورد نظر ارائه می‌گردد.

فرض کنید k واحد تحت ارزیابی (DMU) وجود دارد که هر $DMU_k: k = 1,...,K$ شامل دو مرحله به صورت شکل ۱ می‌باشد. مرحله اول هر DMU_k شامل بردار ورودی $x_k = (x_{1k},...,x_{Nk}) \geq 0$، بردار خروجی نهایی نامطلوب $w_k = (w_{1k},...,w_{Jk}) \geq 0$ و بردار خروجی مطلوب $v_k = (v_{1k},...,v_{Mk}) \geq 0$ می‌باشد. علاوه بر بردار خروجی v_k که به عنوان ورودی مرحله دوم استفاده می‌شود، مرحله دوم شامل بردار ورودی دیگری چون $z_k = (z_{1k},...,z_{Tk}) \geq 0$ و همچنین بردار خروجی نهایی نامطلوب $h_k = (h_{1k},...,h_{Ik}) \geq 0$ و بردار خروجی نهایی مطلوب $y_k = (y_{1k},...,y_{Rk}) \geq 0$ می‌باشد.



شکل ۱. ساختار یک فرایند دو مرحله‌ای با عوامل نامطلوب

همچنین فرض کنید حاصل‌ضرب بردار قیمت c_k $(k = 1,...,K)$ در هر یک از بردارهای ورودی و خروجی مطلوب و نامطلوب مرحله اول و دوم فرآیند دو مرحله‌ای به صورت نمادهای زیر نشان داده شوند:

$$\begin{cases} \bar{x}_n^k = c_{nk}^x \times x_{nk}, \ n = 1,\dots,N, \\ \bar{v}_m^k = c_{mk}^v \times v_{mk}, \ m = 1,\dots,M, \\ \bar{w}_j^k = c_{jk}^w \times w_{jk}, \ j = 1,\dots,J, \\ \bar{z}_t^k = c_{tk}^z \times z_{tk}, \ t = 1,\dots,T, \\ \bar{y}_r^k = c_{rk}^y \times y_{rk}, \ r = 1,\dots,R, \\ \bar{h}_i^k = c_{ik}^h \times h_{ik}, \ i = 1,\dots,I. \end{cases} \quad (4)$$

شایان ذکر است که بردار قیمت $c_k \ (k = 1,\dots,K)$ برای هر یک از ورودی‌ها و خروجی‌ها مقدار معین و متفاوتی دارد. حال با در نظر گرفتن نمادهای (۴) و همچنین اصول موضوعه‌ای چون شمول مشاهدات، تحدب، دسترسی‌پذیری ضعیف برای خروجی‌های مطلوب و نامطلوب، دسترسی‌پذیری آزاد برای ورودی‌ها و خروجی‌های مطلوب، کوچک‌ترین مجموعه امکان تولید برای ساختار دو مرحله‌ای مطابق با شکل ۱ به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$T = \{(\bar{x},\bar{v},\bar{w},\bar{z},\bar{y},\bar{h}): \text{Stage 1 constraints:}$$
$$\sum_{k=1}^{K} \lambda^k \ \bar{x}_n^k \le \bar{x}_n^o, \ n = 1,\dots,N, \sum_{k=1}^{K} \theta^k \lambda^k \bar{v}_m^k \ge \bar{v}_m^o, \ m = 1,\dots,M, \ \sum_{k=1}^{K} \theta^k \lambda^k \bar{w}_j^k = \bar{w}_j^o, \ j = 1,\dots,J,$$
$$\text{Stage 2 constraints:}$$
$$\sum_{k=1}^{K} \theta^k \lambda^k \bar{v}_m^k \ge \bar{v}_m^o, \ m = 1,\dots,M, \ \sum_{k=1}^{K} \lambda^k \bar{z}_t^k \le \bar{z}_t^o, \ t = 1,\dots,T, \sum_{k=1}^{K} \theta^k \lambda^k \bar{y}_r^k \ge \bar{y}_r^o, \ r = 1,\dots,R,$$
$$\sum_{k=1}^{K} \theta^k \lambda^k \bar{h}_i^k = \bar{h}_i^o, \ i = 1,\dots,I, \text{Generic constraints:} \sum_{k=1}^{K} \lambda^k = 1, \lambda^k \ge 0, \ 0 \le \theta^k \le 1, \forall k\} \quad (5)$$

حضور فاکتور کاهشی غیریکنواخت θ^k موجب غیرخطی شدن تکنولوژی فوق شده است. بنابراین با استفاده از تغییر متغیر کسمانن به صورت $\lambda^k = \rho^k + \mu^k \ (k = 1,\dots,K)$ که $\rho^k = \theta^k \lambda^k$ و $\mu^k = (1-\theta^k)\lambda^k$ در نظر گرفته شد [۳۰]، تکنولوژی (۵) به فرم خطی زیر تبدیل می‌شود:

$$T = \{(\bar{x}, \bar{v}, \bar{w}, \bar{z}, \bar{y}, \bar{h}):$$

Stage 1 constraints:

$$\sum_{k=1}^{K} (\rho^k + \mu^k)\, \bar{x}_n^k \le \bar{x}_n^o,\ n = 1,\dots,N,$$

$$\sum_{k=1}^{K} \rho^k \bar{v}_m^k \ge \bar{v}_m^o,\ m = 1,\dots,M,$$

$$\sum_{k=1}^{K} \rho^k \bar{w}_j^k = \bar{w}_j^o,\ j = 1,\dots,J,$$

Stage 2 constraints:

