



Applying Two-Level DEA for Supplier Selection in Supply Chain Risk Management

M. Pournader, M. Bagherpour, M. Mahdavi Mazdeh, M.A. Shafia *

Mohammad Ali Shafia, Assistance professor of Industrial Eng-Iran University of Science and Technology

Mohammad Mahdavi Mazdeh, Assistance professor of Industrial Eng-Iran University of Science and Technology

Mehrdokht Pournader, MSc student of Industrial Eng-Iran University of Science and Technology

Morteza Bagherpour, Assistance professor of Industrial Eng-Iran University of Science and Technology

Keywords

Supply chain risk management,
Supplier evaluation,
Risk factors,
Two-level measures

ABSTRACT

Identifying risk factors and selecting the suppliers based on these factors appears to be one of the main challenges for manufacturers. As a result, in this paper a distinctive framework for evaluating suppliers based on these risk factors is proposed and solved by multi-criteria decision making (MCDM) techniques and two-level data envelopment analysis (DEA) approach. The measures have been identified by reviewing the literature and the assistance of the experts in this area. Consequently, they have been categorized by Factor Analysis (FA). The measures in each group are then respectively weighted based on the experts' evaluation of the measures and by Analytical Hierarchy Process (AHP) technique. In the next step, the two-level Data Envelopment Analysis (DEA) was applied to rank 12 presumptive suppliers of a manufacturer according to risk measures in two levels. The advantage of applying two-level DEA would be the direct inclusion of risk sub-factors in the computations. This technique benefits from more accurate results, whereas in the other evaluation approaches, in case of many factors and sub-factors, some might be integrated in to others or omitted.

© 2013 IUST Publication, IJIEPM. Vol. 24, No. 3, All Rights Reserved

* **Corresponding author.** Mohammad Ali Shafia
Email: omidshafia@gmail.com

ارائه مدل تحلیل پوششی داده های دو سطحی در مدیریت ریسک زنجیره تأمین به منظور انتخاب تأمین کننده

محمد علی شفیعا*، محمد مهدوی مزده، مهرداد پورنادر و مرتضی باقرپور

کلمات کلیدی

مدیریت ریسک زنجیره تأمین،
ارزیابی تأمین کنندگان،
عوامل ریسک زاء،
معیارهای دو سطحی

چکیده:

شناسایی عوامل ریسک در زنجیره های تأمین و انتخاب تأمین کنندگان بر مبنای حداقل ساختن این ریسک ها همواره یکی از چالش های مهم تولید کنندگان به شمار می آید. بر این اساس در مقاله پیش رو چارچوبی متمایز برای ارزیابی تأمین کنندگان با در نظر گرفتن عوامل ریسک با استفاده از تکنیک های تصمیم گیری و رویکرد تحلیل پوششی داده های دو سطحی ارائه شده است. بدین منظور نخست با بهره گیری از ادبیات موضوع، برجسته ترین معیارهای ریسک موجود در زنجیره های تأمین از دیدگاه کارشناسان این حوزه شناسایی و با استفاده از تحلیل عاملی گروه بندی شده اند. در گام دوم این معیارها با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و با بهره گیری از نظر خبرگان وزن دهی شدند. سپس به منظور ارزیابی هر چه دقیق تر تأمین کنندگان با در نظر گرفتن معیارهای شناسایی شده، از رویکرد تحلیل پوششی داده های دو سطحی بهره گرفته شده است که بر اساس آن ۱۲ تأمین کننده فرضی با توجه به معیارهای ریسک در دو سطح به صورت سلسله مراتبی رتبه بندی شده اند. مزیت استفاده از روش تحلیل پوششی داده های دو سطحی آن است که وزن زیر شاخص های گروه های اصلی ریسک هم مستقیماً در صورت مسئله منظور شده است. این کار منجر به افزایش دقت در محاسبات خواهد شد، چرا که در غیر این صورت هنگامی که شاخص ها و زیر شاخص های نسبتاً زیادی در مسئله وجود داشته باشند، همواره برخی از شاخص ها حذف شده و یا در دیگر شاخص ها ادغام می شوند.

۱. مقدمه

مدیریت ریسک در زنجیره های تأمین^۱ یکی از برجسته ترین ترین چالش های موجود در حوزه مدیریت زنجیره تأمین به شمار می رود. یکی از مهم ترین دلایل این امر برون سپاری^۲ های

گسترده، جهانی شدن^۴ بازارها، افزایش وابستگی به تأمین کنندگان به منظور افزایش مزیت رقابتی^۵ و ظهور فن آوری های اطلاعاتی^۶ است که کنترل و هماهنگی زنجیره های تأمین را میسر می سازد [۱].

در حالی که عواملی که به آن ها اشاره شد منجر به افزایش گزینه های استراتژیک پیش روی سازمان می شوند، اما از طرفی نیز منجر به افزایش احتمال وقوع رویدادهای غیر منتظره ای در این زنجیره می شوند که ممکن است زیان های قابل توجهی را برای سازمان به همراه داشته باشد [۲]. همچنین با توجه به تحقیقات هندریکس و سینگال [۳]، این رویدادها می توانند اثرات منفی در قیمت سهام و در نتیجه زیان شرکت را به همراه داشته باشند.

مدیریت ریسک زنجیره تأمین یک رویکرد مدیریت استراتژیک است که توانایی اثرگذاری بر عملکرد عملیاتی، مالی و بازار شرکت

تاریخ وصول: ۹۰/۶/۹
تاریخ تصویب: ۹۱/۲/۹
*نویسنده مسئول مقاله: دکتر محمد علی شفیعا، دانشیار دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، omidshafia@gmail.com
دکتر محمد مهدوی مزده، استادیار دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، mazdeh@iust.ac.ir
مهرداد پورنادر، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، mehrdokht_pournader@iust.ac.ir
دکتر مرتضی باقرپور، استادیار دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، bagherpour@iust.ac.ir

⁴ Globalization

⁵ Competitive Advantage

⁶ Information Technology

² Supply Chain Risk Management

³ Outsourcing

در بخش سوم، رویکرد تحلیل پوششی داده های دو سطحی بیان شده و سپس داده ها و وزن آن ها مشخص شده اند در بخش چهارم، به صورت نتایج عددی رتبه بندی ۱۲ تأمین کننده سازمان فرضی به نمایش گذاشته خواهند شد.

۲. تحلیل عاملی

به منظور پی بردن به متغیرهای زیر بنایی یک پدیده یا تلخیص مجموعه ای از داده ها از روش تحلیل عاملی استفاده می شود. هر گاه در یک تحقیق تعداد نسبتاً زیادی متغیر وجود داشته باشد، یافتن رابطه ها و یا به عبارت دیگر همبستگی بین این متغیرها به روشهای معمولی بسیار مشکل و گاه ناممکن می باشد [۱۷].

