اگر $\theta^{\Delta^*}=1$ باشد، عضو زنجیره‌تأمین Δ کارا (کارای ضعیف) است. همچنین، برای عملکرد ناکارا، روابط (۳) تا (۶) مسیر حرکت به سمت کارا شدن را از طریق تصویر کردن واحد ناکارا روی مرز کارایی از طریق مقادیر بهینه‌ی $\sum_{j=1}^{J}\emptyset_j^{\Delta^*}x_{ij}^{\Delta}$ و $\sum_{j=1}^{J}\emptyset_j^{\Delta^*}y_{rj}^{\Delta}$ ارائه می‌کند.

به دلیل تضاد احتمالی موجود ناشی از سنجه‌های واسطه‌ای بین اعضای زنجیره‌تأمین مرتبط، عملکرد زنجیره-تأمین را نمی‌توان به سادگی و با مفهوم عدم-تسلط از طریق روابط (۳) تا (۶) تعریف کرد. بنابراین فرض کنید w_i وزن مشخص‌شده توسط کاربر منعکس‌کننده اولویت عملکرد (عملیات) اعضای زنجیره‌تأمین باشد. همچنین فرض کنید DI^{Δ} و $D\ R^{\Delta}$ به ترتیب نشانگر مجموعه‌ی ورودی‌ها و خروجی‌های مستقیم برای عضو زنجیره‌تأمین Δ باشند. پس ما از نمادهای زیر برای نمایش ورودی‌ها و خروجی‌های واسطه‌ای استفاده می کنیم:

$\Omega_i, \mathrm{i}=1,\dots,4$: کارایی مرحله i ام.

Ω: کارایی کل زنجیره.

λ_j: ضرایب مربوط به مرحله تأمین‌کننده

β_j: ضرایب مربوط به مرحله تولید کننده

δ_j: ضرایب مربوط به مرحله عمده فروش

γ_j: ضرایب مربوط به مرحله خرده فروش

$x_{ij}^{supplier}$ ورودی مستقل تامین کننده

$y_{rj}^{supplier}$:خروجی مستقل تامین کننده

$x_{ij}^{manufacturer}$ ورودی مستقل تولید کننده

$x_{ij}^{manufacturer}$: خروجی مستقل تولید کننده

$x_{ij}^{wholesaler}$: ورودی مستقل عمده فروش

$y_{rj}^{wholesaler}$: خروجی مستقل عمده فروش

$x_{ij}^{retailer}$: ورودی مستقل خرده فروش

$y_{rj}^{retailer}$: خروجی مستقل خرده فروش

$t: Z_t^{S-M}$ امین خروجی واسطه‌ای از تأمین‌کننده به تولیدکننده، $t=1,\dots,T$.

$m: Z_m^{M-S}$ امین خروجی واسطه‌ای از تولیدکننده به تأمین‌کننده، $m=1,\dots,M$.

$f: Z_f^{M-W}$ امین خروجی واسطه‌ای از تولیدکننده به عمده‌فروش، $f=1,\dots,F$.

$g: Z_g^{W-M}$ امین خروجی واسطه‌ای از عمده‌فروش به تولیدکننده، $g=1,\dots,G$.

$l: Z_l^{M-R}$ امین خروجی واسطه‌ای از تولیدکننده به خرده‌فروش، $l=1,\dots,L$.

$q: Z_q^{R-M}$ امین خروجی واسطه‌ای از خرده‌فروش به تولیدکننده، $q=1,\dots,Q$.

$e: Z_e^{W-R}$ امین خروجی واسطه‌ای از عمده‌فروش به خرده‌فروش، $e=1,\dots,E$.

$n: Z_n^{R-W}$ امین خروجی واسطه‌ای از خرده‌فروش به عمده‌فروش، $n=1,\dots,N$.

قابل‌توجه است که فقط خروجی‌های واسطه‌ای تعریف‌شده‌اند، چرا که هر کدام از این خروجی‌ها در عین حال نمایشگر ورودی مرتبط با عضوی از زنجیره‌تأمین نیز می‌باشد. به عنوان مثال Z_t^{S-M} (خروجی تأمین‌کننده) نمایانگر ورودی برای تولیدکننده می‌باشد [6].

بدین ترتیب مسئله برنامه‌ریزی خطی زیر را برای ارزیابی عملکرد یک زنجیره‌تأمین به کار می گیریم:

$$\Omega^* = \min_{\Omega_i,\lambda_j,\beta_j,\delta_j,\gamma_j,\tilde{z}} \sum_{i=1}^{4} w_i\Omega_i \Big/ \sum_{i=1}^{4} w_i$$

s.t (۷)

(تأمین کننده)

$$\sum_{j=1}^{J}\lambda_j x_{ij}^{supplier} \le \Omega_1 x_{ij_0}^{supplier}, i \in DI^{supplier} \quad (۸)$$

$$\sum_{j=1}^{J}\lambda_j y_{rj}^{supplier} \ge y_{rj_0}^{supplier}, r \in DR^{supplier} \quad (۹)$$

$$\sum_{j=1}^{J}\lambda_j z_{tj}^{S-M} \ge \tilde{z}_{tj_0}^{S-M}, t=1,\dots,T \quad (۱۰)$$

مقاله پژوهشی

الگویابی در زنجیره تأمین با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها و شبیه‌سازی پویایی‌های سیستم

مرتضی شفیعی[1*]، هیلدا صالح[2]، مهدی قادری[3]

دانشگاه آزاد اسلامی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۹/۲۹

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۳/۰۱

چکیده

امروزه ارزیابی عملکرد به‌منظور استفاده از ترکیب مناسب از کلیه‌ی منابع زنجیره به بهترین نحو برای ارائه محصولات و خدمات امری ضروری است. یکی از روش‌های سنجش کارایی زنجیره‌تأمین استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها می‌باشد. از آنجایی که مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها از ورودی‌ها و خروجی‌های زمان حال و گذشته برای ارزیابی کارایی زنجیره تأمین استفاده می‌کنند، لذا، نتایج حاصل از ارزیابی‌ها برای ارائه الگو و تعیین استراتژی مناسب نمی‌باشند، بدین منظور در این مقاله با استفاده از شبیه‌سازی پویایی‌های سیستم، داده‌های واحدهای تحت ارزیابی را پیش‌بینی می‌کنیم و سپس با استفاده از مدل پیشنهادی تحلیل پوششی داده‌ها، به ارائه الگوی مناسب برای تدوین استراتژی‌های بهبود عملکرد می‌پردازیم. در انتها مدل طراحی‌شده را در صنایع شیر استان فارس پیاده‌سازی شده است و استراتژی‌های مناسب برای ارتقای کارایی این صنعت تدوین گردیده است.

واژه‌های کلیدی: مدیریت زنجیره‌تأمین، الگویابی، تحلیل پوششی داده‌ها، شبیه‌سازی پویایی‌های سیستم.

۱- مقدمه

در بازارهای جهانی امروزی شرکت‌ها واحدهایی بانام‌های تجاری منحصربه‌فرد نیستند که بتوانند به‌صورت مستقل فعالیت کنند. پیچیدگی کالاها و خدمات در دنیای امروز به‌گونه‌ای است که بسیار کم اتفاق می‌افتد سازمان یا مؤسسه‌ای به‌تنهایی و بدون کمک گرفتن و همکاری با دیگر سازمان‌ها بتواند محصولی را تولید یا خدمتی ارائه کند. این چالش‌ها در دنیای کسب‌وکار باعث ظهور رویکرد زنجیره تأمین‌شده که مرزهای میان شرکت‌ها را پشت سر گذاشته و شامل کلیه فعل و انفعالاتی است که از تأمین مواد اولیه تا تحویل کالای ساخته شده به مشتری را در برمی‌گیرد. در محیط چالشی و رقابتی شدید، زنجیره‌های تأمین بایستی دائماً عملکرد خود را بهبود دهند تا بقاء خود را تضمین کنند و این جز با ارزیابی عملکرد میسر نمی‌گردد. طراحی و ارزیابی صحیح زنجیره تأمین یکی از موضوعات مهم برای مدیران و محققان می‌باشد که به دلیل روابط درونی واحدهای درگیر، پیچیدگی فرایند را دوچندان می‌کند. از این رو، در طراحی سیستم ارزیابی عملکرد بایستی تا حد ممکن تمامی ارتباطات، تعاملات، اولویت‌ها، تأثیرگذاری‌ها و محدودیت‌ها مد نظر قرار گیرد تا نتیجه ارزیابی یک زنجیره‌تأمین بازخورد صحیح‌تری از عملکرد جهت بهبود ارائه دهد. مدیریت تقاضا، سطح بهینه دسترسی به محصول و کاهش هزینه‌های موجودی (سفارش، نگهداری و کمبود) در طول زنجیره یکی از اهداف مهم زنجیره‌تأمین می‌باشد که مستلزم طراحی یک سیستم ارزیابی عملکرد صحیح می‌باشد. یکی از مشکل‌ترین زمینه‌ها

۱*- دانشیارگروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد و مدیریت، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، پست الکترونیک: ma.shafiee277@gmail.com

۲- استادیار گروه ریاضی، دانشکده علوم پایه، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی،تهران، پست الکترونیک: h.saleh@iauctb.ac.ir

۳- دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد و مدیریت، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، نویسنده مسئول، پست الکترونیک: m.ghaderi87@gmail.com

در این حوزه، انتخاب معیار عملکرد و استفاده از تکنیک‌های مختلف برای ارزیابی عملکرد می‌باشد. یکی از مهم‌ترین تکنیک‌هایی که در ارزیابی زنجیره‌تأمین مورد استفاده قرار می‌گیرد تحلیل پوششی داده‌ها می‌باشد. این تکنیک با استفاده از نسبت موزون خروجی‌ها به ورودی‌ها و ایجاد یک مرز کارا به محاسبه کارایی و ارزیابی عملکرد سیستم می‌پردازد؛ به عبارت دیگر تحلیل پوششی داده‌ها یکی از تکنیک‌هایی می‌باشد که می‌تواند پیچیدگی‌های درونی زنجیره‌تأمین را در فرایند ارزیابی مد نظر قرار داده و ارزیابی دقیق‌تر و واقعی‌تری ارائه دهد. تحلیل پوششی داده‌ها نیز مانند سایر روش‌ها دارای محدودیت‌هایی می‌باشد. یکی از مشکلات استفاده از این تکنیک عبارت است از اینکه مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها از ورودی‌ها و خروجی‌های زمان حال و گذشته برای ارزیابی استفاده می‌کنند. لذا، به تبع آن نتایجی که بر مبنای داده‌های گذشته به دست آید نمی‌تواند چراغ راه هدایت سازمان به سمت آینده باشد و با استفاده از نتایج حاصل از این روش مدیران قادر به برنامه‌ریزی برای آینده و بهبود فعالیت‌های زیر مجموعه خود نمی‌باشند؛ به عبارت دیگر مدل‌های کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها قادر به ارائه الگوی مناسب برای زمان آینده نمی‌باشند. برای رفع این مشکل تاکنون روش‌های متعددی ارائه‌شده است. ازجمله روش ارائه‌شده توسط گالونی [1] که با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی به جستجو در مجموعه امکان تولید می‌گردد و یا استوارت [2] با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی نقاطی را بر روی مرز کارایی جستجو می‌کند که در نزدیک‌ترین شرایط به واحد تحت ارزیابی قرار دارند؛ که البته در این روش‌ها واحدهای تحت ارزیابی به‌صورت واحدهای تک مرحله‌ای در نظر گرفته می‌شوند و روابط درون‌سازمانی چشم‌پوشی شده است. این محدودیت تحلیل پوششی داده‌ها، دقیقاً نقطه قوت شبیه‌سازی پویایی‌های سیستم می‌باشد. مدل شبیه‌سازی پویایی‌های سیستم توانایی پیش‌بینی داده‌ها و توصیف سیستم‌های بسیار پیچیده را دارد و می‌تواند برای آزمودن سیستم‌هایی که هنوز موجودیت نیافتند یا برای آزمودن سیستم‌های موجود بدون ایجاد تغییر در آن‌ها به کار روند.