$$\sum_{k=1}^{K} \rho^k \bar{v}_m^k \ge \bar{v}_m^o,\ m = 1,\dots,M,$$

$$\sum_{k=1}^{K} (\rho^k + \mu^k)\, \bar{z}_t^k \le \bar{z}_t^o,\ t = 1,\dots,T,$$

$$\sum_{k=1}^{K} \rho^k \bar{y}_r^k \ge \bar{y}_r^o,\ r = 1,\dots,R,$$

$$\sum_{k=1}^{K} \rho^k \bar{h}_i^k = \bar{h}_i^o,\ i = 1,\dots,I,$$

Generic constraints: (۶)

$$\sum_{k=1}^{K} (\rho^k + \mu^k) = 1,$$

$$\rho^k,\ \mu^k \ge 0,\ k = 1,\dots,K\}.$$

تکنولوژی خطی فوق از سه دسته قید تشکیل‌شده که به ترتیب قیدهای مؤلفه اول و دوم فرآیند مورد نظر و همچنین قید عمومی را که بیانگر شرط تحدب می‌باشد، معرفی می‌نماید. همان‌طور که در شکل ۱ قابل ملاحظه است، شاخص میانی مطلوب $v_k = (v_{1k},\dots,v_{Mk})$، نقش خروجی برای مرحله اول و نقش ورودی برای مرحله دوم فرآیند مورد نظر را ایفا می‌کند. با توجه به این که میزان تولیدات خروجی مرحله دوم فرآیند وابسته به میزان تولیدات شاخص میانی بوده و همچنین با توجه به مطلوب بودن شاخص مورد نظر و هدف ارزیابی عملکرد کل

مریم نعمتی زاده و همکاران ـــ
فرآیند از نظر سوددهی، قید مربوط به آن در هر دو مرحله از فرآیند به‌صورت $\sum_{k=1}^{K}\rho^k\bar{v}_m^k \geq \bar{v}_m^o \ (m=1,...,M)$ در نظر گرفته شده است.

حال بر اساس تکنولوژی خطی تعریف شده فوق برای تعیین میزان سود ساختارهای دو مرحله‌ای مطابق با شکل ۱، بیشترین مقدار سود برای واحد تحت ارزیابی DMU_o با استفاده از مدل برنامه‌ریزی زیر محاسبه می‌شود:

$$e_o^* = Max\left[(\sum_{m=1}^{M}\bar{v}_m + \sum_{r=1}^{R}\bar{y}_r) - (\sum_{n=1}^{N}\bar{x}_n + \sum_{j=1}^{J}\bar{w}_j + \sum_{t=1}^{T}\bar{z}_t + \sum_{i=1}^{I}\bar{h}_i)\right]$$

s.t.

Stage 1 constraints:

$$\bar{x}_n = \sum_{k=1}^{K}(\rho^k+\mu^k)\,\bar{x}_n^k \leq \bar{x}_n^o,\ n=1,...,N,$$

$$\bar{v}_m = \sum_{k=1}^{K}\rho^k\bar{v}_m^k \geq \bar{v}_m^o,\ m=1,...,M,$$

$$\bar{w}_j = \sum_{k=1}^{K}\rho^k\bar{w}_j^k = \bar{w}_j^o,\ j=1,...,J,$$

Stage 2 constraints:

$$\bar{v}_m = \sum_{k=1}^{K}\rho^k\bar{v}_m^k \geq \bar{v}_m^o,\ m=1,...,M,$$

$$\bar{z}_t = \sum_{k=1}^{K} (\rho^k + \mu^k)\, \bar{z}_t^k \le \bar{z}_t^o,\ t = 1,...,T,$$

$$\bar{y}_r = \sum_{k=1}^{K} \rho^k \bar{y}_r^k \ge \bar{y}_r^o,\ r = 1,...,R,$$

$$\bar{h}_i = \sum_{k=1}^{K} \rho^k \bar{h}_i^k = \bar{h}_i^o,\ i = 1,...,I, \qquad (۷)$$

Generic constraints:

$$\sum_{k=1}^{K} (\rho^k + \mu^k) = 1,$$

$$\rho^k,\ \mu^k \ge 0,\ k = 1,...,K.$$

در مدل شدنی فوق، ρ^k و μ^k وزن‌های مجهول و $\bar{x}_n$,$\bar{v}_m$,$\bar{w}_j$,$\bar{z}_t$,$\bar{y}_r$ و $\bar{h}_i$ کمترین ورودی‌ها و بیشترین خروجی‌های مجهول می‌باشند که بیشترین سود را برای واحد تحت ارزیابی موردنظر تعیین می‌نمایند. تابع هدف مدل (۷)، ماکزیمم تفاضل درآمد و هزینه کل را به منظور تعیین بیشترین میزان سود محاسبه می‌نماید. در فرآیند مورد نظر، درآمد کل به صورت مجموع بردارهای خروجی مطلوب $y_k = (y_{1k},...,y_{Rk}) \ge 0$ و $v_k = (v_{1k},...,v_{Mk}) \ge 0$ و همچنین هزینه کل به صورت مجموع بردارهای ورودی و خروجی‌های نامطلوب هر دو مؤلفه به نام‌های $x_k = (x_{1k},...,x_{Nk}) \ge 0$، $z_k = (z_{1k},...,z_{Tk}) \ge 0$، $w_k = (w_{1k},...,w_{Jk}) \ge 0$، $h_k = (h_{1k},...,h_{Ik}) \ge 0$ در نظر گرفته شده است.