روش تحلیل عاملی برای رفع این مشکل بوجود آمده است و بر مبنای آن متغیرها به گونه ای دسته بندی می شوند که در نهایت به دو یا چند عامل که متشکل از همان مجموعه متغیرها هستند محدود می گردند، به عبارت دیگر متغیرهای مورد استفاده در تحقیق بر اساس صفات مشترکشان به دو یا چند دسته محدود شده و این دسته ها عامل نامیده می شوند. پس از آن روابط بین عامل ها بدست آمده و در هر عامل نیز روابط بین متغیرهای آن محاسبه شده و در نهایت هدف اصلی تحقیق که روابط بین متغیرهای تحقیق است محاسبه می شوند.

۱-۲. تهیه ماتریس همبستگی^۸

اولین گام تحلیل عاملی تهیه ماتریس همبستگی از تمام متغیرهای مورد مطالعه است. در تهیه ماتریس همبستگی محقق باید تصمیم بگیرد که در قطر اصلی این ماتریس عدد ۱ یا عددی در بازه ۰ تا ۱ بگذارد.

این عدد که اشتراک نامیده می شود، نشانگر نسبت واریانس مشترک بین هر متغیر و عامل هاست. مقدار اشتراک بین صفر و ۱ تغییر می کند. اشتراک صفر حاکی از این است که عامل های مشترک هیچ تغییری را در متغیر خاصی تبیین نمی کنند و اشتراک ۱ حاکی از این است که تمام تغییرات متغیر خاص توسط عامل های مشترک تبیین می شوند. به عبارت دیگر اشتراک مساوی ۱ حاکی از این است که کل واریانس متغیرهای مشاهده شده تحلیل عاملی می شود، در حالی که اگر واریانس مشترک متغیرهای مشاهده شده و عامل های تحلیل عاملی شود، برآورد اولیه ای از اشتراک باید در قطر اصلی ماتریس همبستگی قرار گیرد.

ها را داراست [۴]. هدف نهایی مدیریت ریسک زنجیره تأمین تنظیم فرآیندها و تصمیمات سازمانی به شکلی بهینه همراه با کاهش حداکثری ریسک می باشد [۵]. بسیاری از تحقیقات انجام شده در حیطه مدیریت ریسک زنجیره تأمین (به عنوان مثال تحقیقات انجام شده توسط نورمن و لیندروث [۶] و اسپکرمن و دیویس [۷]) به شناسایی ادبیات موضوع انواع ریسک های موجود و منابع آن ها در زنجیره های تأمین پرداخته اند. همچنین برخی دیگر از دیدگاه محاسباتی [۸ و ۹]، مفهومی [۱۰ و ۱۱] و یا ترکیبی از این دو [۱۲] این رویکرد را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده اند.

به همین صورت شناسایی منابع ریسک و کمی سازی آن ها هم به وفور مورد توجه قرار گرفته است [۱۲ و ۱۳]. روش های گوناگونی (همانند استفاده از تکنیک های تصمیم گیری چند معیاره^۱، تحلیل پوششی داده ها^۲، برنامه ریزی خطی^۳، شبکه های عصبی^۴، رویکرد فازی، آوای مشتری و نظایر آن) به منظور انتخاب تأمین کنندگان تحت شرایط عدم اطمینان و ریسک توسط محققان پیشنهاد شده است [۱۴ و ۱۵ و ۱۶].

به دلیل گستردگی عوامل ریسک موجود در زنجیره های تأمین، ممکن است این سؤال در ذهن متبادر شود، که اولاً این عوامل را چگونه می توان به بهترین نحو در گروه های کوچکتری دسته بندی نمود تا ارزیابی سازمان ها بر اساس آن ها ساده تر به نظر آید؟ و دوم آن که چگونه می توان اثرات سطوح پایینی این سلسله مراتب را به درستی در ارزیابی کل زنجیره به نمایش گذاشت؟ با توجه به موارد ذکر شده، پژوهش مورد نظر تلاشی است در راستای بررسی عوامل ریسک موجود در انتخاب تأمین کنندگان و تخصیص وزن به آن ها با استفاده از ابزار تحلیل عاملی^۵ و تحلیل سلسله مراتبی^۶ به منظور گروه بندی معیارهای استخراج شده از منابع علمی و وزن دهی به آن ها و سپس بهره گیری از تحلیل پوششی داده های دو سطحی^۷ به منظور ارزیابی عملکرد ۱۲ تأمین کننده یک سازمان فرضی. بدیهی است چارچوب پیشنهادی را می توان در موارد مشابه برای سازمان ها و شرکت های دارای تأمین کنندگان متعدد در سطح کشور با داده های واقعی به کار برد.

در بخش دوم این مقاله نخست مروری اجمالی بر فرآیند تحلیل عاملی خواهد شد، معیارهای استخراج شده ریسک زا در زنجیره های تأمین از منابع علمی به همراه ذکر منابع آن ها ارائه می شوند.

¹ Multi-Criteria Decision Making

² Data Envelopment Analysis (DEA)

³ Linear Programming

⁴ Neural Network

⁵ Factor Analysis

⁶ Analytical Hierarchy Process

⁷ Two-Level DEA

⁸ Correlation Matrix

۲-۲. استخراج عامل ها^۱

هدف مرحله استخراج عامل ها، به دست آوردن سازه های زیر بنایی است که تغییرات متغیرهای مورد مشاهده را موجب شده است. همبستگی هر متغیر با هر عامل، بار عاملی^۲ نامیده می شود و مقدار آن بین -۱ و +۱ تغییر می کند. واریانس تبیین شده توسط هر عامل برابر است با مجذور بارهای عاملی آن. این واریانس مقدار ویژه^۳ نامیده می شود. اولین مقدار ویژه همواره بیشترین مقدار بوده و از ۱ بزرگتر می باشد و مقدار ویژه برای عامل های بعدی کوچکتر می باشد.

۲-۳. چرخش عامل ها^۴

تمام عامل های استخراج شده مورد علاقه محقق نیست. هدف تحلیل عاملی تبیین پدیده های مورد نظر با تعداد کمتری از متغیرهای اولیه است. در وهله اول، هدف تعیین تعداد عامل هایی است که در تحلیل نگه داشته می شوند. قاعدتاً عامل هایی باید نگه داشته شود که اعتبار صوری یا نظری داشته باشند. اما قبل از فرایند چرخش نمی توان به معنی هر عامل به خوبی پی برد، بنابراین معمولاً از ملاک های ریاضی مانند ملاک کایزر^۵ برای نگه داشتن عامل ها استفاده می شود. براساس ملاک کایزر فقط عامل هایی نگه داشته می شوند که مجموع مجذور بارهای عاملی آن ها (مقدار ویژه) یک یا بیشتر باشد.