زنجیره‌تأمین مواد غذایی یکی از انواع زنجیره‌های تأمین می‌باشد که به دلیل پیچیدگی و اهمیت و نقش مهم آن در زندگی روزمره مردم و سلامت افراد، نیازمند توجه خاصی می‌باشد. لذا، انتخاب بهترین تأمین‌کننده مواد اولیه و بهبود عملکرد زنجیره‌تأمین مواد غذایی می‌تواند گامی مهم در جهت دستیابی به اهداف کلان اقتصاد کشور از یک‌طرف و بهداشت عمومی و سلامت افراد جامعه از طرف دیگر باشد. یکی از مهم‌ترین فعالیت‌ها در فرایند بهبود، اندازه‌گیری و ارزیابی می‌باشد که با شناسایی وضعیت موجود نتایج و خروجی‌های صنعت غذا مقدمات برنامه‌ریزی برای بهبود را فراهم می‌کند. از آنجایی که تکنیک‌های ارزیابی عملکرد، داده‌های پیشین را مبنای ارزیابی قرار می‌دهند و بر مبنای آن تصمیمات استراتژیک اتخاذ می‌کنند و با توجه به پویایی محیط صنعت، ارزیابی بر مبنای داده‌های پیشین و به دنبال آن اتخاذ تصمیمات مهم استراتژیک بر اساس آن، لزوم استفاده از تکنیک‌های شبیه‌سازی و ارزیابی و تصمیم‌گیری بر مبنای داده‌های آینده را پر رنگ‌تر می‌کند. لذا در این پژوهش با تمرکز بر دوره‌های آتی با استفاده از ترکیب تحلیل پوششی داده‌ها و شبیه‌سازی پویایی‌های سیستم به دنبال تدوین استراتژی سازمانی برای ارائه الگوی مناسب برای بهبود عملکرد زنجیره‌تأمین می‌باشیم.

۲- ادبیات و پیشینه تحقیق

در طول چند دهه اخیر، مدیران شاهد یک دوره تغییرات شگرف جهانی به واسطه پیشرفت در تکنولوژی، جهانی‌شدن بازارها و تثبیت اقتصاد سیاسی بوده‌اند. با افزایش تعداد رقبا در کلاس جهانی، سازمان‌ها مجبور شدند که سریعاً فرایندهای درون سازمانی را برای باقی ماندن در صحنه رقابت بهبود بخشند. در دهه ۱۹۸۰ شرکت‌ها به دنبال تکنیک‌ها و راهبردهایی بودند که با استفاده از آن‌ها بتوانند هزینه‌های تولیدی خود را کاهش داده و در بازارهای مختلف رقابت کنند. بعضی از این تکنیک‌ها عبارت بودند از: سیستم "تولید به هنگام"، سیستم کانبان، تولید ناب، مدیریت کیفیت جامع و غیره. شرکت‌ها توانستند با استفاده از این تکنیک‌ها هزینه‌های تولید خود را در حد ممکن کاهش دهند. ولی شرکت‌های رقیب نیز با استفاده از همین تکنیک‌ها، هزینه‌های تولید خود را در حد ممکن کاهش دادند. پس برای کاهش هزینه‌ها و ماندن در بازار رقابتی باید سایر فرصت‌های بالقوه برای کاهش هزینه‌ها پیدا کرد. یکی از این گزینه‌ها که فرصت‌های بالقوه‌ی زیادی برای کاهش هزینه در آن وجود دارد، زنجیره‌تأمین است. یک زنجیره‌تأمین شامل همه مراحلی (اعضای زنجیره) است که چه مستقیم و چه غیر مستقیم، در برآورده‌سازی درخواست یک مشتری نقش دارند[3]. مدیریت زنجیره‌تأمین

یکپارچگی فرایندهای کلیدی کسب‌وکار از کاربر نهائی تا تأمین‌کنندگان اصلی را شامل می‌شود که محصولات، خدمات و اطلاعات را همراه با ارزش افزوده برای مشتریان و دیگر ذینفعان فراهم می‌آورد[4] .

به اعتقاد لامبرت و کوپر [4]، چارچوب مفهومی زنجیره تأمین شامل سه عنصر می‌باشد که ارتباط نزدیکی بین آن‌ها برقرار است: ساختار زنجیره‌تأمین (شبکه‌ای از شرکت‌ها)، فرایندهای کسب‌وکار زنجیره‌تأمین و اجزای زنجیره‌تأمین. ساختار شبکه زنجیره‌تأمین متشکل از تمام شرکت‌هایی است که در زنجیره تولید، خدمات از مواد خام گرفته تا مصرف‌کننده نهائی و روابط میان آن‌ها (که به‌وسیله آن‌ها فعالیت‌های تجاری یا فرایندهای کسب‌وکار انجام می‌شود) مشارکت دارند. طبق نظر لامبرت و همکاران این ساختار از یک شرکت مرکزی (شرکت کنترل‌کننده) و چندین شرکت مرتبط (تأمین‌کنندگان و مشتریان) تشکیل‌شده است. ابعادی که باید در نظر گرفته شود شامل طول زنجیره‌تأمین و تعداد تأمین‌کنندگان و مشتریان در هر سطح می‌باشد. نکته قابل توجه اینکه، زنجیره‌تأمین به شکل زنجیره پدید نمی‌آید بلکه بیشتر شبیه شاخه‌های درختی است که ریشه‌ها و شاخه‌های آن نماد یک شبکه‌اند[5] . فرایندهای کسب‌وکار، فعالیت‌هایی هستند که خروجی ویژه‌ای با ارزش افزوده را برای مشتری به وجود می‌آورند.

اندازه‌گیری عملکرد زنجیره‌تأمین به دلیل نیاز به سر و کار داشتن با چندین اندازه عملکرد که مربوط به هر یک از اعضای زنجیره تأمین می‌باشد و ادغام و هماهنگ کردن عملکرد این اعضا، دشوار و چالش انگیز می‌شود. دو مانع در اندازه‌گیری عملکرد زنجیره‌های ارزش وجود دارد. یک، وجود چند اندازه کارایی که مشخص‌کننده عملکرد هر عضو در یک زنجیره‌تأمین می‌باشد و دیگری، وجود تضاد میان اعضای زنجیره نسبت به مقادیر کارایی مشخص [6].

تحقیقات مشخص کرده است که مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های معمولی نمی‌تواند کارایی زنجیره‌تأمین را به درستی مشخص کند و کارایی عملکرد کل زنجیره‌تأمین ضرورتاً نشانگر کارایی عملکرد در مؤلفه‌های فردی زنجیره‌تأمین نمی باشد. در نتیجه پیشرفت تا رسیدن به بهترین عمل ممکن است ناهموار باشد؛ به عبارت دیگر بهبود عملکرد یک عضو به دلیل وجود سنجه‌های واسطه‌ای بر وضعیت کارایی دیگر اعضا تأثیر می‌گذارد.

در متون تحلیل پوششی داده‌ها، روش‌های متفاوتی وجود دارد که پتانسیل استفاده شدن در ارزیابی کارایی زنجیره‌تأمین را دارند. سیفورد و ژو [7] و چن و ژو [8] دو رویکرد برای مدل‌سازی کارایی به‌عنوان یک فرایند دومرحله‌ای ارائه کرده‌اند. فار و گروسکوپف [9] رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای را برای مدل‌سازی فرایندهای چندمرحله‌ای، به‌صورت کلی، با ورودی‌ها و خروجی‌های واسطه‌ای را ایجاد کرده‌اند. گلونی، هاکمن و پاسی [10]، یک چارچوب اندازه‌گیری کارایی را برای سیستم‌های متشکل از دو زیر سیستم که به‌صورت سری کنار یکدیگر واقع شدند را ارائه می‌کنند که به‌صورت همزمان کارایی کل سیستم و هر زیرسیستم را جداگانه محاسبه می‌کند.

لیانگ و همکاران[11] به ارائه مدل‌هایی می‌پردازند که مستقیماً عملکرد زنجیره‌تأمین و اعضای آن را، در حالی که رابطه بین خریدار و فروشنده مد نظر قرار می‌گیرد، ارزیابی می‌کند. فرایندهای مدل‌سازی بر اساس مفهومی از بازی-های همکارانه و غیرهمکارانه می‌باشند.

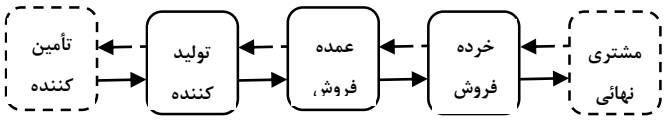
اگر چه مدل‌های دو مرحله‌ای موجود مطرح‌شده توسط کائو و هوانگ [12]، لیانگ و همکاران [13] و چن و همکاران [14] برای واحدهای تصمیم‌گیرنده با بیش از دو مرحله قابل تعمیم است، ولی چنین تعمیمی مستلزم این است که فرآیندهای چندمرحله‌ای یک ویژگی مشترک منحصر به فرد داشته باشند که در آن، همه‌ی خروجی‌های هر مرحله، تنها و فقط تنها ورودی‌های مرحله‌ی بعد خود باشند؛ به عبارت دیگر، به‌جز مرحله‌ی اول، هیچ مرحله‌ای، ورودی (و/یا خروجی) مستقلی که در آن مرحله به فرایند وارد و یا از آن خارج شود، نخواهد داشت. اگر چه، این‌چنین سیستم‌های بسته‌ای وجود دارند، ولی موارد رایج‌تری نیز وجود دارند که در آن، هر مرحله یک سیستم باز است که علاوه بر سنجه‌های واسطه‌ای، دارای ورودی‌های (و/یا خروجی‌های) مختص به خود نیز می‌باشند. چنین ساختارهای باز چندمرحله‌ای، به ویژه در صنایع، نسبتاً شایع است. در بسیاری از موارد، خروجی یک مرحله شاید شکل نهائی باشد و به بازار مصرف برود و آنچه باقی می‌ماند در مرحله بعد فرآوری می‌شود تا شکل خالص‌تری از محصول بدست آید. صنایع پتروشیمی، عطرسازی و مثال‌هایی از این قبیل هستند [6].