$(\bar{x}^*, \bar{v}^*, \bar{w}^*, \bar{z}^*, \bar{y}^*, \bar{h}^*)$ یک جواب بهینه مدل (۷) است که بر اساس آن بیشترین میزان سود سیستم دو مرحله‌ای مورد نظر به‌صورت $e_o^* = (\sum_{m=1}^{M} \bar{v}_m^* + \sum_{r=1}^{R} \bar{y}_r^*) - (\sum_{n=1}^{N} \bar{x}_n^* + \sum_{j=1}^{J} \bar{w}_j^* + \sum_{t=1}^{T} \bar{z}_t^* + \sum_{i=1}^{I} \bar{h}_i^*)$ به‌دست می‌آید. بنابراین با در دست داشتن سود مشاهده شده برای واحد تحت ارزیابی o به صورت $(\sum_{m=1}^{M} \bar{v}_m^o + \sum_{r=1}^{R} \bar{y}_r^o) - (\sum_{n=1}^{N} \bar{x}_n^o + \sum_{j=1}^{J} \bar{w}_j^o + \sum_{t=1}^{T} \bar{z}_t^o + \sum_{i=1}^{I} \bar{h}_i^o)$ و همچنین بیشترین مقدار سود یا سود ایده‌آل (e_o^*) حاصل از مدل (۷)، کارآیی سود واحد تحت ارزیابی o به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$PE_o^{*Overall}=\frac{(\sum_{m=1}^{M}\bar{v}_m^o+\sum_{r=1}^{R}\bar{y}_r^o)-(\sum_{n=1}^{N}\bar{x}_n^o+\sum_{j=1}^{J}\bar{w}_j^o+\sum_{t=1}^{T}\bar{z}_t^o+\sum_{i=1}^{I}\bar{h}_i^o)}{(\sum_{m=1}^{M}\bar{v}_m^*+\sum_{r=1}^{R}\bar{y}_r^*)-(\sum_{n=1}^{N}\bar{x}_n^*+\sum_{j=1}^{J}\bar{w}_j^*+\sum_{t=1}^{T}\bar{z}_t^*+\sum_{i=1}^{I}\bar{h}_i^*)} \qquad (۸)$$

با توجه به تعریف (۸)، واضح است که $0 < PE_o^{*Overall} \leq 1$. از این رو کارآ بودن واحد تحت ارزیابی DMU_o از نظر سود به‌صورت زیر تعریف می‌شود.

تعریف ۳- واحد تحت ارزیابی o به طور کل کارآیی سود نامیده می‌شود اگر و تنها اگر $PE_o^{*Overall}=1$. در غیراین صورت، واحد تحت ارزیابی از نظر سوددهی ناکارآ خواهد بود.

بر اساس جواب بهینه مدل (۷)، کارآیی سود برای هر یک از مؤلفه‌های فرآیند دو مرحله‌ای مورد نظر به‌صورت زیر تعیین می‌شود:

کارآیی سود مؤلفه اول:

$$PE_o^{*Stage1}=\frac{\sum_{m=1}^{M}\bar{v}_m^o-(\sum_{n=1}^{N}\bar{x}_n^o+\sum_{j=1}^{J}\bar{w}_j^o)}{\sum_{m=1}^{M}\bar{v}_m^*-(\sum_{n=1}^{N}\bar{x}_n^*+\sum_{j=1}^{J}\bar{w}_j^*)} \qquad (۹)$$

کارآیی سود مؤلفه دوم:

$$PE_o^{*Stage2}=\frac{(\sum_{m=1}^{M}\bar{v}_m^o+\sum_{r=1}^{R}\bar{y}_r^o)-(\sum_{t=1}^{T}\bar{z}_t^o+\sum_{i=1}^{I}\bar{h}_i^o)}{(\sum_{m=1}^{M}\bar{v}_m^*+\sum_{r=1}^{R}\bar{y}_r^*)-(\sum_{t=1}^{T}\bar{z}_t^*+\sum_{i=1}^{I}\bar{h}_i^*)} \qquad (۱۰)$$

کارآیی سود هر یک از مؤلفه‌ها نیز همانند کارآیی سود کل به‌صورت نسبت سود مشاهده‌شده به سود ایده‌آل تعریف شده است. همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شد، مقدار سود از تفاضل درآمد و هزینه به دست می‌آید. بنابراین با توجه به تعاریف (۹) و (۱۱)، در مؤلفه اول خروجی مطلوب v و مجموع ورودی x و خروجی نامطلوب w به ترتیب نقش درآمد و هزینه را ایفا می‌کنند. همچنین با توجه به اهمیت نقش شاخص میانی مطلوب v بر میزان تولیدات مؤلفه دوم که قبلاً نیز به آن اشاره شد، مجموع شاخص میانی v و خروجی مطلوب

y نقش درآمد و مجموع ورودی x و خروجی نامطلوب w نقش هزینه را برای مؤلفه دوم بازی می‌کنند.

بنا به (۹) و (۱۰)، کارآ بودن از نظر سود برای هر یک از مؤلفه‌های سیستم دو مرحله‌ای معرفی‌شده به‌صورت زیر تعریف می‌شود.

تعریف ۴- هر یک از مؤلفه‌های اول و دوم واحد تحت ارزیابی o کارآی سود خوانده می‌شوند اگر و تنها اگر به‌ترتیب داشته باشیم $PE_o^{*Stage۱}=۱$ و $PE_o^{*Stage۲}=۱$ (توجه داریم که $۰<PE_o^{*Stage۱}\le ۱$ و $۰<PE_o^{*Stage۲}\le ۱$).

همچنین با توجه به ارتباط مؤلفه‌های ساختار دو مرحله‌ای معرفی‌شده، تعریف دیگری نیز برای کارآیی سود کل به‌صورت زیر می‌توان ارائه نمود.