این ملاک برای تحلیل عاملی آلفا مناسب است و برای سایر روش های تحلیل عاملی کران پایینی فراهم می آورد. پس از انتخاب عامل ها چرخش آن ها ضرورت دارد. هدف از چرخش عامل ها رسیدن به یک ساختار عاملی ساده است. در تحلیل عاملی، ساختارهای عاملی متعددی برای یک ماتریس همبستگی وجود دارد.

اولین عامل غالباً موردی کلی است که تمام یا اکثر متغیرها بار عاملی بالایی روی این عامل دارند. عامل هایی بعدی معمولاً دو قطبی بوده و بارهای عاملی مثبت و منفی داشته و قابل تفسیر نمی باشند با چرخش ساختار عاملی روشنتر می شوند. تاکنون تحقیقاتی در زمینه بهینه سازی و جمع عوامل ریسک موجود در زنجیره های تأمین توسط ایر و همکاران [۱۸]، لش و جانکر [۱۹] و ماتوک و همکاران [۲۰] صورت پذیرفته است، اما در این تحقیقات ارزیابی عملکرد سازمان ها هدف اصلی نبوده و یا اصلاً به آن ها پرداخته نشده است. در پژوهش پیش رو، با استفاده از نرم افزار وین استات^۶، عمل گروه بندی معیارهای ریسک موجود در زنجیره تأمین صورت پذیرفته است.

۲-۴. بررسی عوامل ریسک زا در زنجیره های تأمین و گروه بندی آن ها

با مطالعه ادبیات موضوع در زمینه مدیریت ریسک زنجیره تأمین ([۱۱] و [۱۳] و [۲۱] و [۲۲] و [۲۳] و [۲۴] و [۲۵] و [۲۶])، نگارندگان به ۱۸ عامل اثرگذار در اندازه گیری درجه ریسک در زنجیره های تأمین را استخراج نموده اند که از لحاظ میزان تکرار در منابع مختلف، درصد بیشتری را به خود اختصاص داده اند. هر کدام از این عامل ها با توجه به طبقه بندی صورت گرفته در پژوهش ماتوک و همکاران [۲۰] به پنج گروه ریسک قیمتی^۷ (PC)، ریسک فن آورانه^۸ (T)، ریسک کیفیتی-کیمیته^۹ ($QI-QT$)، ریسک اقتصادی^{۱۰} (Ec) و ریسک محیطی^{۱۱} (En) گروه بندی شدند. در جدول ۱ به تفکیک گروه های پنج گانه، منابع مورد مطالعه طبقه بندی شده اند. به جای ذکر منابع، شماره ای که بالا در جلوی منابع به آن ها تخصیص داده شده در جدول قید شده است.

جدول ۱. طبقه بندی منابع مطالعه شده با توجه به شاخص های ریسک پنجگانه

نام منبع	[۱۱]	[۱۳]	[۲۱]	[۲۲]	[۲۳]	[۲۴]	[۲۵]	[۲۶]
قیمتی	✓			✓		✓		✓
فن آورانه		✓	✓	✓		✓		
کیفیتی/کیمیته	✓	✓	✓	✓				
اقتصادی			✓	✓	✓	✓	✓	
محیطی				✓		✓	✓	✓

⁶ WinStat

⁷ Price Risk

⁸ Technology Risk

⁹ Quality-Quantity Risk

¹⁰ Economic Risk

¹¹ Environmental Risk

¹ Factor Extraction

² Factor Loading

³ Eigen Value

⁴ Factor Rotation

⁵ Kaiser Criterion

جدول ۲. ماتریس همبستگی معیارهای ریسک پیشنهادی

ردیف	معیار	برآورد	تحلیل ۱	تحلیل ۲	تحلیل ۳	تحلیل ۴
۱	ترورسیم (En3)	0.627	0.857	0.946	0.983	1.000
۲	سرمایه گذاری های نامناسب (Ec1)	0.796	0.952	0.996	1.000	1.000
۳	رقابتی نبودن قیمت ها (Ec3)	0.519	0.785	0.879	0.915	0.929
۴	اعتصاب (En2)	0.596	0.809	0.881	0.906	0.916
۵	نبود خلاقیت فنی در سازمان (T1)	0.728	0.891	0.949	0.969	0.976
۶	مشکل در توسعه محصولات جدید (T3)	0.646	0.673	0.653	0.636	0.628
۷	مشخص کردن قیمت توسط مشتری (Ec4)	0.606	0.708	0.718	0.713	0.709
۸	عدم توانایی در انطباق با نیازهای مشتریان (Qt-Q11)	0.785	0.858	0.857	0.842	0.831
۹	افزایش قیمت کالا (Pc2)	0.769	0.772	0.745	0.727	0.719
۱۰	بلایای طبیعی (En1)	0.627	0.781	0.814	0.819	0.819
۱۱	عدم توانایی در دستیابی به قیمت رقابتی (Pc4)	0.785	0.930	0.970	0.980	0.982
۱۲	تحويل نامناسب محصولات (Qt-Q13)	0.734	0.865	0.898	0.905	0.904
۱۳	کمبود قطعات ناشی از بی ثباتی تأمین کننده (Qt-Q14)	0.483	0.758	0.877	0.936	0.968
۱۴	حساسیت قیمت ها (Pc3)	0.569	0.837	0.935	0.974	0.992
۱۵	افزایش هزینه ها (Pc1)	0.723	0.908	0.972	0.995	1.000
۱۶	تغییرات سریع (T2)	0.796	0.956	1.000	1.000	1.000
۱۷	خطر ورشکستگی (Ec2)	0.548	0.799	0.902	0.948	0.971
۱۸	عدم توانایی در برآوردن حجم تقاضا (Qt-Q12)	0.728	0.908	0.972	0.994	1.000

جدول ۳. مقادیر ویژه معیارهای ریسک پیشنهادی

عامل	مقدار ویژه	واریانس (درصد)	درصد تجمعی
1	4.871	23.197	22.864
2	3.752	17.868	40.475
3	3.181	15.147	55.405
4	2.941	14.003	69.207
5	2.414	11.494	80.536
6	0.851	8.812	89.221
7	0.808	3.846	93.012
8	0.288	1.370	94.362
9	0.284	1.354	95.697
10	0.218	1.039	96.720
11	0.199	0.949	97.655
12	0.132	0.630	98.276
13	0.118	0.564	98.832
14	0.073	0.350	99.176
15	0.062	0.295	99.467
16	0.052	0.248	99.711
17	0.038	0.179	99.888
18	0.024	0.113	100.000