سیفورد و ژو [15] روشی را برای بهبود عملکرد زنجیره ارزش به‌وسیله تحلیل حساسیت بازده به مقیاس توسعه داده‌اند. لیانگ و همکاران [16] به ارزیابی کارایی کل زنجیره‌تأمین با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها پرداختند. وی در این تحقیق نشان می‌دهد چندین نقطه تعادل نش در بازی (مجادله) تأمین‌کننده و تولیدکننده وجود دارد. همچنین چن و همکاران [17] نشان دادند که مدل مجادله می‌تواند برای تعیین یک تعادل نش کامل فرعی یکتا (اگر موجود باشد) مورد استفاده قرار گیرد. در این تحقیق فرض می‌شود که بازده نسبت به مقیاس ثابت است که این مورد قابل تعمیم به بازده به مقیاس متغییر می‌باشد. لیانگ و همکاران [18] مطالعه مشابه دیگری انجام دادند و یک مدل غیر مشارکتی دو سطحی خریدار- فروشنده که در آن ابتدا رهبر به اتخاذ تصمیم می‌پردازد و سپس بر مبنای آن پیرو با در نظر گرفتن فرایندهای مشترک، تصمیم خود را بهینه می‌کند، ارائه کردند. این مدل کارایی مقطعی فروشنده و خریدار را حداکثر می‌کند و با اختصاص وزن به اقدام‌ها و فرایندهای مشترک (خروجی یک سطح که به‌عنوان ورودی سطح دیگر مورداستفاده قرار می‌گیرد) به‌صورت واقع‌بینانه کارایی را محاسبه می‌کند. یو و همکاران در مطالعه دیگری در سال [19]، یک مدل تحلیل پوششی داده‌ها با استفاده از پارامترهای غیردقیق جهت ارزیابی زنجیره‌تأمین ارائه کردند. به این صورت که در فرایند حل مدل از یک α خوش‌بینانه و یک α بدبینانه جهت تبدیل مدل با داده‌های غیردقیق به یک مدل برنامه‌ریزی خطی قطعی، استفاده می‌شود. در مدل پیشنهادی از یک بازه کارایی برای مقدار کارایی هر واحد تصمیم‌گیرنده استفاده می‌شود. با استفاده از بازه کارایی به رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیرنده پرداخته می‌شود و کوچک‌ترین حداکثر کاهش در کارایی به‌عنوان واحد تصمیم‌گیرنده کارا شناخته می‌شود. این مدل تحلیل پوششی داده‌ها با داده‌های غیردقیق، سپس برای ارزیابی کارایی زنجیره‌تأمین بکار گرفته می‌شود. یانگ و همکاران [20] ابتدا دو تعریف از مجموعه امکان تولید زنجیره‌تأمین بر مبنای بازده نسبت مقیاس ثابت ارائه می‌کنند و بر مبنای این دو تعریف یک مدل تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی کارایی کل ارائه می‌دهند. به عبارتی دیگر مدل ارائه شده با شناسایی توانایی تولید به‌صورت کارا در زنجیره‌تأمین و با جایگزینی یا بهبود واحدهای فرعی ناکارا و همچنین با مشخص نمودن واحدهای الگو (کارا) به ارزیابی کارایی می‌پردازد. چن و یان [21]، ساختار درونی زنجیره‌تأمین را به‌صورت یک شبکه در نظر گرفته و مدلی جهت ارزیابی آن ارائه می‌کنند.

در این پژوهش ما با رویکردی جدید به ارائه الگو می‌پردازیم؛ و در ادامه به توضیح این روش می‌پردازیم. در این روش اساس کار را بر این موضوع قرار می‌دهیم که اگر مدیران قادر به برآورد ورودی‌ها و خروجی‌ها در زمان آینده باشند با استفاده از این داده‌ها می‌توانند به پیش‌بینی عملکرد واحدهای تحت ارزیابی خود بپردازند؛ بنابراین ابتدا روش شبیه‌سازی پویایی‌های سیستم را برای پیش‌بینی داده‌های واحدهای تحت ارزیابی معرفی می‌کنیم و در مرحله بعد نحوه استفاده از مدل‌های کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها را برای ارائه الگوی مناسب اصلاح می‌کنیم.

۳- متدولوژی تحقیق

در این قسمت مدل کلی‌ای را پیشنهاد می‌کنیم که مدل زنجیره‌تأمینی را شبیه‌سازی می‌کند و از پنج عضو تشکیل‌شده است: مشتری نهائی، خرده‌فروش، عمده‌فروش، تولیدکننده و تأمین‌کننده هر کدام از اعضا به استثنای مشتری نهائی و تأمین‌کننده که خارج از مرز مدل فرض شده‌اند، می‌توانند سفارش‌هایی را از عضو بلافصل قبل خود در زنجیره دریافت کنند و به‌صورت هم‌زمان محصولات نهائی را عرضه کنند (شکل۱). به این منظور برای هر سطح نمودار علی-حلقوی را ترسیم می‌کنیم، به گونه‌ای که جریان‌های مواد و اطلاعات پایین‌دستی را به ترتیب از سطح قبلی به سطح بعدی در زنجیره‌تأمین توصیف می‌کند.



شکل (۱) اعضای زنجیره تأمین

برای مدل‌سازی و شبیه‌سازی زنجیره‌تأمین ابتدا باید نمودار علی- حلقوی آن را رسم کرد و سپس برای اجرای شبیه‌سازی، نمودار علی- حلقوی را به نمودار جریان ترجمه می‌کنیم. مدلی که در این پژوهش از آن استفاده می‌کنیم، با زنجیره‌تأمینی انجام می‌شود که ساختار آن خطی بوده و با سطوح مشتری‌نهائی، خرده‌فروش، عمده‌فروش و تولیدکننده شکل می‌گیرد. در این پژوهش هر کدام از عناصر به هم مرتبط تشکیل‌دهنده چارچوب مفهومی زنجیره تأمین به صورتی که لامبرت و کوپر[4] مطرح کرده-

اند را به‌عنوان مبنای مفهومی خود در نظر گرفته‌ایم. روشی که در این پژوهش برای ترسیم نمودار علی- حلقوی زنجیره‌تأمین استفاده می‌کنیم به شرح زیر می‌باشد:

ابتدا عناصر مؤثر بر مسئله‌ی موردبررسی را شناسایی می‌کنیم. در این پژوهش عناصر استفاده‌شده برای ترسیم نمودار علی- حلقوی زنجیره‌تأمین به‌صورت زیر می‌باشد:

الف) تقاضای مشتری نهائی و تقاضا از یک سطح به سطح بلافصل بعدی.

ب) سفارش‌های شرکت (خرده‌فروش، عمده‌فروش و تولیدکننده). سفارش‌های شرکت شامل تقاضای ارسال‌شده از سطح بلافصل قبل سطح سفارش‌دهنده و سفارش‌های عقب افتاده همان سطح از زنجیره می‌باشد؛ به عبارت دیگر، اگر اندیس i مربوط به سطح زنجیره‌ای که در نظر گرفتیم باشد، D_{i-1} تقاضای سطح بلافصل قبل آن و P_{p_i} سف ش‌های عقب‌افتاده سطح مورد نظر می‌باشد، آنگاه سفارش‌های شرکت به صورت زیر خواهد بود [22]:

$$\text{سفارشات شرکت ام} i = D_{i-1} + P_{p_i} \qquad (۱)$$

پ) سفارش‌های عقب افتاده (خرده‌فروش، عمده‌فروش و تولیدکننده).

ت) موجودی در دست (خرده‌فروش، عمده‌فروش و تولیدکننده). موجودی در دست، مقدار موجودی‌ای است که در انبار موجود می‌باشد و مقدار آن هرگز نمی‌تواند منفی باشد. موجودی در دست به این دلیل اهمیت دارد که تعیین‌کننده مقدار تقاضای معین مشتری است که مستقیماً از محل موجودی انبار تأمین می‌شود.

ث) پیش‌بینی تقاضا (خرده‌فروش، عمده‌فروش و تولیدکننده). پیش‌بینی با استفاده از تکنیک پیش‌بینی هموارسازی نمایی انجام می‌شود.

ج) وضعیت موجودی (خرده‌فروش، عمده‌فروش و تولیدکننده). وضعیت موجودی با رابطه زیر تعریف می‌شود:

(۲)

وضعیت موجودی

$$= \text{موجودی در دست} + \left(\text{محصولات در حین سفارش}\right) + \text{سفارشات داده شده ولی دریافت نشده} - \text{سفارش‌های عقب افتاده}$$

چ) سفارش‌های تکمیل موجودی (خرده‌فروش و عمده-فروش).

ح) سفارش‌های تولیدی (سطح تولیدکننده). سفارش‌های تولید و تکمیل موجودی با توجه به سیاست موجودی اتخاذ شده برای مدیریت تقاضا ایجاد می‌شود. علاوه بر سیاست موجودی، متغیرهای «پیش‌بینی تقاضا»، «مقدار موجودی» و «زمان تدارکات تولید یا عرضه» در به راه‌اندازی سفارش‌های تولیدی در نظر گرفته می‌شوند.

خ) زمان تدارک (عمده‌فروش و تولیدکننده)

د) محصولات در راه (خرده‌فروش، عمده‌فروش و تولیدکننده)، هم موجودی‌ای را تشکیل می‌دهد که تا زمانی که زمان تدارک سفارش (زمان لازم برای تهیه و ارسال محصول) به پایان نرسیده، در دست نمی‌باشد و هم از موجودی‌ای تشکیل می‌شود که پس از انجام و تکمیل فرایند تولید در انبار در دسترس می‌باشد.

ذ) ظرفیت تولید (سطح تولیدکننده). به صورت تعداد واحدهای محصولی که در یک دوره تولید می‌شوند، بیان می‌شود.

ر) تولید (سطح تولیدکننده)

ز) زمان تدارک تولید (سطح تولیدکننده)

ژ) نرخ‌های برآورده‌سازی (خرده‌فروش، عمده‌فروش و تولیدکننده). نرخ‌های برآورده‌سازی به صورت نسبت بین تعداد واحدهای منتقل شده به مشتری در واحد زمان به کل تعداد واحدهای تقاضا شده توسط آن‌ها تعریف می‌شود.

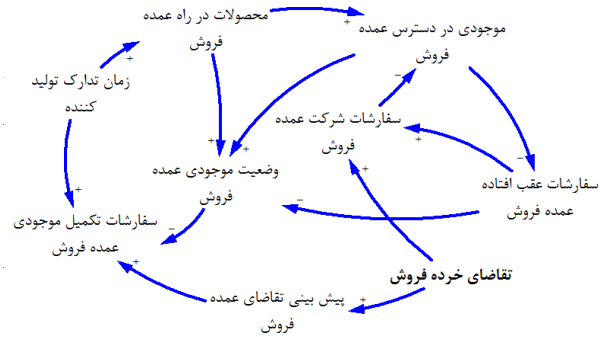
س) هزینه‌های موجودی (هزینه‌های سفارش و نگهداری) (خرده‌فروش و عمده‌فروش و تولیدکننده) و هزینه‌های کمبود موجودی (زمانی که سفارش به موقع تحویل داده نشود، ایجاد می‌شود).