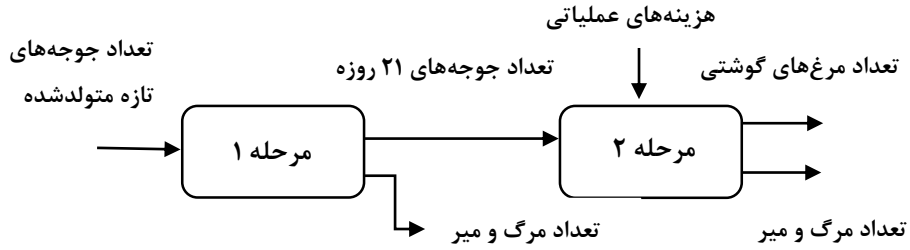
تعریف ۵- واحد تحت ارزیابی o به‌طور کل کارآی سود نامیده می‌شود ($PE_o^{*Overall}=۱$) اگر و تنها اگر هر دو مؤلفه اول و دوم آن کارآی سود باشند ($PE_o^{*Stage۱}=PE_o^{*Stage۲}=۱$).

تعاریف فوق حاکی از این مطلب می‌باشد که در مواردی ممکن است تنها یکی از مؤلفه‌های سیستم از نظر سوددهی کارآ شود یا به‌عبارتی مقدار کارآیی یک برای آن محاسبه شود اما به دلیل ناکارآیی مؤلفه دیگر از نظر سوددهی، سیستم به‌طور کل ناکارآی سود خواهد شد.

۴- مطالعه موردی

به‌منظور تحلیل و بررسی بیشتر روش پیشنهادی این تحقیق، مثالی در زمینه تولیدات مرغ گوشتی ۱۵ مرکز تولیدی مطرح‌نموده و به تحلیل و ارزیابی آن از نظر سوددهی می‌پردازیم. ساختار تحت بررسی در شکل ۲ ارائه شده است.

مطابق با شکل ۲، هر یک از ۱۵ مرکز تولیدی شامل دو مرحله می‌باشند. به‌طوری که مرحله اول تولید جوجه‌های ۲۱ روزه و مرحله دوم تولید مرغ‌های گوشتی را بر عهده دارند.



شکل۲. فرآیند دو مرحله‌ای تولیدات گوشتی

عوامل ورودی و خروجی هر یک از مؤلفه‌ها به شرح زیر می‌باشند:

- **مؤلفه اول (تولید جوجه‌های ۲۱ روزه):**

ورودی x: تعداد جوجه‌های تازه متولدشده

شاخص میانی مطلوب v: تعداد جوجه‌های ۲۱ روزه

خروجی نامطلوب w: تعداد مرگ و میر جوجه‌ها

- **مؤلفه دوم (تولید مرغ های گوشتی):**

ورودی z: هزینه‌های عملیاتی شامل تهیه غذا، دارو و امثال این‌ها

شاخص میانی مطلوب v: تعداد جوجه های ۲۱ روزه

خروجی مطلوب y: تعداد مرغ‌های گوشتی

خروجی نامطلوب w: تعداد مرگ و میر مرغ‌ها

شایان ذکر است که شاخص میانی مطلوب v، به ترتیب نقش‌های خروجی و ورودی را برای هر یک از مؤلفه‌های اول و دوم ایفا می‌کند.

با توجه به شاخص‌های فوق، خلاصه آماری متغیرهای ۱۵ مرکز تولیدی مرغ‌های گوشتی در جدول ۱ گردآوری شده است. همچنین اطلاعات مربوط به قیمت‌های ورودی و خروجی هر یک از مؤلفه‌های اول و دوم در جدول ۲ قابل ملاحظه می باشد.

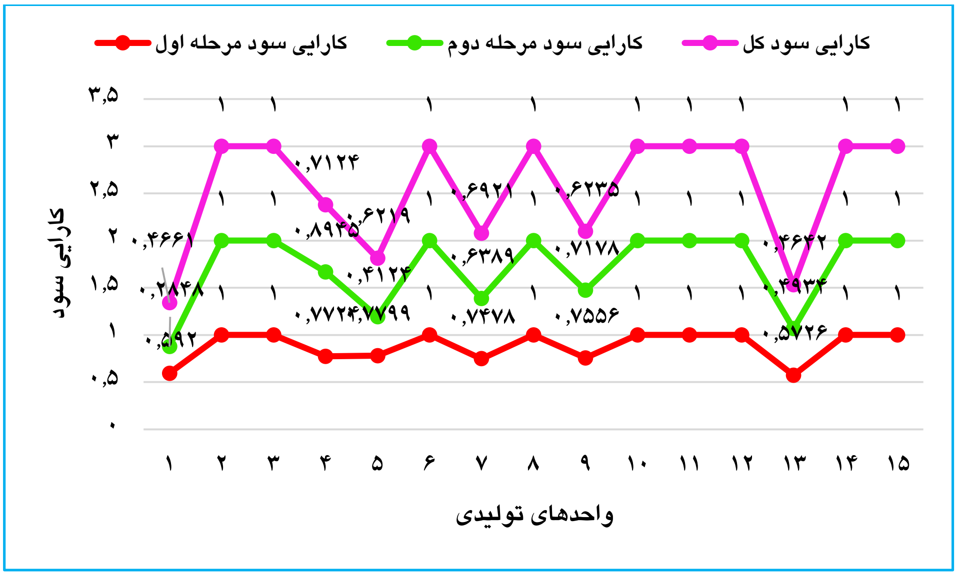
جدول۱. خلاصه آماری متغیرهای ۱۵ مرکز تولیدی مرغ‌های گوشتی