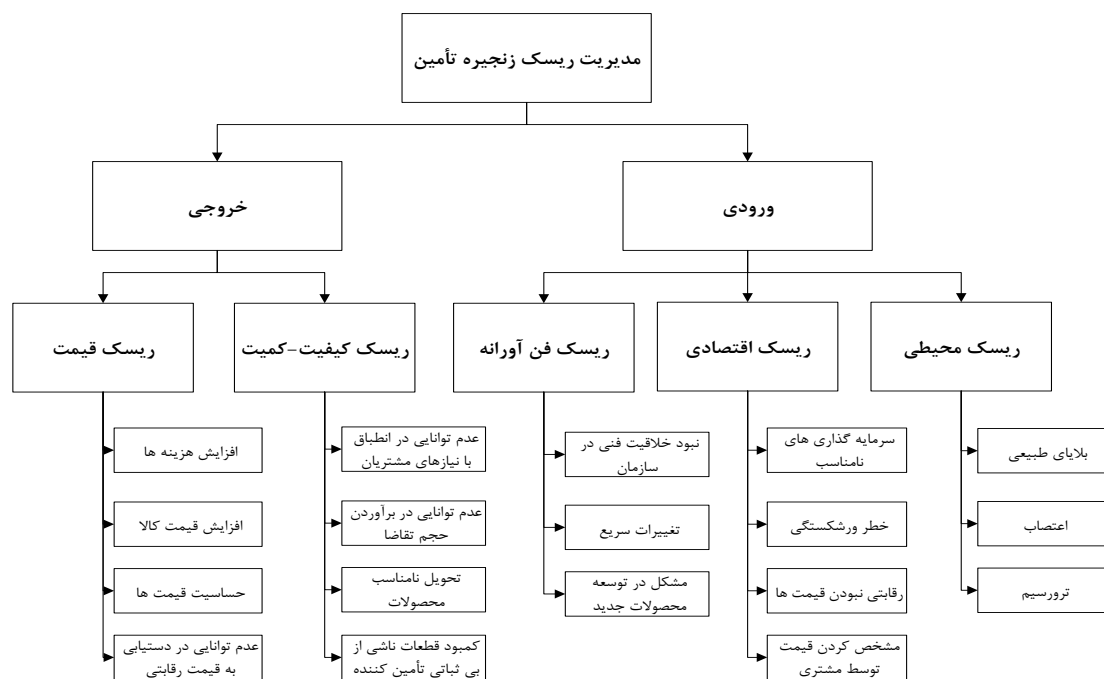
این معیارها که در جدول ۴ و شکل ۱ به تفصیل به آن ها اشاره شده است، در پرسشنامه ای گردآوری شده و به منظور گروه بندی مناسب آن ها میان ۱۹ نفر از اساتید دانشگاه های ایران که در زنجیره تأمین تجربه اجرایی و آموزشی بیش از ۱۵ سال را دارا هستند، توزیع شد. گزینه های این پرسشنامه طبق پنج گزینه ای از کاملاً غیر مرتبط (۱) تا کاملاً مرتبط را در بر می گیرند (پیوست ۱). تجزیه و تحلیل پرسشنامه ها و معیارهای قید شده در آن ها با استفاده از نرم افزار WinStat منجر به جدول ۳ شد که تمامی عوامل را به پنج عامل کلی طبقه بندی می کند. و معیارهای دیگر هم با توجه به جدول ۴ بر حسب آن که دارای همبستگی لازم با عامل مربوطه هستند یا خیر، به تفکیک در هر کدام از این پنج گروه دسته بندی شده اند (دارای بارهای عاملی با مقدار بیش از ۰,۵). به منظور سهولت امر، این خانه ها در جدول ۴ خاکستری شده اند.

جدول ۴. چرخش عامل ها به روش واریماکس و گروه بندی آن ها

ردیف	معیار	عامل ۱ (Pc)	عامل ۲ (T)	عامل ۳ (Qt-Ql)	عامل ۴ (Ec)	عامل ۵ (En)
۱	افزایش هزینه ها (Pc1)	0.929	-0.104	0.150	0.054	-0.136
۲	افزایش قیمت کالا (Pc2)	0.821	-0.028	0.026	0.067	-0.178
۳	حساسیت قیمت ها (Pc3)	0.711	0.185	-0.113	-0.322	0.518
۴	بلایای طبیعی (En1)	0.103	-0.209	-0.536	-0.083	0.736
۵	نبود خلاقیت فنی در سازمان (T1)	-0.191	0.900	0.132	0.086	0.186
۶	سرمایه گذاری های نامناسب (Ec1)	0.208	-0.848	-0.046	0.585	-0.066
۷	تغییرات سریع (T2)	0.192	0.738	0.045	-0.084	0.194
۸	مشکل در توسعه محصولات جدید (T3)	0.196	0.733	-0.271	0.370	-0.169
۹	خطر ورشکستگی (Ec2)	0.003	0.067	-0.041	0.659	-0.111
۱۰	عدم توانایی در دستیابی به قیمت رقابتی (Pc4)	0.603	-0.009	0.090	0.181	-0.089
۱۱	عدم توانایی در انطباق با نیازهای مشتریان (Qt-Ql1)	0.223	-0.297	0.748	0.129	-0.386
۱۲	عدم توانایی در برآوردن حجم تقاضا (Qt-Ql2)	-0.164	0.480	0.673	0.259	0.185
۱۳	رقابتی نبودن قیمت ها (Ec3)	-0.326	0.167	-0.655	0.842	-0.372
۱۴	تحویل نامناسب محصولات (Qt-Ql3)	0.399	0.208	0.646	-0.166	-0.166
۱۵	کمبود قطعات ناشی از بی ثباتی تأمین کننده (Qt-Ql4)	-0.200	0.027	0.642	-0.520	-0.153
۱۶	مشخص کردن قیمت توسط مشتری (Ec4)	-0.385	0.236	0.065	0.869	0.034
۱۷	اعتصاب (En2)	-0.231	0.214	0.046	-0.170	0.914
۱۸	ترورسیم (En3)	0.081	-0.084	0.330	-0.387	0.849

لازم به ذکر است طبقه بندی صورت گرفته شاخص ها به صورت ورودی ها و خروجی ها توسط مؤلفان و با تأیید خبرگانی صورت گرفته است که در مرحله پاسخگویی به پرسشنامه ها مشارکت داشته اند. البته مروری بر ادبیات موضوع در زنجیره های تأمین مؤید این گونه طبقه بندی می باشند.

بنابراین تمامی معیارهای ریسک شناخته شده در زنجیره های تأمین به صورت شکل ۱ گروه بندی شده اند، که این امر استفاده از تحلیل پوششی داده ها به منظور ارزیابی سازمان ها و زیرمجموعه های آنها را از منظر عوامل ریسک در زنجیره های تأمین تسهیل خواهد کرد.