منطقی است که این عناصر مطابق با نوع زنجیره‌تأمین مدل‌سازی شده، متفاوت باشند.

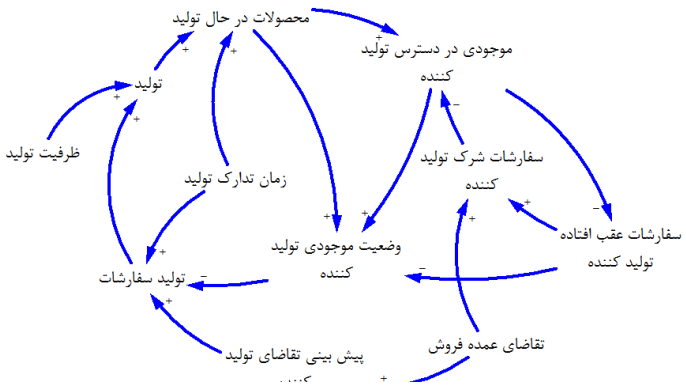
پس از شناسایی عناصر مؤثر بر مسئله رابطه یا تأثیرات میان عناصر را تعریف یا به عبارت بهتر ترسیم می‌کنیم. سپس تمامی حلقه‌های ساخته‌شده در زمان مدل‌سازی سیستم به‌ویژه حلقه‌های مثبتی که سیستم را ناپایدار می‌کنند را باید در نظر بگیریم و در نهایت پس از انجام مراحل فوق، عناصری را که بر سیستم تأثیرگذار نیستند را حذف می‌کنیم. در این مطالعه، مشتری‌نهائی کسی است که محصولات نهائی‌ای را که زنجیره عرضه می‌کند را، (رویکرد کششی تقاضا) تقاضا می‌کند. این مشتریان، افرادی هستند که برای دریافت محصول به سوپرمارکت وارد می‌شوند. تقاضاهای ایجادشده برای این مشتریان توسط

سوپرمارکت‌ها به عنوان خرده‌فروشان برآورده می‌شود و خرده‌فروشان کالاهای مورد نیاز خود را برای فروش از انبارهای بزرگ عمده‌فروشی که خرده‌فروشان را تأمین می‌کنند به‌عنوان عمده‌فروشان خریداری می‌کنند. سفارش‌های گوناگون تولیدی و تکمیل موجودی نشان‌دهنده جریان‌های اطلاعاتی بین تمام عناصری هستند که زنجیره را شکل می‌دهند، در حالی‌که جریان‌های مواد با تحویل کالا به این عناصر نشان داده می‌شوند. هیچ‌گونه روابط همکاری اطلاعاتی تشریک مساعی و ... بین اعضای زنجیره، در نظر گرفته نشده است؛ به عبارت دیگر هر عضو از اعضای زنجیره خود مشغول برآورده کردن نیازهای عضو بلافصل قبل خود در زنجیره و دادن سفارش به عضو بلافصل بعد خود در زنجیره می‌باشد.

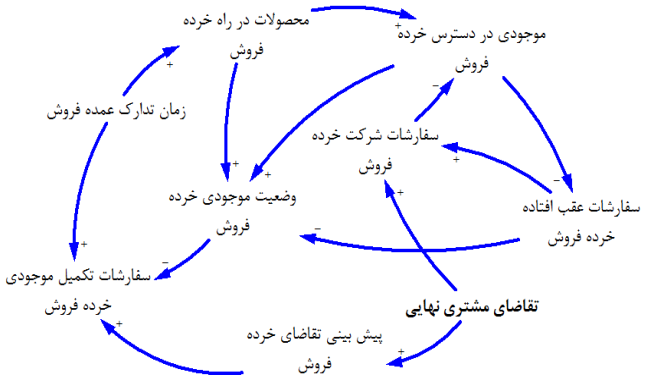
ما در این پژوهش به مدیریت تقاضا، تحویل سفارش‌ها، مدیریت جریان تولید و تکمیل موجودی یا خرید به عنوان یکی از فرایندهای کسب‌وکار زنجیره‌تأمین می‌پردازیم که بیانگر مدیریت تقاضای هریک از اعضای زنجیره‌تأمین می‌باشد. پس از شناخت تمام متغیرهای سیستم و روابط علت و معلولی میان آن‌ها، آن‌ها را به‌صورت گرافیکی در قالب نمودار علت و معلولی ترسیم می‌کنیم. رسم نمودار علی- حلقوی با در نظر گرفتن پایین‌ترین سطح زنجیره‌تأمین شروع می‌شود شکل‌های (۲)، (۳)، (۴) را ملاحظه نمایید:



شکل (۲) نمودار علی-حلقوی سطح خرده فروش در زنجیره‌تأمین



شکل (۳) نمودار علی-حلقوی سطح عمده‌فروش در زنجیره‌تأمین



شکل (۴) نمودار علی- حلقوی سطح تولیدکننده در زنجیره‌تأمین

با توجه به رویکرد فرایندی و روابط شبکه‌ای اعضای زنجیره‌تأمین، شناسایی فرایندهای کلیدی و متغیرهای مؤثر بر عملکرد به منظور ارزیابی دقیق‌تر زنجیره و هر یک از اعضای آن بسیار ضروری می‌باشد. شبیه‌سازی زنجیره‌تأمین مبتنی بر شبیه‌سازی پویایی‌های سیستم، فرایندهای کلیدی کسب‌وکار را در زنجیره‌تأمین شناسایی می‌کند. اجزای مدیریت زنجیره‌تأمین، متغیرهایی می‌باشند که توسط آن فرایندهای کسب‌وکار به‌وسیله زنجیره‌تأمین یکپارچه و مدیریت می‌شود [4]. مفهوم مدیریت زنجیره تأمین نه فقط مستلزم کارایی کل زنجیره تأمین بلکه کارایی جداگانه هریک از اعضای زنجیره‌تأمین می‌باشد. هر عضو زنجیره‌تأمین استراتژی خود را برای رسیدن به کارایی ۱۰۰٪ دارد. کارایی ۱۰۰٪ یک عضو لزوماً به معنی کارایی ۱۰۰٪ عضو دیگر نیست. گاهی به دلیل تضاد احتمالی بین اعضای زنجیره‌تأمین، ناکارایی یک عضو ممکن است به دلیل عملیات کارایی عضو دیگر باشد. برخی سنجه‌های مربوط به اعضای زنجیره‌تأمین را نمی‌توان به‌سادگی به‌عنوان "ورودی" یا "خروجی" زنجیره‌تأمین طبقه‌بندی کرد. به‌عنوان مثال درآمد تأمین‌کننده فقط خروجی تأمین‌کننده نیست (تأمین‌کننده تمایل به افزایش آن دارد) بلکه ورودی برای تولیدکننده (تولیدکننده تمایل به کاهش آن داد) نیز به شمار می‌رود. به همین خاطر، مفهوم کارایی زنجیره‌تأمین باید به‌دقت تعریف شود و موردمطالعه قرار گیرد و ما نیازمند مدل‌هایی هستیم که بتوانند کارایی زنجیره‌تأمین و اعضای آن را تعریف کرده و اندازه‌گیری کنند. تاکنون روش هایی برای برآورد عملکرد دقیق اعضای زنجیره‌تأمین با سنجش یک اندازه عملکرد توسعه داده‌شده است [23] ولی با این وجود، تلاشی برای یافتن بهترین عملکرد

زنجیره‌تأمین انجام‌نشده است و هیچ مدل ریاضی قابل اطمینانی برای هم‌زمان

(۱) تعریف و اندازه‌گیری کردن عملکرد کل زنجیره‌تأمین با تضادهای احتمالی در خصوص مقادیر کارایی مشخص

(۲) ارزیابی عملکرد اعضای زنجیره‌تأمین

(۳) یافتن بهترین عملکرد و ارائه راه‌کارهایی برای رسیدن زنجیره‌تأمین به بهترین عملکرد خود، ایجاد نشده است [6].

بنابراین در مقاله، با استفاده از شبیه‌سازی پویایی‌های سیستم فرایندهای کلیدی کسب‌وکار زنجیره‌تأمین و شاخص‌های مؤثر بر این فرایندها را شناسایی می‌کنیم. پس از تعیین شاخص‌های کلیدی ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین (شکل (۲)- (۴))، اقدام به پیش‌بینی مقادیر شاخص‌ها در یک سال آینده از طریق شبیه‌سازی پویایی‌های سیستم می‌کنیم.

همچنین با توجه به این نکته که مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها گذشته و حال‌نگر هستند، یعنی مقادیر ارزیابی کارایی را برمبنای داده‌های گذشته به دست می‌دهند. همچنین تکنیک‌های تحلیل پوششی داده‌ها راه‌کارهای بهبود را برای رسیدن به بهترین عملکرد (رویکرد الگوبرداری) را به واحدهای ناکارا ارائه می‌کنند. از طرف دیگر، به دلیل اینکه راهکارهای بهبود کارایی برای واحدهای ناکارا از طریق الگوبرداری از واحدهای کارا می‌باشد و احتمال این وجود دارد که این واحدهای کارا در آینده نسبت به موقعیت فعلی خود بهتر عمل کنند و در نتیجه راه‌کارهای بهبود کارایی برای واحد ناکارا منجر به عدم کارایی این واحد در آینده شود. لذا، برای غلبه بر این ضعف مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها، اقدام به ارزیابی موقعیت فعلی واحد تحت بررسی نسبت به موقعیت مابقی واحدها در آینده کردیم که این مهم را از طریق شبیه‌سازی پویایی‌های سیستم به عمل تبدیل کردیم؛ و از این طریق راه‌کارهای بهبود کارایی را به استراتژی‌های بهبود کارایی تبدیل کردیم و شرایط را به‌صورت شرایط کاملاً رقابتی برای واحدها فراهم کردیم.

بنابراین مدل پیشنهادی تحلیل پوششی داده‌ها در این مقاله، کارایی کل سیستم زنجیره‌تأمین و همچنین هر یک از اعضای زنجیره‌تأمین می‌سنجد و راه‌کارهای بهبود برای رسیدن به بهترین عملکرد زنجیره‌تأمین ارائه می‌کند. این مدل نیاز به فرضیات غیر واقعی در مدل‌های معمول بهینه‌سازی زنجیره‌تأمین و مدل‌های احتمالی را از بین می‌برد.

همچنین سیستم زنجیره‌تأمین را می‌توان به‌عنوان یک سیستم یکپارچه ورودی-خروجی در نظر گرفت به طوری‌که هر عضو زنجیره‌تأمین نیز برای تولید از ورودی‌های مربوطه استفاده می‌کند. در نتیجه می‌توانیم سنجه‌های عملکرد اعضای زنجیره‌تأمین را به‌صورت ورودی و خروجی دسته‌بندی کنیم.

۳-۱- مدل‌سازی

فرض کنیم I^{Δ} و R^{Δ} به ترتیب نمادهای مجموعه ورودی و خروجی عضو Δ زنجیره‌تأمین باشد. ورودی‌ها و خروجی‌های مرتبط به هر یک از اعضای زنجیره‌تأمین را به ترتیب با علائم $x_i^{\Delta}(i \in I^{\Delta})$ و $y_r^{\Delta}(r \in R^{\Delta})$ نشان می‌دهیم. حالا فرض کنید $\vec{x}_{\Delta}$ و $\vec{y}_{\Delta}$ به ترتیب بردارهای شامل $x_i^{\Delta}(i \in I^{\Delta})$ و $y_r^{\Delta}(r \in R^{\Delta})$ باشند. کارایی پارتو-کوپمن ذیل برای تعریف عضو زنجیره‌تأمین کارا به کار می‌رود.