متغیرها	میانگین	می‌نیمم	ماکزیمم	انحراف معیار
x ورودی مرحله ۱	۲۰۴۹۳,۱۳	۱۶۶۵۶	۲۵۲۷۸	۲۶۰۸,۵۳
w خروجی نامطلوب مرحله ۱	۱۸۰,۲	۱۱۸	۲۴۹	۴۳,۰۰۱
v شاخص میانی مطلوب	۲۰۳۱۶,۲۶	۱۶۴۹۴	۲۵۱۴۰	۵۳۹۲,۰۸
z ورودی مرحله ۲	۴۰۴۷۸,۵۳	۳۶۳۳۸	۴۸۶۳۸	۳۵۹۵,۴۶
y خروجی مطلوب مرحله ۲	۲۰۵۰۶,۱۳	۱۶۱۹۰	۲۸۶۶۹	۳۳۸۶,۱۷
h خروجی نامطلوب مرحله ۲	۴۷۷,۵۳	۲۱۴	۶۳۵	۱۱۷,۶۴

جدول۲. قیمت‌های ورودی‌ها و خروجی‌های مؤلفه‌های اول و دوم

تولیدی‌ها	c^x	c^w	c^v	c^z	c^y	c^h
۱	۲,۵۴	۱,۷۲	۳,۹	۱	۵,۹۸	۱,۷۲
۲	۲,۹۳	۲,۷۳	۶,۱	۱	۴,۲۳	۱,۲۳
۳	۱,۳۹	۱,۲۴	۵,۶	۱	۵,۹۷	۱,۳۴
۴	۲,۴۲	۲,۳۸	۶,۲	۱	۵,۵۲	۳,۲۹
۵	۳,۳۰	۱,۸۳	۵,۳	۱	۶,۵۳	۱,۴۷
۶	۱,۴۵	۱,۴۰	۶,۲	۱	۶,۶۵	۲,۲۳
۷	۱,۸۹	۱,۸۷	۴,۱	۱	۵,۷۶	۱,۵۶
۸	۲,۵۲	۱,۵۶	۵,۲	۱	۶,۳۸	۱,۵۳
۹	۲,۶۳	۱,۳۲	۶,۱	۱	۴,۹۵	۱,۱۲
۱۰	۱,۷۴	۱,۹۲	۴,۳	۱	۳,۷۶	۱,۸۴
۱۱	۲,۹۶	۲,۹۳	۳,۱	۱	۵,۶۶	۲,۹۳
۱۲	۱,۶۸	۱,۹۵	۷,۲	۱	۶,۷۵	۲,۰۱
۱۳	۲,۳۰	۱,۵۸	۵,۱	۱	۴,۸۱	۱,۵۵
۱۴	۱,۶۷	۲,۳۴	۴,۶	۱	۴,۲۶	۲,۷۴
۱۵	۱,۲۷	۱,۹۹	۶,۴	۱	۶,۸۹	۱,۰۲

با توجه به مقادیر جدول‌های ۱ و ۲، کارآیی سود برای هر یک از ۱۵ مرکز تولید مرغ گوشتی و همچنین هر یک از مؤلفه‌های آن‌ها بر اساس مدل (۷) و روابط (۸)، (۹) و (۱۰) محاسبه شده است. نتایج در شکل ۳ و جزئیات کارآیی‌های سود حاصل از مدل پیشنهادی در جدول ۳ قابل ملاحظه می‌باشد.



شکل ۳. کارآیی سود فرآیند دو مرحله‌ای تولیدات گوشتی

جدول۳. کارآیی سود و تکنیکی کل و مؤلفه‌های واحدهای تولیدی

تولیدی ها	$PE_o^{*Overall}$	$PE_o^{*Srage1}$	$PE_o^{*Stage2}$	$TE_o^{*Overall}$	$TE_o^{*Stage1}$	$TE_o^{*Stage2}$	$BPE_o^{*Overall}$
۱	۰,۴۶۶۱	۰,۲۸۴۸	۰,۵۹۲۰	۰,۸۹۵۴	۰,۹۹۷۱	۰,۷۹۳۶	۰,۲۷۶۹
۲	۱	۱	۱	۰,۷۹۱۲	۰,۸۲۳۲	۰,۷۵۹۱	۱
۳	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۴	۰,۷۱۲۴	۰,۸۹۴۵	۰,۷۷۲۴	۱	۱	۱	۰,۱۷۱۵
۵	۰,۶۲۱۹	۰,۴۱۲۴	۰,۷۷۹۹	۰,۸۳۵۱	۰,۸۶۴۵	۰,۸۰۵۸	۰,۲۷۹۳
۶	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۷	۰,۶۹۲۱	۰,۶۳۸۹	۰,۷۴۷۸	۰,۸۳۳۲	۰,۹۷۰۹	۰,۶۹۵۶	۰,۵۶۹۵
۸	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۹	۰,۶۲۳۵	۰,۷۱۷۸	۰,۷۵۵۶	۰,۷۴۷۸	۰,۸۱۸۱	۰,۶۷۷۵	۰,۰۱۳۹
۱۰	۱	۱	۱	۰,۷۳۳۵	۰,۸۳۳۰	۰,۶۳۴۰	۱
۱۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۱۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۱۳	۰,۴۶۴۲	۰,۴۹۳۴	۰,۵۷۲۶	۱	۱	۱	۰,۰۷۴۶

۱	۰,۷۲۱۷	۰,۸۴۹۴	۰,۷۸۵۵	۱	۱	۱	۱۴
۱	۰,۷۵۶۰	۱	۰,۸۷۸۵	۱	۱	۱	۱۵

همان‌طور که ملاحظه می‌کنید جدول ۳ شامل هشت ستون می‌باشد که ستون‌های دو، سه و چهار به ترتیب کارآیی سود کل و هر یک از مؤلفه‌های اول و دوم و ستون‌های پنج، شش و هفت به ترتیب کارآیی تکنیکی کل و هر یک از مؤلفه‌های سیستم دو مرحله‌ای معرفی‌شده را نشان می‌دهند. همچنین ستون آخر یا ستون هشتم مقدار کارآیی سود کل فرآیند بدون در نظر گرفتن آن به‌صورت ساختار شبکه‌ای و در نظر گرفتن سیستم موردنظر به‌صورت جعبه سیاه را نشان می‌دهد.