شکل ۱. دیاگرام چارچوب مدیریت ریسک زنجیره تأمین به همراه ورودی ها و خروجی ها

$$W_{En1} + W_{En2} + W_{En3} = 1 \quad (۷)$$

$$W_{Pc1} + W_{Pc2} + W_{Pc3} + W_{Pc4} = 1 \quad (۸)$$

$$W_{Qt-Qi1} + W_{Qt-Qi2} + W_{Qt-Qi3} + W_{Qt-Qi4} = 1 \quad (۹)$$

که در آن x_{ij} ($i = 1, \dots, 10$) میزان ورودی i ام برای واحد j ام، y_{rj} ($j = 1, \dots, 12$) میزان خروجی r ام برای واحد j ام، ϕ نسبت افزایش بالقوه خروجی ها و λ_j تعیین کننده نقش هر کدام از واحدها در ارزیابی واحدها بوده و محدودیت (۴) شرط تحذب مدل به شمار می رود. همچنین W_{Ti} ($i = 1, 2, 3$) وزن زیرشاخص های ریسک فن آورانه، W_{Eci} ($i = 1, 2, 3, 4$) وزن زیرشاخص های ریسک اقتصادی، W_{Pci} ($i = 1, 2, 3, 4$) وزن زیرشاخص های ریسک محیطی، W_{Qr-Qi} ($i = 1, 2, 3, 4$) وزن زیرشاخص های ریسک قیمتی و W_{En} ($n = 1, 2, 3$) وزن زیرشاخص های ریسک کیفیت-کمیت را نمایش می دهند. به دلیل پرهیز از مشکلات ذکر شده در به کاربردن تحلیل پوششی داده ها به صورت متداول، در پیش رو باید وزن های محاسبه شده هر کدام از این معیارها (معادلات ۵-۹)، از طریق فرآیند تحلیل سلسله مراتبی که در بخش ۴ به آن پرداخته خواهد شد، در صورت مسئله گنجانده شود تا از این طریق سطوح پایینی مدل مفهومی نیز در مسئله بالا در نظر گرفته شوند. در این صورت ساختار مسئله به صورت معادلات (۱۰-۱۶) تغییر شکل می یابد.

$$\max \phi \quad (۱۰)$$

subject to

$$W_T, \sum_{j=1}^{12} x_{ij} \lambda_j \leq x_{i0}, \quad T = 1, 2, 3 \quad (۱۱)$$

$$W_{Ec}, \sum_{j=1}^{12} x_{ij} \lambda_j \leq x_{i0}, \quad Ec = 1, \dots, 4 \quad (۱۲)$$

$$W_{En}, \sum_{j=1}^{12} x_{ij} \lambda_j \leq x_{i0}, \quad En = 1, 2, 3 \quad (۱۳)$$

$$W_{Pc}, \sum_{j=1}^{12} y_{rj} \lambda_j \geq \phi y_{r0}, \quad Pc = 1, \dots, 4 \quad (۱۴)$$

۳. تحلیل پوششی داده ها

در ارزیابی تأمین کنندگان تحت شرایط ریسک، رویکرد تحلیل پوششی داده ها به مراتب مورد بهره برداری قرار گرفته است. (توضیح کلی راجع به DEA) اما این روش دارای معایبی است که استفاده از آن را در شرایطی که ورودی ها و یا خروجی ها زیاد بوده و یا سلسله مراتبی باشند محدود کرده و دقت آن را از بین می برد [۲۷]. در همچنین استفاده از این ابزار تنها هنگامی جواب بهینه به دست می دهد که تعداد واحدهای مورد ارزیابی از سه برابر مجموع ورودی ها و خروجی ها کمتر باشد [۲۸]. به همین دلیل پژوهشگران از ابزار تصمیم گیری و یا آماری بهره می برند تا این شاخص ها را خلاصه کرده و یا از مهم ترین آن ها در فرآیند ارزیابی واحد های تأمین کننده استفاده نمایند. این کار سبب حذف برخی عوامل و یا عدم دقت ارزیابی می شود. به علاوه حذف داده های دارای همبستگی ممکن است در فرآیند ارزیابی منطقی به نظر نیاید و نتایج به دست آمده را دچار تغییرات نماید [۲۹]. با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده های چند سطحی نه تنها داده های سطوح پایینی هم در نظر گرفته می شوند، بلکه درجه اهمیت آن ها نیز در فرآیند ارزیابی مدنظر قرار خواهند گرفت. به همین منظور مقاله پیش رو با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده های دو سطحی در زنجیره تأمین تا حدودی مشکل مورد نظر را مرتفع می سازد. با توجه به [۲۷]، می توان ساختار ارائه شده در شکل ۱ را به منظور ارزیابی توسط تحلیل پوششی داده ها به صورت معادلات (۱-۴) فرموله نمود:

$$\max \phi \quad (۱)$$

subject to

$$\sum_{j=1}^{12} x_{ij} \lambda_j \leq x_{i0}, \quad i = 1, \dots, 10 \quad (۲)$$

$$\sum_{j=1}^{12} y_{rj} \lambda_j \geq \phi y_{r0}, \quad r = 1, \dots, 8 \quad (۳)$$

$$\sum_{j=1}^{12} \lambda_j = 1 \quad (۴)$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, 12$$

$$W_{T1} + W_{T2} + W_{T3} = 1 \quad (۵)$$

$$W_{Ec1} + W_{Ec2} + W_{Ec3} + W_{Ec4} = 1 \quad (۶)$$

ماتریس وزن های ورودی ها و خروجی ها هستند که باتوجه به معیار های موجود در معادلات (۲۱-۲۲) نشان داده شده اند.

$$\max \phi \quad (17)$$

subject to

$$(AX)\lambda \leq Ax_0, \quad X = x_1, \dots, x_n \quad (18)$$

$$(BY)\lambda \leq \phi(By_0), \quad Y = y_1, \dots, y_n \quad (19)$$

$$e\lambda = 1 \quad (20)$$

$$\lambda_j \geq 0$$

$$W_{Qt-Ql}, \sum_{j=1}^{12} y_{rj} \lambda_j \geq \phi y_{r0}, Qt - Ql = 1, \dots, 4 \quad (15)$$

$$\sum_{j=1}^{12} \lambda_j = 1 \quad (16)$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, 12$$