تعریف ۳-۱ عضو زنجیره‌تأمین کارا [6]: عضو زنجیره‌تأمین Δ کارا است اگر $(\vec{x}_{\Delta}, \vec{y}_{\Delta})$ مغلوب نباشند.

فرض کنید J مشاهده مرتبط با هر یک از اعضای زنجیره را داریم $(j = 1, \dots, J)$. به عبارت دیگر ما مقادیر مشاهده شده ورودی $x_i^{\Delta}(i \in I^{\Delta})$ و خروجی $y_r^{\Delta}(r \in R^{\Delta})$ را داریم. کارایی هر عضو زنجیره‌تأمین Δ به وسیله‌ی مدل پوششی تحلیل پوششی داده‌های ورودی محور با بازده به مقیاس ثابت زیر اندازه‌گیری می‌شود [6]:

$$\theta^{\Delta^*} = \min_{\emptyset_j^{\Delta}, \theta^{\Delta}} \theta^{\Delta} \qquad (۳)$$

$$s.t$$

$$\sum_{j=1}^{J} \emptyset_j^{\Delta} x_{ij}^{\Delta} \le \theta^{\Delta} x_{ij_0}^{\Delta}, i \in I^{\Delta} \qquad (۴)$$

$$\sum_{j=1}^{J} \emptyset_j^{\Delta} y_{rj}^{\Delta} \le y_{rj_0}^{\Delta}, r \in R^{\Delta} \qquad (۵)$$

$$\emptyset_j^{\Delta} \ge 0, j = 1, \dots, J. \qquad (۶)$$

اگر $\theta^{\Delta^*}=1$ باشد، عضو زنجیره‌تأمین Δ کارا (کارای ضعیف) است. همچنین، برای عملکرد ناکارا، روابط (۳) تا (۶) مسیر حرکت به سمت کارا شدن را از طریق تصویر کردن واحد ناکارا روی مرز کارایی از طریق مقادیر بهینه‌ی $\sum_{j=1}^{J}\emptyset_j^{\Delta^*}x_{ij}^{\Delta}$ و $\sum_{j=1}^{J}\emptyset_j^{\Delta^*}y_{rj}^{\Delta}$ ارائه می‌کند.

به دلیل تضاد احتمالی موجود ناشی از سنجه‌های واسطه‌ای بین اعضای زنجیره‌تأمین مرتبط، عملکرد زنجیره-تأمین را نمی‌توان به سادگی و با مفهوم عدم-تسلط از طریق روابط (۳) تا (۶) تعریف کرد. بنابراین فرض کنید w_i وزن مشخص‌شده توسط کاربر منعکس‌کننده اولویت عملکرد (عملیات) اعضای زنجیره‌تأمین باشد. همچنین فرض کنید DI^{Δ} و $D\ R^{\Delta}$ به ترتیب نشانگر مجموعه‌ی ورودی‌ها و خروجی‌های مستقیم برای عضو زنجیره‌تأمین Δ باشند. پس ما از نمادهای زیر برای نمایش ورودی‌ها و خروجی‌های واسطه‌ای استفاده می کنیم:

$\Omega_i, \mathrm{i}=1,\dots,4$: کارایی مرحله i ام.

Ω: کارایی کل زنجیره.

λ_j: ضرایب مربوط به مرحله تأمین‌کننده

β_j: ضرایب مربوط به مرحله تولید کننده

δ_j: ضرایب مربوط به مرحله عمده فروش

γ_j: ضرایب مربوط به مرحله خرده فروش

$x_{ij}^{supplier}$ ورودی مستقل تامین کننده

$y_{rj}^{supplier}$:خروجی مستقل تامین کننده

$x_{ij}^{manufacturer}$ ورودی مستقل تولید کننده

$x_{ij}^{manufacturer}$: خروجی مستقل تولید کننده

$x_{ij}^{wholesaler}$: ورودی مستقل عمده فروش

$y_{rj}^{wholesaler}$: خروجی مستقل عمده فروش

$x_{ij}^{retailer}$: ورودی مستقل خرده فروش

$y_{rj}^{retailer}$: خروجی مستقل خرده فروش

$t: Z_t^{S-M}$ امین خروجی واسطه‌ای از تأمین‌کننده به تولیدکننده، $t=1,\dots,T$.

$m: Z_m^{M-S}$ امین خروجی واسطه‌ای از تولیدکننده به تأمین‌کننده، $m=1,\dots,M$.

$f: Z_f^{M-W}$ امین خروجی واسطه‌ای از تولیدکننده به عمده‌فروش، $f=1,\dots,F$.

$g: Z_g^{W-M}$ امین خروجی واسطه‌ای از عمده‌فروش به تولیدکننده، $g=1,\dots,G$.

$l: Z_l^{M-R}$ امین خروجی واسطه‌ای از تولیدکننده به خرده‌فروش، $l=1,\dots,L$.

$q: Z_q^{R-M}$ امین خروجی واسطه‌ای از خرده‌فروش به تولیدکننده، $q=1,\dots,Q$.

$e: Z_e^{W-R}$ امین خروجی واسطه‌ای از عمده‌فروش به خرده‌فروش، $e=1,\dots,E$.

$n: Z_n^{R-W}$ امین خروجی واسطه‌ای از خرده‌فروش به عمده‌فروش، $n=1,\dots,N$.

قابل‌توجه است که فقط خروجی‌های واسطه‌ای تعریف‌شده‌اند، چرا که هر کدام از این خروجی‌ها در عین حال نمایشگر ورودی مرتبط با عضوی از زنجیره‌تأمین نیز می‌باشد. به عنوان مثال Z_t^{S-M} (خروجی تأمین‌کننده) نمایانگر ورودی برای تولیدکننده می‌باشد [6].

بدین ترتیب مسئله برنامه‌ریزی خطی زیر را برای ارزیابی عملکرد یک زنجیره‌تأمین به کار می گیریم:

$$\Omega^* = \min_{\Omega_i,\lambda_j,\beta_j,\delta_j,\gamma_j,\tilde{z}} \sum_{i=1}^{4} w_i\Omega_i \Big/ \sum_{i=1}^{4} w_i$$

s.t (۷)

(تأمین کننده)

$$\sum_{j=1}^{J}\lambda_j x_{ij}^{supplier} \le \Omega_1 x_{ij_0}^{supplier}, i \in DI^{supplier} \quad (۸)$$

$$\sum_{j=1}^{J}\lambda_j y_{rj}^{supplier} \ge y_{rj_0}^{supplier}, r \in DR^{supplier} \quad (۹)$$

$$\sum_{j=1}^{J}\lambda_j z_{tj}^{S-M} \ge \tilde{z}_{tj_0}^{S-M}, t=1,\dots,T \quad (۱۰)$$

$$\sum_{j=1}^{J} \lambda_j z_{mj}^{M-S} \le \tilde{z}_{mj_0}^{M-S}, m = 1, \dots, M \quad (11)$$

$$\lambda_j \ge 0, j = 1, \dots, J \quad (12)$$

(تولید کننده)

$$\sum_{j=1}^{J} \beta_j x_{ij}^{manufacturer} \le \Omega_2 x_{ij_0}^{manufacturer}, i \in DI^{manufacturer} \quad (13)$$

$$\sum_{j=1}^{J} \beta_j y_{rj}^{manufacturer} \ge y_{rj_0}^{manufacturer}, r \in DR^{manufacturer} \quad (14)$$

$$\sum_{j=1}^{J} \beta_j z_{tj}^{S-M} \le \tilde{z}_{tj_0}^{S-M}, t = 1, \dots, T \quad (15)$$

$$\sum_{j=1}^{J} \beta_j z_{mj}^{M-S} \ge \tilde{z}_{mj_0}^{M-S}, m = 1, \dots, M \quad (16)$$

$$\sum_{j=1}^{J} \beta_j z_{fj}^{M-W} \ge \tilde{z}_{fj_0}^{M-W}, f = 1, \dots, F \quad (17)$$

$$\sum_{j=1}^{J} \beta_j z_{gj}^{W-M} \le \tilde{z}_{gj_0}^{W-M}, g = 1, \dots, G \quad (18)$$

$$\sum_{j=1}^{J} \beta_j z_{lj}^{M-R} \ge \tilde{z}_{lj_0}^{M-R}, l = 1, \dots, L \quad (19)$$

$$\sum_{j=1}^{J} \beta_j z_{qj}^{R-M} \le \tilde{z}_{qj_0}^{R-M}, q = 1, \dots, Q \quad (20)$$

$$\beta_j \ge 0, j = 1, \dots, J \quad (21)$$

(عمده فروش)

$$\sum_{j=1}^{J} \delta_j x_{ij}^{wholesaler} \le \Omega_3 x_{ij_0}^{wholesaler}, i \in DI^{wholesaler} \quad (22)$$

$$\sum_{j=1}^{J} \delta_j y_{rj}^{wholesaler} \ge y_{rj_0}^{wholesaler}, r \in DR^{wholesaler} \quad (23)$$

$$\sum_{j=1}^{J} \delta_j z_{fj}^{M-W} \le \tilde{z}_{fj_0}^{M-W}, f = 1, \dots, F \quad (24)$$

$$\sum_{j=1}^{J} \delta_j z_{gj}^{W-M} \ge \tilde{z}_{gj_0}^{W-M}, g = 1, \dots, G \quad (25)$$

$$\sum_{j=1}^{J} \delta_j z_{ej}^{W-R} \ge \tilde{z}_{ej_0}^{W-R}, e = 1, \dots, E \quad (26)$$

$$\sum_{j=1}^{J} \delta_j z_{nj}^{R-W} \le \tilde{z}_{nj_0}^{R-w}, n = 1, \dots, N \quad (27)$$

$$\delta_j \ge 0, j = 1, \dots, J \quad (28)$$

(خرده فروش)

$$\sum_{j=1}^{J} \gamma_j x_{ij}^{retailer} \le \Omega_4 x_{ij_0}^{retailer}, i \in DI^{retailer} \quad (29)$$

$$\sum_{j=1}^{J} \gamma_j y_{rj}^{retailer} \ge y_{rj_0}^{retailer}, r \in DR^{retailer} \quad (30)$$

$$\sum_{j=1}^{J}\gamma_j z_{lj}^{M-R} \le \tilde{z}_{lj_0}^{M-R}, l=1,\dots,L \quad (۳۱)$$

$$\sum_{j=1}^{J}\gamma_j z_{qj}^{R-M} \ge \tilde{z}_{qj_0}^{R-M}, q=1,\dots,Q \quad (۳۲)$$

$$\sum_{j=1}^{J}\gamma_j z_{ej}^{W-R} \le \tilde{z}_{ej_0}^{W-R}, e=1,\dots,E \quad (۳۳)$$

$$\sum_{j=1}^{J}\gamma_j z_{nj}^{R-W} \ge \tilde{z}_{nj_0}^{R-w}, n=1,\dots,N \quad (۳۴)$$

$$\gamma_j \ge 0, j=1,\dots,J \quad (۳۵)$$

بدیهی است که اگر $\Omega^*=1$، آنگاه $\theta^{\Delta^*}=1$ می‌باشد، به‌طوری‌که θ^{Δ^*} مقدار بهینه به‌دست آمده از روابط (۳) تا (۶) می‌باشد. به عبارت دیگر، اگر $\Omega^*=1$ آن‌گاه تمام اعضای زنجیره‌تأمین کارا هستند. توجه داشته باشید که Ω^* می‌تواند به‌عنوان یک شاخص برای ورودی و یا صرفه‌جویی در هزینه برای زنجیره‌تأمین (ناکارا) به کار رود. هر چه Ω^* کوچک‌تر باشد، باید صرفه‌جویی بیشتری برای رسیدن به بهترین عملکرد حاصل شود. همین مشاهده نیز می‌تواند برای θ^{Δ^*}، در قالب بهترین عملکرد عضو زنجیره‌تأمین به کار رود.