مقادیر ستون دوم جدول ۳ نشان می‌دهند که ۹ مرکز از میان ۱۵ مرکز تولیدی به‌طور کل کارآی سود شده‌اند و ۶ واحد ناکارآی سود شده‌اند. همچنین مقادیر ستون‌های سه و چهار نشان می‌دهند که مؤلفه‌های اول و دوم ۹ واحد موردنظر نیز از نظر سود کارآ می‌باشند. مقدار کارآیی‌های موجود در ستون پنج نشان می‌دهند که ۷ واحد از میان ۱۵ واحد تولیدی کارآی تکنیکی و ۸ واحد ناکارآی تکنیکی می‌باشند و اما مقادیر ستون‌های شش و هفت نشان می‌دهند که مؤلفه‌های اول ۸ واحد تولیدی و مؤلفه‌های دوم ۷ واحد تولیدی از نظر تکنیکی کارآ می‌باشند. مقدار کارآیی سود و تکنیکی کل سیستم و هر یک از مؤلفه‌های آن در جدول حاوی نکات حائز اهمیتی می‌باشند که به شرح آن‌ها می‌پردازیم.

همان‌طور که در تعریف ۵ بخش قبل گفته شد کل فرآیند دو مرحله‌ای کارآی سود خواهد بود اگر و تنها اگر هر دو مؤلفه آن کارآی سود باشند. وابستگی کارآیی کل ساختارهای شبکه‌ای به همه مؤلفه‌های آن در تمامی زمینه‌ها چه تکنیکی، سوددهی و موارد دیگر همواره برقرار است. به این ترتیب در خصوص کارآیی تکنیکی نیز کل ساختار شبکه‌ای زمانی به‌طور کل کارآ خواهد بود که تمامی مؤلفه‌های آن کارآ باشند. این مطلب در ستون‌های دو، سه، چهار، پنج، شش، هفت مشهود می‌باشد. در رابطه با کارآیی سود، واحدهای ۲، ۳، ۶، ۸، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۴ ، ۱۵ که به‌طور کارآی سود شده‌اند، هر دو مؤلفه آن‌ها هم کارآی سود می‌باشند. در زمینه کارآیی تکنیکی نیز هر دو مؤلفه واحدهای تولیدی کارای ۳، ۴، ۶، ۸، ۱۱، ۱۲ ، ۱۳ کارآ شده‌اند و اما واحد ۱۵ با وجود این که مؤلفه اول کارا دارد به دلیل ناکارآیی مؤلفه دوم خود به لحاظ تکنیکی به‌طور کل ناکارآ شده است.

علاوه بر وابستگی کارآیی کل به تمامی مؤلفه‌ها، نکته قابل توجه دیگر این است که واحدهای تولیدی ممکن است از هر نظر کارآ نباشند. به‌عبارتی واحدهای تولیدی می‌توانند از

لحاظ تکنیکی کارآ باشند، در حالی که از نظر سوددهی عملکردشان مطلوب نباشد و برعکس. به‌عنوان مثال، واحدهای ۲، ۱۰، ۱۴ ، ۱۵ از نظر سوددهی کارآ هستند، در حالی که از نظر تکنیکی عملکرد خوبی نداشته‌اند و یا واحدهای ۴ و ۱۳ از نظر تکنیکی کارآ بوده‌اند، در صورتی که از نظر سوددهی ناکارآ می‌باشند.

مقادیر کارآیی سود کل و هر یک از مؤلفه‌های واحدهای تولیدی روش پیشنهادی نشان می‌دهند که در برخی از واحدهای تولیدی، مؤلفه دوم از نظر سوددهی عملکرد بهتری داشته و در برخی دیگر، مؤلفه اول عملکرد بهتری داشته است. به‌عنوان مثال، مقدار کارآیی سود مؤلفه اول واحد ۴ برابر ۰,۸۹۴۵ و مقدار کارآیی مؤلفه دوم آن برابر ۰,۷۷۲۴ می‌باشد و این یعنی عملکرد مؤلفه اول واحد ۴ از نظر سوددهی بهتر از عملکرد مؤلفه دوم آن بوده است. این در حالی است که عملکرد مؤلفه دوم واحدهای ۱، ۵، ۷، ۹ ، ۱۳ از نظر سوددهی بهتر از مؤلفه اول آن‌ها بوده است. به‌عنوان نمونه، کارآیی سود مؤلفه اول واحد ۱۳ برابر ۰,۴۹۳۴ و کارآیی سود مؤلفه دوم آن برابر ۰,۵۷۲۶ می‌باشد.