به طور کلی می توان مدل پیشنهادی توسط منگ و همکاران [۲۷] را به صورت معادلات (۱۷-۲۰) خلاصه نمود که در آن $X = x_1, \dots, x_n$ نمایانگر ورودی های مسئله و $Y = y_1, \dots, y_n$ نشان دهنده خروجی ها و $e = (1, \dots, 1)$ و A و B به ترتیب

$$\begin{bmatrix} W_{T1} & W_{T2} & W_{T3} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & W_{Ec1} & W_{Ec2} & W_{Ec3} & W_{Ec4} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & W_{En1} & W_{En2} & W_{En3} & 0 \end{bmatrix} \quad (21)$$

$$\begin{bmatrix} W_{Pc1} & W_{Pc2} & W_{Pc3} & W_{Pc4} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & W_{Qt-Ql1} & W_{Qt-Ql2} & W_{Qt-Ql3} & W_{Qt-Ql4} \end{bmatrix} \quad (22)$$

اساس این روش تصمیم گیری بر مقایسات زوجی نهفته است [۳۰]. تصمیم گیرنده با فراهم آوردن درخت سلسله مراتبی تصمیم آغاز می کند. این درخت، عوامل مورد مقایسه و گزینه های رقیب مورد ارزیابی در تصمیم را نشان می دهد. سپس یک سری مقایسات زوجی انجام می گیرد. این مقایسات وزن هر یک از عوامل را در قیاس با گزینه های رقیب مورد ارزیابی در تصمیم نشان می دهد. در نهایت منطق فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به گونه ای ماتریس های حاصل از مقایسات زوجی را با یکدیگر تلفیق می سازد که تصمیم بهینه حاصل آید.

برای انجام این کار معمولاً از مقایسه گزینه ها با شاخص های I ام نسبت به گزینه ها یا شاخص های J ام استفاده می شود که در جدول ۵ نحوه ارزش گذاری شاخص ها نسبت به هم نشان داده شده است.

همان طور که اشاره شد، در راستای بهره گیری از این روش باید وزن هرکدام از معیارها به درستی به آن ها تخصیص داده شود. مؤلفان پژوهش پیش رو، وزن هر کدام از سرشاخه های ریسک یعنی شاخص های اصلی ریسک را ۱ در نظر گرفته، اما با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، وزن هرکدام از معیارها را در شاخص های اصلی محاسبه کرده اند که در بخش آتی به آن پرداخته می شود.

۴. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

معمولاً در شرایطی که عمل تصمیم گیری با چند گزینه رقیب و معیار تصمیم گیری روبروست می تواند از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استفاده گردد. معیارهای مطرح شده می توانند کمی و کیفی باشند.

جدول ۵. ارزش گذاری شاخص ها نسبت به هم

ارزش ترجیحی	وضعیت مقایسه I نسبت به J	توضیح
۱	اهمیت برابر	گزینه یا شاخص I نسبت به J اهمیت برابر دارند و یا ارجحیتی نسبت به هم ندارند.
۳	نسبتاً مهمتر	گزینه یا شاخص I نسبت به J کمی مهمتر است.
۵	مهمتر	گزینه یا شاخص I نسبت به J مهمتر است.
۷	خیلی مهمتر	گزینه یا شاخص I دارای ارجحیت خیلی بیشتری از J است.
۹	کاملاً مهم	گزینه یا شاخص I مطلقاً از J مهمتر و قابل مقایسه با J نیست.
۸ و ۴ و ۲		ارزشهای میانی بین ارزشهای ترجیحی را نشان می دهد مثلاً ۸، بیانگر اهمیتی زیادتاز از ۷ و پایین تر از ۹ برای I است.

گام های محاسبه وزن نسبی شاخص ها به صورت زیر می باشد
 که نمونه ای از آن در جداول ۶ و ۷ به منظور محاسبه شاخص های قیمت (Pc1-Pc2-Pc3) ارائه شده اند:
 گام اول - جمع مقادیر هر یک از ستون ها با یکدیگر،
 گام دوم - تقسیم ستونی عناصر ماتریس به مجموع محاسبه شده در گام اول (نرمالیزه کردن ماتریس)،
 گام سوم - محاسبه میانگین سطری عناصر موجود در ماتریس نرمالیزه شده.

جدول ۶. مقایسه زوجی امتیازدهی معیارهای قیمت

Pc4	Pc3	Pc2	Pc1	
4	2	2	1	Pc1
2	2	1	0.5	Pc2
4	1	0.5	0.5	Pc3
1	0.25	0.5	0.25	Pc4
11	5.25	4	2.25	مجموع

جدول ۷. ماتریس نرمال سازی شده

متوسط	Pc4	Pc3	Pc2	Pc1	
0.44	0.36	0.38	0.50	0.44	Pc1
0.28	0.18	0.38	0.25	0.22	Pc2
0.18	0.36	0.19	0.13	0.22	Pc3
0.09	0.09	0.05	0.13	0.11	Pc4

با توجه به موارد ذکر شده، وزن نسبی تمامی معیارها در شاخص های مربوطه به همراه نماد آن ها در جدول ۸ نشان داده شده اند.

جدول ۸. نتایج مراحل وزن دهی سلسله مراتبی معیارها

نماد	وزن	معیار	نماد	وزن	معیار
W_{T2}	0.21	T2	W_{Pc1}	0.44	Pc1
W_{T3}	0.13	T3	W_{Pc2}	0.28	Pc2
W_{Ec1}	0.42	Ec1	W_{Pc3}	0.18	Pc3
W_{Ec2}	0.27	Ec2	W_{Pc4}	0.09	Pc4
W_{Ec3}	0.17	Ec3	W_{Qt-Q11}	0.59	Qt-Q11
W_{Ec4}	0.14	Ec4	W_{Qt-Q12}	0.21	Qt-Q12
W_{En1}	0.60	En1	W_{Qt-Q13}	0.15	Qt-Q13
W_{En2}	0.21	En2	W_{Qt-Q14}	0.05	Qt-Q14
W_{En3}	0.19	En3	W_{T1}	0.66	T1

۵. نتایج عددی به دست آمده از به کارگیری تحلیل

پوششی داده های دو سطحی

پس از به دست آوردن وزن نسبی معیارهای مشخص شده در مراحل پیشین، حال به منظور ارزیابی ۱۲ تأمین کننده از یک سازمان فرضی که به صورت "الف" تا "ر" نشان داده شده است، نیاز به داده های قضاوتی عملکرد هر کدام از این تأمین کنندگان در ارتباط با معیارهای مشخص شده می باشد که این داده ها به صورت فرضی در جدول ۸ ارائه شده اند. لازم به ذکر است که داده

های جدول ۹ به استثنای گزینه های "خ" و "ر" به صورت تصادفی در نرم افزار اکسل^۱ تهیه شده اند. دلیل پایین بودن عمدی اعداد دو گزینه مورد اشاره نسبت به گزینه های، ارزیابی نتایج به دست آمده و ایجاد درکی نسبی از صحت آن ها می باشد. که البته همانگونه که در جدول ۱۰ مشاهده می شود، گزینه های "خ" و "ر" کمترین امتیاز را به دست آورده اند.