همچنین:

(۵)

$$\begin{pmatrix} w_1\theta^{supplier^*}+w_2\theta^{manufacturer^*}+ \\ w_3\theta^{wholesaler^*}+w_4\theta^{retailer^*} \end{pmatrix} \Big/ \sum_{i=1}^{4} w_i$$

بیانگر شاخص صرفه‌جویی در ورودی قابل‌دستیابی به‌وسیله همه اعضای زنجیره‌تأمین با هم می‌باشد. قضیه زیر نشان می‌دهد که کل زنجیره‌تأمین دارای پتانسیل برای رسیدن به صرفه‌جویی بیشتر در ورودی و رسیدن به عملکرد بهتر می‌باشد. همان‌طور که در قسمت قبل بیان شد اطلاعات بدست آمده بر اساس تصویر ارائه‌شده توسط مدل-های تحلیل پوششی داده‌ها برای بهبود فعالیت‌ها در زمان آینده و ارائه الگوی مناسب کافی نمی‌باشد. در این روش اساس کار را بر این مبنا قرار می‌دهیم که اگر مدیران قادر به پیش‌بینی ورودی‌ها و خروجی‌ها در زمان آینده باشند با استفاده از این داده‌ها می‌توان الگوی واحدهای تحت ارزیابی را در آینده ارائه کرد. برای این منظور از ترکیب شبیه‌سازی پویایی‌های سیستم با مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها به‌صورت زیر استفاده می‌کنیم. برای ارزیابی زنجیره o همان‌طور که در ذیل نشان داده‌شده است؛ ورودی‌ها، واسطه و خروجی‌های این زنجیره را در زمان کنونی در نظر می-گیریم ولی برای سایر واحدها از ورودی‌ها، واسطه و خروجی‌های پیش‌بینی شده استفاده می‌کنیم.

(۳۶)

$$\vdots$$

$$\mathrm{DMU}_n^{K+1}: \left(x_{n1}^{K+1},\dots,x_{nm}^{k+1}, z_{11}^{k+1},\dots,z_{1d}^{k+1}y_{n1}^{k+1},\dots,y_{ns}^{k+1}\right)$$

$$\mathrm{DMU}_1^{k+1}: \left(x_{11}^{k+1},\dots,x_{1m}^{k+1}, z_{11}^{k+1},\dots,z_{1d}^{k+1}y_{11}^{k+1},\dots,y_{1s}^{k+1}\right)$$

$$\vdots$$

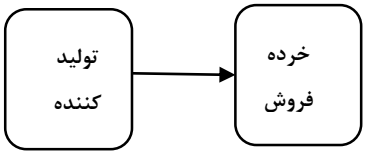
$$\mathrm{DMU}_p^{K}: \left(x_{p1}^{k},\dots,x_{pm}^{k}, z_{11}^{k},\dots,z_{1d}^{k}y_{p1}^{k},\dots,y_{ps}^{k}\right)$$

بنابراین با استفاده از نتایج حاصل از این ارزیابی می‌توان تصویر جدید را برای واحدهای ناکارا معرفی کرد.به طور خلاصه فرایند گفته‌شده را به‌صورت الگوریتم زیر توضیح می‌دهیم:

۱) جمع‌آوری مقادیر ورودی، واسطه و خروجی‌های واحدهای تحت ارزیابی.
۲) پیش‌بینی ورودی‌ها و خروجی‌های واحدهای تحت ارزیابی در زمان آینده.
۳) اجرای مدل تحلیل پوششی داده‌ها.

۲-۳- مطالعه موردی

در این مطالعه ۵ زنجیره تأمین صنعت شیر استان فارس در نظر گرفته‌شده است. همان‌طور که در که شکل (۵) نشان داده شده است هریک از زنجیره‌های تأمین به‌صورت دو عضوی در نظر گرفته‌شده است به عبارت دیگر صرفاً بر روی دو عضو خرده‌فروش و تولیدکننده تمرکز نموده‌ایم و مشتری نهایی و تأمین‌کننده در این مطالعه در نظر گرفته نشده‌اند.



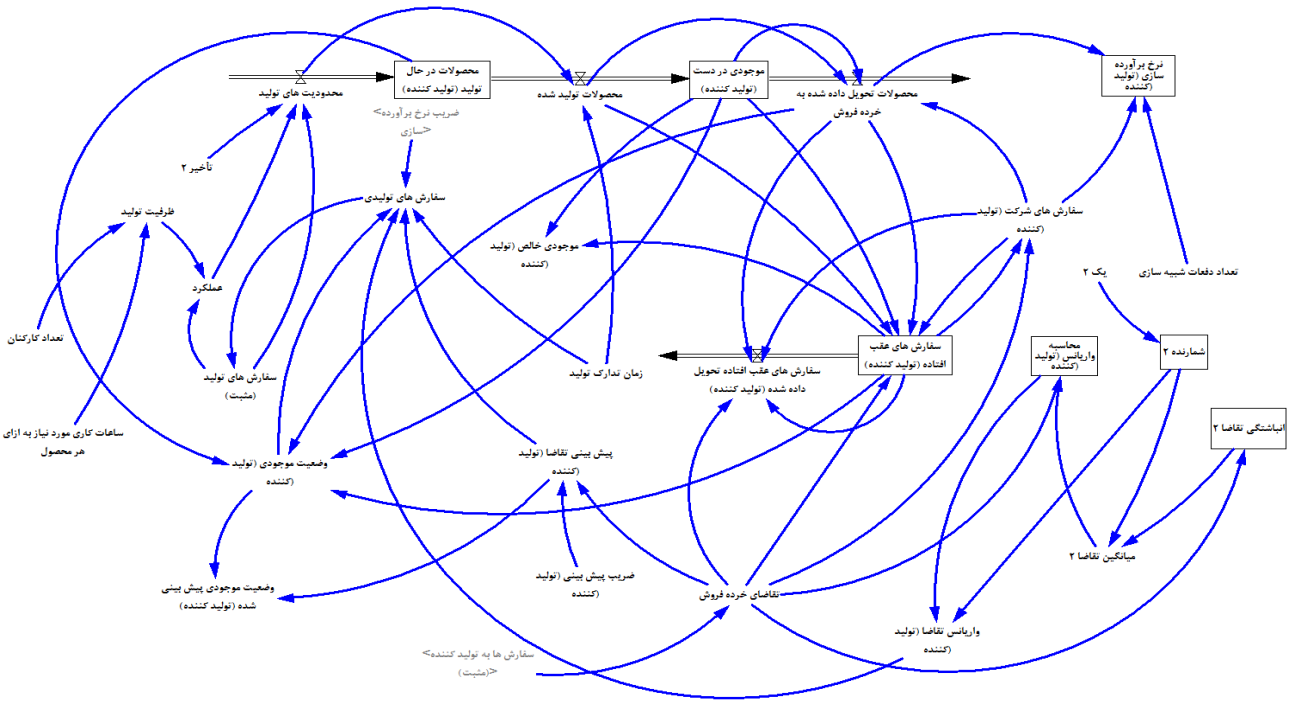
شکل (۵) زنجیره‌تأمین با دوسطح

لازمه هر پژوهش کاربردی مطالعه و شناخت پارامترهای مؤثر در قلمرو کاری پژوهش است. به همین منظور، در راستای شناخت و استخراج شاخص‌های مؤثر زنجیره‌تأمین، مطالعات میدانی و کتابخانه‌ای گسترده‌ای بر روی متغیرها و شاخص‌های موجود در زمینه فعالیت‌های مختلف زنجیره‌تأمین صورت گرفت که در این بخش متغیرها را بر اساس مدل "APIOBPCS [24] ,[25] که در رسم نمودار علی- حلقوی از آن‌ها استفاده شد، معرفی می‌کنیم:

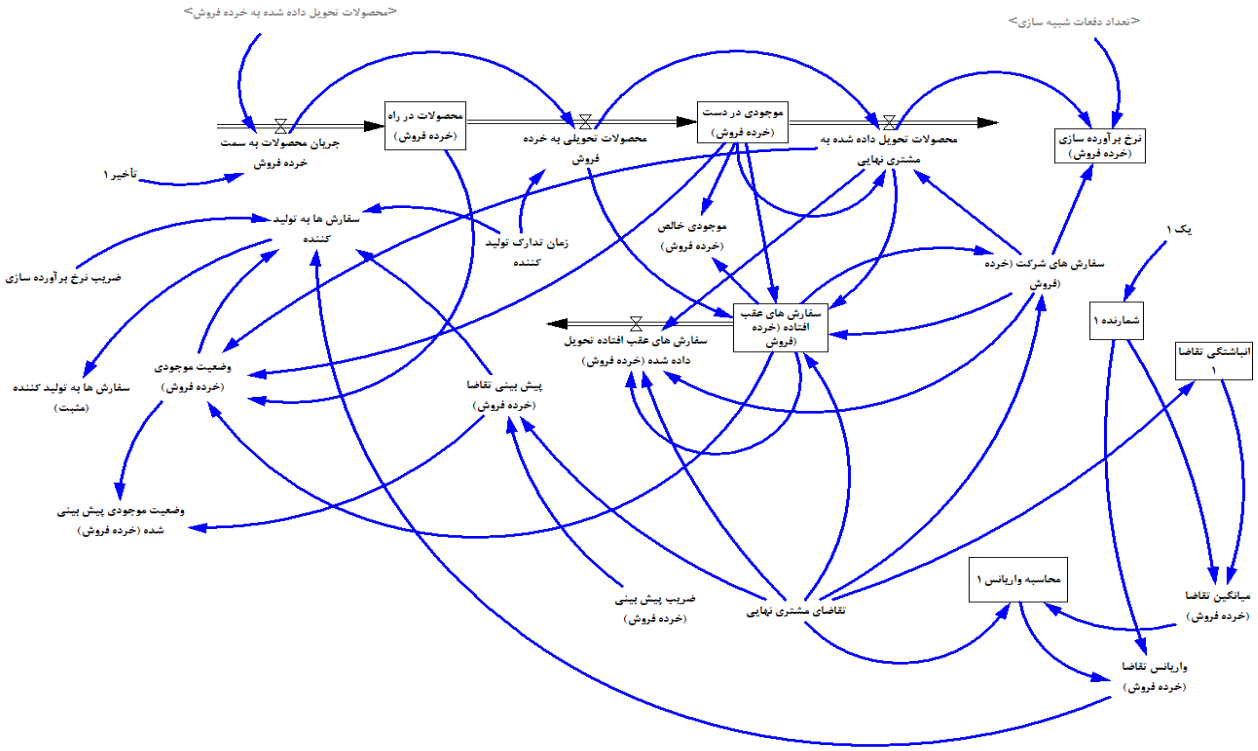
«تقاضای مشتری‌نهائی» و تقاضای هر سطح دیگر واقع‌شده در سطح بعدی آن، سفارش‌های شرکت، سفارش‌های عقب‌افتاده، وضعیت موجودی، پیش‌بینی تقاضا، سفارش‌های تکمیل موجودی، سفارش‌های تولیدی، زمان‌های تدارک، محصولات در راه (محصولات در حال تولید برای تولیدکننده و محصولات در راه برای خرده‌فروش)، ظرفیت تولید، تولید، زمان تدارک تولید و نرخ‌های برآورده سازی.