به‌طور کلی عملکرد کل سیستم بر اساس عملکرد هر دو مؤلفه هر یک از مراکز تولیدی تعیین می‌شود. به‌عبارتی، اگر مؤلفه دوم در یک مرکز مقدار کارآیی بیشتری از نظر سود داشته باشد، به این معناست که این مؤلفه تاثیر بیشتری نسبت به مؤلفه اول بر میزان کارآیی کل خواهد داشت. این مطلب در مورد مؤلفه اول نیز صادق خواهد بود. یعنی بیشتر بودن مقدار کارآیی سود مؤلفه اول نسبت به مؤلفه دوم اثر بیشتری بر مقدار کارآیی کل خواهد داشت. بنابراین با توجه به مقدار کارآیی هر یک از مؤلفه‌های واحدهای تولیدی در مثال مطرح‌شده، مؤلفه دوم واحد ۴ و مؤلفه اول واحدهای ۱، ۵، ۷، ۹ ، ۱۳ تاثیر بیشتری بر مقدار کارآیی سود کل سیستم داشته‌اند. مطالب فوق در زمینه کارآیی تکنیکی نیز صادق است. بر این اساس در مثال فوق، در زمینه کارای تکنیکی نیز تاثیر کارآیی مؤلفه اول واحدهای تولیدی بر کارآیی کل آن‌ها بیشتر از مؤلفه‌های دوم می‌باشد.

همان‌طور که در ابتدا معرفی شد، ستون هشتم مقدار کارآیی سود هر یک از واحدهای تولیدی بدون در نظر گرفتن ساختار داخلی آن‌ها و تنها در نظر گرفتن ورودی‌های اولیه و خروجی‌های نهایی را نشان می‌دهد. حال اگر بخواهیم این مقادیر را با مقدار کارآیی‌های به‌دست آمده برای هر یک از واحدهای تولیدی با فرض شبکه‌ای بودن ساختار آن‌ها مقایسه نماییم، می‌توان به این مطلب اشاره کرد که اگر چه تعداد واحدهای کارآی سود با فرض شبکه‌ای نبودن سیستم یعنی در نظر نگرفتن فرآیند داخلی آن با تعداد واحدهای کارای سود در

حالتی که سیستم به صورت شبکه‌ای در نظر گرفته شده است، در مثال موردنظر تفاوتی ندارد اما تأثیر حذف شاخص میانی و در نظر گرفتن سیستم به‌صورت تک مؤلفه در مقدار کارآیی واحدهای ناکارآی سودی چون ۱، ۴، ۵، ۹ ، ۱۳ به روشنی قابل ملاحظه می‌باشد.

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادهای آتی

همان‌طور که می‌دانیم در دنیای رقابتی امروز مدیران همواره در تلاشند تا با کاهش هزینه‌ها و افزایش سطح درآمد در جهت رشد و توسعه اقتصادی به سطح مطلوبی از سوددهی دست یابند. از این رو در این تحقیق، ابتدا یک ساختار دو مرحله‌ای شامل خروجی‌های نامطلوب در نظر گرفته شد. سپس با در نظر گرفتن فرض دسترسی‌پذیری ضعیف برای عوامل نامطلوب و توجه به اهمیت نقش شاخص میانی، بر اساس اصول موضوعه تحلیل پوششی داده‌ها، مجموعه تکنولوژی مناسبی تحت فرض بازده به مقیاس متغیر برای ساختار موردنظر ارائه شد. فرض قیمت‌های معین و متفاوت برای ورودی‌ها و خروجی‌ها نیز در تکنولوژی تعریف‌شده اعمال شد. سپس، با توجه به تکنولوژی تولید معرفی‌شده مدلی جهت ارزیابی کارآیی سود ساختار دو مرحله‌ای در حضور عوامل نامطلوب ارائه شد. مدل پیشنهادی علاوه بر ارزیابی کارآیی سود کل ساختار مورد نظر قادر به تعیین کارآیی سود هر یک از مؤلفه‌های آن نیز می‌باشد.

همچنین مقایسه نتایج میان کارآیی سود حاصل از مدل پیشنهادی و کارآیی سود بدون در نظر گرفتن ساختار شبکه‌ای و کارآیی تکنیکی حاکی از این است که عملکرد واحدهای تولیدی مرغ گوشتی در حالتی که فرآیند داخلی آن‌ها در نظر گرفته می‌شود، بهتر از زمانی است که ساختار شبکه‌ای آن‌ها در نظر گرفته نمی‌شود. به علاوه، کارآ بودن یک واحد تولیدی از نظر تکنیکی دلیلی بر کارآ بودن آن از منظر سود نخواهد بود. به‌عبارتی، واحدهای تولیدی می‌توانند در زمینه‌های مختلف عملکرد متفاوتی از خود نشان دهند. در واقع یک واحد می‌تواند از نظر تکنیکی کارآ باشد در حالی که از نظر سود کارآ نباشد و برعکس. علاوه بر موارد فوق، وابستگی کارآیی کل ساختار شبکه‌ای به تمامی مؤلفه‌های آن در زمینه کارآیی سود و تکنیکی نیز نشان از این مطلب دارد که ساختارهای شبکه‌ای در زمینه‌های مختلف زمانی به‌طور کل کارآ خواهند بود که تمامی مؤلفه‌های آن‌ها کارآ باشند.

تعمیم مدل پیشنهادی برای ارزیابی کارآیی سود فرآیندهای شبکه‌ای با ساختارهای متفاوت دیگر در حالت عدم قطعیت می‌تواند موضوع جالبی برای تحقیق آتی باشند.

۶- پی‌نوشت‌ها

١. Charnes
٢. Farrell
٣. Färe
٤. Ray and Kim
٥. Tone
٦. Fukuyama and Weber
٧. Camanho and Dyson
٨. Sahoo
٩. Färe and Grosskopf
١٠. Lozano
١١. Fukuyama and Matousek
١٢. Shephard
١٣. Kuosmanen

۷- منابع

[1] Charnes, A., Coopre, W.W., Rhodes, E., (1978). Measuring the efficiency of decision making units, European Journal of Operational Research, 2, pp 429-444.