1 Excel

جدول ۹. داده های فرضی ارزیابی ۱۲ تأمین کننده با توجه به معیارهای موجود

Qt-Q14	Qt-Q13	Qt-Q12	Qt-Q11	Pe4	Pe3	Pe2	Pe1	En3	En2	En1	Ec4	Ec3	Ec2	Ec1	T3	T2	T1	
10	7	9	9	7	10	9	8	8	10	9	10	8	8	6	8	10	10	الف
5	3	1	4	8	1	9	1	2	5	8	7	2	10	7	5	8	7	ب
2	10	9	4	10	8	10	10	3	8	8	6	7	7	1	5	6	1	پ
10	2	2	6	9	6	7	8	7	7	3	5	9	5	2	8	8	1	ت
4	9	4	6	3	10	4	5	7	5	4	6	10	5	8	5	3	2	ث
5	2	1	1	2	3	2	6	2	3	1	6	3	1	3	3	4	4	ج
9	2	4	10	7	6	2	6	10	6	10	7	8	1	7	8	9	8	چ
6	7	8	4	5	10	5	5	6	9	1	1	8	6	2	2	2	7	ح
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	خ
9	3	7	7	3	6	2	10	9	10	2	7	6	5	3	4	5	6	د
1	4	9	9	8	1	3	10	4	10	3	5	10	4	4	3	2	9	ذ
0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	ر

پس از جایگذاری وزن های به دست آمده از بخش ۴ در معادلات (۱۱-۱۶) و همچنین وارد نمودن داده های جدول ۹، نتایج رتبه بندی و امتیاز دهی تأمین کنندگان دوازده گانه به صورت جدول ۱۰ به نمایش درآمده اند.

جدول ۱۰. نتایج ارزیابی تأمین کنندگان با استفاده از ابزار تحلیل پوششی داده های دو سطحی

واحد الگو (لامبدا)	رتبه	امتیاز	تأمین کننده
پ (۱)	1	1	پ
الف (۱)	1	1	الف
ت (۱)	1	1	ت
چ (۱)	1	1	چ
الف (۰,۸۴۵۵۳)، چ (۰,۲۲۳۴۳)	5	0.944	د
ت (۰,۶۴۳۵۹)، چ (۰,۳۶۹۹۰)	6	0.935	ذ
الف (۰,۹۶۷۷۸)	7	0.878	ث
الف (۰,۵۰۰۰۰)، چ (۰,۵۰۰۰۰)	8	0.866	ب
الف (۰,۳۸۷۵۰)، چ (۰,۵۹۶۵۲)	9	0.802	ح
پ (۰,۷۶۷۷۴)	10	0.745	ج
الف (۰,۲۵۰۰۰)، پ (۰,۲۵۰۰۰)، چ (۰,۵۰۰۰۰)	11	0.712	خ
الف (۰,۲۵۰۰۰)، پ (۰,۲۵۰۰۰)، چ (۰,۵۰۰۰۰)	12	0.463	ر

۶. نتیجه گیری

۶-۱. جمع بندی

از آن جایی که امروزه انتخاب مناسب تأمین کنندگان برای سازمان ها یکی از عوامل حیاتی موفقیت در مقابل رقبا به شمار می رود، به تبع آن شناسایی عوامل ریسک در ارتباط با این تأمین کنندگان و ارزیابی آن ها بر اساس این عوامل هم یکی از اقدامات مهم سازمان ها محسوب می شود. در این راستا هدف اصلی مقاله

همانگونه که ملاحظه می شود، علی رغم وجود تعداد زیاد ورودی ها و خروجی ها در این مدل، از دقت روش کاسته نشده و ۴ واحد (پ-الف-ت-چ) به عنوان واحدهای الگو شناخته شده اند، ضمن آن که وزن تمامی معیارها هم در محاسبات در نظر گرفته شده اند. به منظور روشن تر شدن جزئیات محاسبات، پیوست های ۲ و ۳ حاوی اطلاعاتی آماری از داده های ورودی و خروجی و ضریب های همبستگی میان معیار ها می باشند.

زیرشاخص های موجود در هر گروه از ۵-۶ عدد فراتر روند، روش مقایسات زوجی پاسخگوی وزن دهی مدل نبوده و باید از تکنیک های پیش رفته تصمیم گیری بهره برد که این امر پیچیدگی مدل را افزایش می دهد. محدودیت دوم آن است که با وجود به دست آوردن رتبه بندی تأمین کنندگان فرضی با استفاده از تحلیل پوششی داده های دو سطحی، امتیازهای به دست آمده بسیار نزدیک به هم هستند که اگر باز هم به تعداد ورودی ها و خروجی افزوده شود ممکن است مدل قادر به رتبه بندی نبوده و تمامی امتیازها را ۱ فرض کند. این امر بدان معناست که با وجود آن که مدل پیشنهادی امکان قبول کردن تعداد بسیار بیشتری از ورودی ها و خروجی ها را داراست، اما این تعداد نیز دارای سقف مجازی خواهند بود.

۴-۶. تحقیقات آتی

چارچوب ارائه شده برای ارزیابی ریسک در زنجیره های تأمین را می توان به منظور استخراج و دسته بندی شاخص ها در مطالعات آماری دیگر در وهله اول و همچنین ارزیابی واحدهای مرتبط با این شاخص ها در وهله دوم مورد بهره برداری قرار داد. در راستای پژوهش های آتی در این زمینه پیشنهاد می شود از تکنیک های وزن دهی غیر خطی استفاده شود. البته در صورت وجود وابستگی میان شاخص ها می توان از روش های دیگر همچون فرآیند تحلیل شبکه ای^۱ بهره برد. همچنین می توان شاخص های مورد نظر را به همراه تکنیک پیشنهادی در یک مورد کاوی در صنعت و یا سازمان های خدماتی، تولیدی در سطح کشور به کار برد.

منابع

- [1] Rao, S., Goldsby, T.J., *Supply Chain Risks: a Review and Typology*. International Journal of Logistics Management, The, 2009. 20(1): pp. 97-123.
- [2] Blackhurst, J., et al., *An Empirically Derived Agenda of Critical Research Issues for Managing Supply-Chain Disruptions*. International Journal of Production Research, 2005. 43(19): pp. 4067-4081.
- [3] Hendricks, K.B., Singhal, V.R., *An Empirical Analysis of the Effect of Supply Chain Disruptions on Long Run Stock Price Performance and Equity Risk of the Firm*. Production and Operations Management, 2005. 14(1): pp. 35-52.
- [4] Sodhi, M.M.S., Son, B.G., Tang, C.S., *Researchers' Perspectives on Supply Chain Risk Management*. Production and Operations Management.