متغیرهایی که در بالا به آن‌ها اشاره شد، از نمودار علی- حلقوی، با شناسایی اینکه کدام متغیرها کمکی، سطح یا نرخ می‌باشند، باید به نمودار جریان تبدیل شوند. این نکته قابل‌توجه است که متغیرهای موردنیاز برای ایجاد مناسب نمودار جریان، به نمودار جریان اضافه می‌شوند و در صورتی که در نمودارهای علی- حلقوی مورد نیاز نیستند (به ویژه متغیرهای نرخ که متغیرهای سطح را اصلاح می‌کنند). نمودار جریان زنجیره‌تأمین به صورت شکل (۶) و (۷) ترسیم می‌کنیم.

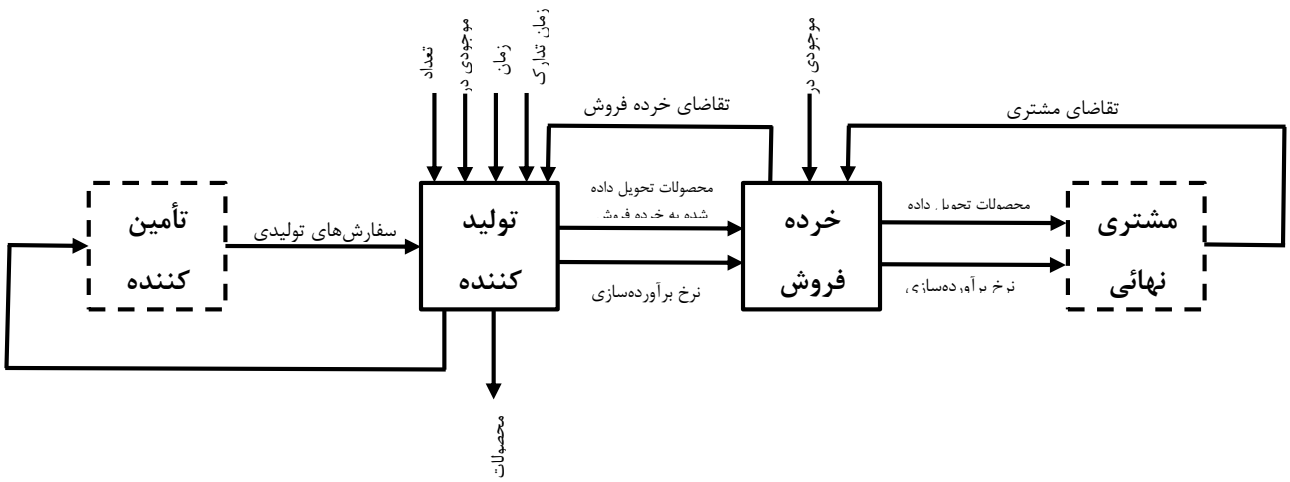
همچنین با توجه به تعدد شاخص‌ها به علت گستردگی فعالیت‌های زنجیره‌تأمین، از طریق مصاحبه با متخصصان و مدیران صنایع در باره اهمیت شاخص‌هایی که در قسمت قبل ارائه شد، مهم‌ترین شاخص‌هایی که در ارزیابی کارایی تأثیرگذار هستند، انتخاب شد. شاخص‌های انتخاب‌شده به‌صورت شکل (۸) می‌باشند.



شکل (۶) سطح تولیدکننده



شکل (۷) سطح خرده‌فروش



شکل (۸) شاخص‌های ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین

جدول (۱) مقادیر ورودی‌ها و خروجی‌های واحدها در دوره t

دوره t										
	تولیدکننده						سنجه‌های واسطه‌ای		خرده‌فروش		
	سفارش-های تولیدی	تعداد کارکنان	موجودی در دست	زمان تدارک تولید	زمان تدارک تولید کننده	محصولات تولید شده	محصولات تحویل داده‌شده به خرده فروش	نرخ برآورده-سازی تولید کننده	تقاضای خرده فروش	موجودی در دست	محصولات تحویل داده‌شده به مشتری-نهائی	نرخ برآورده سازی خرده‌فروش	تقاضای مشتری نهائی
DMU	x_1^M	x_2^M	x_2^M	x_4^M	x_5^M	y_1^M	z_1^{M-R}	z_2^{M-R}	z_1^{R-M}	x_1^R	y_1^R	y_2^R	x_2^R
۱	۴۰	۱۵	۵	۰/۴	۱۲	۱۵	۳۹	٪۹۸	۴۱	۲	۲۵	٪۹۸	۳۹
۲	۹۵	۲۸	۱۷	۰/۳۷	۹	۶۳	۸۵	٪۹۵	۸۱	۱۲	۲۳۵	٪۹۵	۸۹
۳	۳۵۰	۱۰۰	۸۵	۰/۳۸	۱۳	۱۹۰	۲۵۰	٪۹۷	۲۸۰	۴۰	۱۲۸	٪۹۷	۳۰۸
۴	۱۵۰	۳۸	۴۸	۰/۳۹	۱۰	۵۶	۱۱۵	٪۹۸	۱۱۰	۳۰	۹۴	٪۹۸	۱۳۱
۵	۲۳۰	۷۸	۶۱	۰/۳۸	۱۲	۱۳۲	۱۴۵	٪۹۵	۱۸۰	۲۴	۱۳۸	٪۹۵	۲۳۹

مقادیر مربوط به هریک از شاخص‌ها در جدول (۱) بیان‌شده است. در مرحله بعد با مشخص شدن متغیرها در قالب متغیرهای سطح، نرخ و کمکی و رسم نمودار جریان، برای اجرای شبیه‌سازی نیاز به نوشتن معادلات مربوط به هریک از متغیرها و وارد کردن این معادلات به نرم‌افزار (پیوست ۱) دارد. با وارد کردن معادلات مربوط به هریک از متغیرها در هر یک از زنجیره‌های‌تأمین، اقدام به اجرای شبیه‌سازی کردیم. مقادیر پیش‌بینی شده ورودی‌ها و خروجی‌ها در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول (۲) مقادیر ورودی و خروجی‌های شبیه‌سازی شده در زمان t+1

دوره t+1										
	تولید کننده						سنجه های واسطه ای		خرده فروش		
	سفارش-های تولیدی	تعداد کارکنان	موجودی در دست	زمان تدارک تولید	زمان تدارک تولید - کننده	محصولات تولید شده	محصولات تحویل دادهشده به خرده فروش	نرخ برآورده-سازی تولید کننده	تقاضای خرده فروش	موجودی در دست	محصولات تحویل داده شده به مشتری-نهائی	نرخ برآورده-سازی خرده فروش	تقاضای مشتری-نهائی
DMU	x_1^M	x_2^M	x_3^M	x_4^M	x_5^M	y_1^M	z_1^{M-R}	z_2^{M-R}	z_1^{R-M}	x_1^R	y_1^R	y_2^R	x_2^R
۱	۳۲	۱۵	۳۱	۰/٤	۱۲	۲۱	۳۷	%۹۸	۳۳	۱۸	۱۸	%۹۸	٤۵
۲	۷۰	۲۸	۳۷	۰/۳۷	۹	۵۰	۳۷	%۹۵	۳۲۷	۱۰۸	۲۶۰	%۹۵	۹۲
۳	۱۸۰	۱۰۰	۸۵	۰/۳۸	۱۳	۱۸۲	۲۰۵	%۹۷	۱۹۱	۱۰۷	۱۰۷	%۹۷	۲۸۷
۴	۹۷	۳۸	۱۰۷	۰/۳۹	۱۰	۷۲	۱۰۷	%۹۸	۲۶۸	۱۰۲	۱۰۲	%۹۸	۱۲۸
۵	۱۶۱	۷۸	۱۱۳	۰/۳۸	۱۲	۱۱۱	۳۵	%۹۵	۲۵۲	۱٤۱	۱٤۱	%۹۵	۲۳٤

به‌منظور درک بهتر و نشان دادن صرفه‌جویی‌های بیشتر در ورودی‌های هر یک از اعضای زنجیره‌تأمین، مدل DEA با استفاده از روابط (۳) تا (۶) و با استفاده از مقادیر جدول (۱) برای هر یک از اعضای زنجیره به‌صورت جداگانه به کار گرفته‌شده است و کارایی کل زنجیره‌تأمین را از میانگین کارایی اعضای آن به‌دست آوردیم سپس با استفاده از مقادیر جدول (۱) و (۲) و روابط (۷) تا (۳۵) و بر اساس فرایند پیشنهادی در این مقاله کارایی هریک از ۵ زنجیره تأمین و همچنین هریک از اعضای زنجیره مورد ارزیابی و محاسبه قرار گرفت. نتایج حاصل از ارزیابی توسط هر دو مدل در جدول (۳) بیان‌شده است و نتایج مورد مقایسه قرار گرفته است.