[2] Farrell, M. J., (1957). The measurement of production efficiency, Journal of the Royal Statistical Society 120. Series A, General, pp 253-281.

[3] Färe, R., Grosskopf, S., Lovell, C. A. K., (1985). The measurement of efficiency of production, Kluwer-Nijhoff, Boston.

[4] Ray, R. C., Kim, H. J., (1995). Cost efficiency in the US steel industry: A nonparametric analysis using data envelopment analysis, European Journal of Operational Research, 80, pp 654-671.

[5] Tone, K., (2002). A strange Case of the Cost and Allocative Efficiencies in DEA, Journal of the Operation Research, Society 53, pp 1225-123.

[6] Fukuyama, H., Weber, W. L., (2004). Economic inefficiency measurement of input spending when decision-making units face different input prices, Journal of the Operational Research Society, 55, pp 1102-1110.

[7] Fukuyama, H., Weber, W. L., (2008). Japanese securities firms. Journal of

Applied Economics, 11, pp 281-303.

[8] Camanho, A. S., Dyson, R. G., (2008). A generalization of the Farell cost efficiency measure applicable to non-fully competitive settings, Omega: The International Journal of Management Science, 36, pp 147-162.

[9] Sahoo, B. K., Mehdiloozad, M., Tone, K., (2014). Cost, revenue and profit efficiency measurement in DEA: A directional distance function approach, European Journal of Operational Research, 237(3), pp 921-931.

[10] Färe, R., Grosskopf, S., (2000). Network DEA, Socio-Economic Planning Sciences, 34, pp 35-49.

[11] Kao, C., Hwang, S-N., (2008). Efficiency decomposition in two-stage data envelopment analysis: An application to non-life insurance companies in Taiwan, European Journal of Operational Research, 185, pp 418-429.

[12] Chen, Y., Cook, L. WD., Li, N., Zhu, J., (2009). Additive efficiency decomposition in two-stage DEA, European Journal of Operational Research, ۱۹۶, □□ ۱۱۷۰-۱۱۷۶.

[13] Liang, L., Cook, WD., Zhu, J., (2008). DEA models for two-stage processes: game approach and efficiency decomposition, Naval Research Logistics, 55, pp ۶۴۳-۵۳.

[14] Tone, K., Tsutsui, M., (2010). Dynamic DEA: a slacks-based measure approach, Omega, 38, pp 145-156.

[15] Kao C., (2014). Network data envelopment analysis: A review, European Journal of Operational research, 239, pp 1-16.

[16] Salari, M., Zandiyeh, M., (2016). Measuring the efficiency of internet shops using a multi stages Data Envelopment Analysis (DEA) model, IQBQ, 3(20), pp 127-151.

[17] Amirteimoori, A., Despotis, D. K., Kordrostami, S., Azizi, H., (2016). Additive models for network data envelopment analysis in the presence of shared

resources, Transportation Research Part D, 48, pp 411-424.

[18] Taghavifard, MT., Maghsod, A., Mozafari, R., (2016). Management the managerial of Bank Branches: A Three-Stage DEA Analysis (In Melli Bank of Iran), MRDM, 2(1), PP 51-72.

[19] Kolyaei, M., Azar, A., Amini, M., Rajabzadeh Gatari, A., (2016). Design of integerated mathematical model foe closed-loop supply chain. IQBQ, 20(1), PP 1-32.

[20] Lozano, S., Gutierres, E., Moreno, P., (2013). Network DEA approach to airports performance assessment considering undesirable outputs, Applied Mathematical Modelling, 37, pp 1665-1676.

[21] Maghbouli, M., Amirteimoori, A., Kordrostami, S., (2014). Two-stage network structures with undesirable outputs: A DEA based approach, Measurement, 48, pp 109-118.

[22] Wu, J., Zhu, Q., Ji, X., Chu, J., Liang, L., (2016). Two-stage network processes with shared resources and resources recovered from undesirable outputs, European Journal Operational Research, 251, pp 182-197.

[23] Lozano, S., (2011). Scale and cost efficiency analysis of networks of processes, Expert System with Applications, 38, pp 6612-6617.

[24] Banihashemi, S., Tohidi, G., (2013). Allocation efficiency in network DEA, International Journal of Data Envelopment Analysis, 1, pp 85-96.

[25] Hoseinzadeh, F., Zaker, E., (2020). Evaluation of cost-effictiveness and cost efficiency of network systems Case study: Bank branches, MRDM, 1, pp 22-42

[26] Banihashem, Sh., Sanei, M., Mohamadian Manesh, Z., (2013). Cost, revenue and profit efficiency in supply chain, African Journal of Business Management, 7, pp ۴۲۸۰–۴۲۸۷.

[27] Fukuyama, H., Matousek, R., (2017). Modeling bank performance: A network DEA approach, European Journal of Operational Research, 259, pp 721-732.

[28] Jahani Sayyad Noveiri, M., Kordrostami, S., Amirteimoori, A. R., (2017). Cost efficiency of closed-loop supply chain in the presence of dual-role and undesirable factors, Journal of New Research in Mathematics, 9, pp 5-16.

[29] Shephard R.W., (1970). Theory of Cost and Production functions, Princeton University Press.

[30] Kuosmanen, T., pp (2005). Weak disposability in nonparametric production analysis with undesirable outputs, American Journal of Agricultural Economics, ۸۷, □□ ۱۰۷۷–۱۰۸۲.