جدول (۳) نتایج ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین

واحد تحت ارزیابی در دوره t، مابقی واحدها در دوره t+1						
	کارایی اعضای زنجیره تأمین			کارایی زنجیره تأمین		
	تولیدکننده	خرده‌فروش	میانگین	زنجیره تأمین	تولیدکننده	خرده فروش
DMU	$\theta^{manufacturer^*}$	$\theta^{retailer^*}$		Ω^*	Ω_1^*	Ω_2^*
۱	۰/۹۳۱	۱	۰/۹۶۵	۰/۹۳۵	۰/۸۷۱	۱
۲	۰/۷۰۱	۱	۰/۸۵	۰/۸۳۱	۰/۶۹۲	۰/۹۷
۳	۱	۰/۹۷۲	۰/۹۸۶	۰/۸۴۷	۰/۹۴۸	۰/۷۴۷
۴	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۵	۰/۹۰۴	۱	۰/۹۵۲	۰/۹۳۲	۱	۰/۸۶۴

ستون‌های ۲ و ۳، عملکرد اعضای زنجیره تأمین را بر اساس روابط (۳) تا (۶) مشخص می‌کند به عبارت دیگر $\theta^{retailer^*}$ نمره کارایی خرده‌فروش و $\theta^{manufacturer^*}$ نمره کارایی تولید کننده است همچنین ستون ۴، نشان دهنده کارایی کل زنجیره است که توسط میانگین امتیازات کارایی اعضای زنجیره‌تأمین به‌دست می‌آید. عملکرد زنجیره‌تأمین در ستون ۵ به همراه Ω_i^* در دو ستون آخر نشان داده شده است. به‌طوری‌که Ω_1^* بیانگر کارایی خرده‌فروش و Ω_2^* نشان‌دهنده کارایی تولیده‌کننده است. همچنین Ω^* نمره کارایی کل هریک از زنجیره‌های تامین را نشان می‌دهد که توسط روابط (۷) تا (۳۵) به‌دست آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌کنید امتیاز کارایی زنجیره ۴ برابر ۱ است یعنی ($\Omega^* = 1$) به عبارت دیگر، چهارمین زنجیره تامین در صنایع شیر استان فارس، بهترین عملکرد را در بین ۵ زنجیره‌تأمین در این صنعت دارا می‌باشد. باید توجه داشت که در زنجیره ۴ تمام اعضای زنجیره‌تأمین نیز کارا می‌باشند.

همچنین براساس نتایج به‌دست آمده بدیهی است که، میانگین امتیازات کارایی اعضای زنجیره‌تأمین که با استفاده از مدل (۳) به دست آمده است (ستون ۴) بزرگتر از امتیاز کارایی زنجیره‌تأمین (Ω^*) می‌باشد.

به عنوال مثال، زنجیره‌تأمین ۵ را در نظر بگیرید که در آن یک عضو از زنجیره‌تأمین (خرده‌فروش) به صورت کارا عمل می‌کند ولی میانگین کارایی اعضای زنجیره‌تأمین برابر است با ۰/۹۵۲ و امتیاز کارایی به دست آمده با استفاده از روابط (۷) تا (۳۵) برابر با ۰/۹۳۲ می‌باشد که بیانگر این نکته است که این سیستم زنجیره تأمین قادر به صرفه‌جویی بیشتر در ورودی‌ها می‌باشد. به عبارت دیگر مقادیر بهینه که از روابط (۷) تا (۳۵) به‌دست می‌آید، استراتژی‌های بهتری را به‌منظور حرکت به سوی بهترین عملکرد را برای زنجیره‌های‌تأمین ناکارا را نشان می‌دهد. اینک زنجیره‌تأمین ۱ را در نظر بگیرید همان‌طور که مشاهده می‌کنید $\Omega_2^* = 1$ و این امر نشان‌دهنده این است که عملکرد خرده‌فروش کارا است و بنابراین نیاز به هیچ‌گونه تغییری در سنجه‌های مربوط به خرده‌فروش نمی‌باشد، اما برای دستیابی به

بهترین عملکرد زنجیره‌تأمین ۱، تولیدکننده می‌بایست ورودی‌های سیستم خود را به اندازه Ω_1^* کاهش دهد. نرخ تکمیل تولیدکننده باید از نرخ تکمیل فعلی ۹۸٪ به ۹۹٪ افزایش یابد. محصولات تحویل داده شده به خرده‌فروش باید به اندازه تقریباً ۱٪ کاهش یابد. این جواب‌ها که بر مبنای بهترین عملکرد می‌باشند، نشان می‌دهند که تولیدکننده در حالی‌که محصولات تحویل داده شده به خرده‌فروش را کاهش می‌دهد باید قادر به نگه داشتن نرخ تکمیل ۹۹٪ باشد.

در برخی از زنجیره های تامین، زنجیره ممکن است تمایل به کار با هزینه بالا و دسترسی بالا به محصول داشته باشند در حالی‌که دیگران متمایل به سطوح پایین‌تری از خدمت باشند. مفهوم کارایی تحلیل پوششی‌داده‌های ارائه شده در این پژوهش در ابتدا روشی را برای مشخص کردن و اندازه-گیری کارایی زنجیره‌تأمین و همچنین اعضای زنجیره‌تأمین ارائه می‌کند و سپس روشن می‌کند که دو زنجیره تأمین ممکن است ترکیب ورودی-خروجی متفاوتی داشته باشند و هر دو کارا باشند. مدل (۴) اعضای زنجیره‌تأمین را قادر می‌سازد تا به صورت جمعی عملکرد زنجیره‌تأمین را بهبود بخشند. همچنین از طریق استفاده از روابط (۷) تا (۳۵)، هر زنجیره تأمین می‌تواند راه‌هایی برای رسیدن به بهترین عملکرد بیابند و به مزیت رقابتی دست یابند.

۴. نتیجه‌گیری

بر خلاف مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها، هدف ما در این پژوهش مقایسه و رتبه‌بندی واحدها نمی‌باشد. چرا که مدل-های تحلیل پوششی داده‌ها گذشته و حال‌نگر هستند، و بر مبنای داده‌های گذشته به ارزیابی عملکرد می‌پردازند. لذا به تبع آن نتایجی که بر مبنای داده‌های گذشته به دست آید نمی‌تواند چراغ راه هدایت سازمان به سمت آینده باشد. واحد ناکارا برای رسیدن به عملکرد بهتر و کارا شدن از این واحد الگوبرداری کند. ولی از آنجایی‌که این واحد نسبت به عملکرد گذشته واحدها بهترین عملکرد را دارا می‌باشد، راه-کارهای توصیه شده بر مبنای عملکرد این واحد نمی‌تواند کارگشا باشد، چرا که این احتمال وجود دارد که واحدهای کارایی که واحد مجازی از ترکیب آنها ساخته شده در آینده عملکرد بهتری از خود نشان دهند و راه‌کارهای توصیه شده برای واحدهای ناکارا، این واحدها را همچنان ناکارا نگه دارد. لذا، در این پژوهش بر آن شدیم تا راه‌کاری برای حل این مسئله ارائه کنیم. به همین دلیل به سراغ تکنیک شبیه‌سازی پویایی‌های سیستم رفتیم و با مدل‌سازی رفتار زنجیره‌تأمین و ایجاد روابط بین متغیرهای زنجیره‌تأمین و ساختن معادلاتی که روابط بین متغیرها را نشان دهد، به پیش‌بینی رفتار زنجیره‌تأمین در یک سال آینده پرداختیم. حال با در دست داشتن اطلاعات پیش‌بینی شده متغیرها در آینده، اقدام به ارزیابی عملکرد زنجیره‌تأمین با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها کردیم؛ به اینصورت که، زنجیره تأمین تحت ارزیابی را در موقعیت فعلی خود نگه داشتیم و ما بقی زنجیره‌های تأمین را به آینده بردیم و عملکرد واحد تحت ارزیابی را نسبت به عملکرد پیش‌بینی شده بقیه واحد¬ها در آینده ارزیابی کردیم و به جای ارائه راه‌کارهای بهبود عملکرد، استراتژی‌های بهبود عملکرد را برای رسیدن به بهترین عملکرد واحد ناکارا روی مرز کارایی ارائه کردیم.

۵- منابع و مآخذ

[1] Golony B. An interactive MOLP procedure for the extension of DEA to effectiveness analysis. Journal of Operational Research Society, 39, 725-34, (1988).

[2] Stewart Theaodor J. Goal directed benchmarking for organizational efficiency. Omega, 38, 534-539, (2010).

[3] Teimoory, A., Ahmady, M., Supply Chain Management, Iran University of Science and Technology. (1388).

[4] Lambert, D. M., Cooper, M. C., Issues in supply chain management. Ind. Market Manag. 29, 65-83, (2000).

[5] Cooper, M. C., Ellram, L. M., Gardner, J. T., Hanks, A. M., Meshing multiple alliances. J. Bus. Logist. 18, 67-89, (1997).

[6] Zhu, J., Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking: Data Envelopment Analysis with Spreadsheets, Third Edition. Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London. ISBN 978-3-319-06647-9, (2014).

[7] Seiford, L. M., Zhu, J., Profitability and marketability of the top 55 US commercial banks. Management Science, 45(9), 1270-1288, (1999).

[8] Chen, Y., Zhu, J., Measuring information technology's indirect impact on firm performance. Information Technology & Management Journal, 5 (1-2), 9-22, (2004).

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

[10] Golany, B., Hackman, S. T., Passy, U., An efficiency measurement framework for multistage production systems. Annals of Operations Research, 145(1), 51-68, (2006).

[11] Liang, L., Yang, F., Cook, W. D., Zhu, J., DEA models for supply chain efficiency evaluation. Annals of Operations Research, 145(1), 35-49, (2006).

[12] Kao, C., Hwang, S. N., Efficiency decomposition in two- stage data envelopment analysis: An application to non- life insurance companies in Taiwan. European Journal of Operational Research, 185(1), 418-429, (2008).

[13] Liang, L., Cook, W. D., Zhu, J., DEA models for two- stage processes: Game approach and efficiency decomposition. Naval Research Logistics, 55, 643-653, (2008).

[14] Chen, Y., Cook, W. K., Li, N., Zhu, J., Additive efficiency decomposition in two- stage DEA. European Journal of Operational Research, 196, 1170-1176, (2009).

[15] Seiford, L. M., Zhu, J., Sensitivity and stability of the classification of returns to scale in data envelopment analysis. Journal of Productivity Analysis, 12(1), 55-75, (1999).

[16] Liang, L., Yang, F., Cook, W. D., Zhu, J., DEA models for supply chain efficiency evaluation. Annals of Operations Research, 145(1), 35-49, (2006).

[17] Chen, Y., Liang, L., Yang, F., A DEA game model approach to supply chain efficiency, Ann Oper Res. 145, 5–13, (2006).

[18] Liang, L., Cook, W. D., Zhu, J., DEA models for two- stage processes: Game approach and efficiency decomposition. Naval Research Logistics, 55, 643-653, (2008).

[19] Xu, J., Li, B., Wu, D., Rough data envelopment analysis and its application to supply chain performance evaluation. Int. J. Production Economics. 122, 628–638, (2009).

[20] Yang, F., Wu, D., Liang, L., Bi, G., Wu, D.D., Supply chain DEA: production possibility set and performance evaluation model. Ann Oper Res. 185, 195–211, (2011).

[21] Chen, C., Yan, H., Network DEA model for supply chain performance evaluation. European Journal of Operational Research. 213, 147–155, (2011).

[22] Stefanovic, D., Stefanovic, N., Radenkovic, B., Supply network modeling and simulation methodology. Simulation Modelling Practice and Theory 17, 743-766, (2009).

[23] Cheung, K. L., Hansman, W. H. An exact performance evaluation for the supplier in a two- echelon inventory system. Operations research, 48, 646-653, (2000).

[24] John, S., Naim, M. M., Towill, D. R., Dynamic analysis of a WIP compensated decision support system. Int. J. Manuf. Syst. Des. 1, 283-297, (1994).

[25] Campuzano, F., Model of the Demand Variability Management in the Supply Chain. Analysis of the Bullwhip Effect (in Spanish). PhD Thesis. University Politecnica de Valencia, Department of Business Management, CEL Price in 2006 to the Best Doctoral Dissertation, (2006).