¹ Analytical Network Process (ANP)

پیش رو استخراج مهم ترین عوامل ریسک زای موجود در زنجیره های تأمین با بهره گیری از تحقیقات صورت گرفته در این زمینه و ارزیابی تأمین کنندگان با توجه به این معیارها است. نشان داده شد که استفاده از رویکرد تحلیل عاملی در گروه بندی معیارهای فوق دارای سه مزیت اصلی بود:

نخست آن که معیارهای مرتبط به هم شناسایی شده و تحلیل نتایج ارزیابی را ساده تر ساختند، دوم آن که با دسته بندی تمامی معیارها به گروه های کوچک تر، امکان مقایسه دو به دو آن ها و استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی امکان پذیر شد و دست آخر آن که با توجه به کاهش دقت در ارزیابی در صورت ازدیاد معیارهای ورودی و خروجی در تحلیل پوششی داده ها، از بروز این نقیصه هم در پژوهش مورد نظر جلوگیری به عمل آمد. در مرحله بعدی به منظور ارزیابی هر چه دقیق تر ۱۲ تأمین کننده فرضی بر اساس این معیارها و در نظر گرفتن وزن آن ها از ابزار تحلیل پوششی داده های دو سطحی بهره گرفته شد و نتایج این ارزیابی در بخش ۵ مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲-۶. بیان نتایج

با تکیه بر منابع علمی و با توجه به نظرات خبرگان، ۱۸ شاخص ریسک منتخب در ارتباط با زنجیره های تأمین با استفاده از تحلیل عاملی به پنج گروه اصلی ریسک قیمت (۴ شاخص)، ریسک کیفیت-کمیت (۴ شاخص)، ریسک فن آوارانه (۳ شاخص)، ریسک اقتصادی (۴ شاخص) و ریسک محیطی (۳ شاخص) طبقه بندی شدند و شرح محاسبات آن ها در جداول ۱-۴ مورد بررسی قرار گرفت. سپس هر کدام از شاخص های گروه های پنجگانه، نسبت به شاخص های موجود در گروه خود با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی وزن داده شدند (جداول ۵-۸). مزیت این وزن دهی بالا رفتن دقت در رتبه بندی های صورت گرفته در دو سطح مدل با استفاده از تحلیل پوششی داده ها می باشد. در گام بعدی با انتخاب ۱۲ تأمین کننده فرضی و تخصیص داده به هر کدام از آن ها با توجه به شاخص های مورد نظر با توجه به جدول ۹، روش تحلیل پوششی داده های دو سطحی (فرمول های ۱-۲۲) مورد استفاده قرار گرفته و علاوه بر رتبه بندی شعبات، واحدهای الگو برای هر کدام از آن ها در جدول ۱۰ مشخص شد. با توجه به نتایج به دست آمده علی رغم کثرت شاخص ها در این پژوهش، شعبات "پ"، "الف"، "ت" و "ج" به عنوان واحد های الگو شناخته شده اند.

۳-۶. محدودیت های روش

همان گونه که از مدل پیشنهادی برمی آید، می توان دو محدودیت عمده را برای آن متصور شد؛ محدودیت اول آن است که اگر

- Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 2005. 35(6): pp. 409-425.
- [20] Matook, S., Lasch, R., Tamaschke, R., *Supplier Development with Benchmarking as Part of a Comprehensive Supplier Risk Management Framework*. International Journal of Operations & Production Management, 2009. 29(3): pp. 241-267.
- [21] Hallikas, J., Virolainen, V.M., Tuominen, M., *Risk Analysis and Assessment in Network Environments: a Dyadic Case Study*. International Journal of Production Economics, 2002. 78(1): pp. 45-55.
- [22] Zsidisin, G.A., *A Grounded Definition of Supply Risk*. Journal of Purchasing and Supply Management, 2003. 9(5-6): pp. 217-224.
- [23] Neiger, D., Rotaru, K., Churilov, L., *Supply Chain Risk Identification with Value-Focused Process Engineering*. Journal of Operations Management, 2009. 27(2): pp. 154-168.
- [24] Trkman, P., McCormack, K., *Supply Chain Risk in Turbulent Environments--A Conceptual Model for Managing Supply Chain Network Risk*. International Journal of Production Economics, 2009. 119(2): pp. 247-258.
- [25] Cucchiella, F., Gastaldi, M., *Risk Management in Supply Chain: a Real Option Approach*. Journal of Manufacturing Technology Management, 2006. 17(6): pp. 700-720.
- [26] Jüttner, U., Peck, H., Christopher, M., *Supply Chain Risk Management: outlining an agenda for future research*. 2003.
- [27] Meng, W., et al., *Two-Level DEA Approaches in Research Evaluation*. Omega, 2008. 36(6): pp. 950-957.
- [28] Kao, C., *A Linear Formulation of the Two-Level DEA Model*. The International Journal of Management Science, 2008. pp. 958-962.
- [29] Chen, C., Yan, H., *Network DEA Model for Supply Chain Performance Evaluation*. European Journal of Operational Research, 2011. pp. 147-155.
- [30] Saaty, T.L., *Analytic Hierarchy [rocess*. Encyclopedia of Biostatistics, 1980.
- [5] Wagner, S.M., Bode, C., *An Empirical Examination of Supply Chain Performance Along Several Dimensions of Risk*. Journal of Business Logistics, 2008. 29(1): pp. 307-325.
- [6] Norrman, A., Lindroth, R., *Categorization of Supply Chain Risk and Risk Management*. Supply chain risk, 2004: pp. 14-27.
- [7] Spekman, R.E., Davis, E.W., *Risky Business: Expanding the Discussion on Risk and the Extended Enterprise*. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 2004. 34(5): pp. 414-433.
- [8] Cachon, G.P., *The Allocation of Inventory Risk in a Supply Chain: Push, pull, and advance-purchase discount contracts*. Management Science, 2004: pp. 222-238.
- [9] Tomlin, B., *On the Balue of Mitigation and Contingency Strategies for Managing Supply Chain Disruption Risks*. Management Science, 2006. 52(5): P. 639.
- [10] Svensson, G., *Key areas, Causes and Contingency Planning of Corporate Vulnerability in Supply Chains: A Qualitative Approach*. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 2004. 34(9): pp. 728-748.
- [11] Zsidisin, G.A., et al., *An Analysis of Supply risk Assessment Techniques*. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 2004. 34(5): pp. 397-413.
- [12] Wu, B., Knott, A.M., *Entrepreneurial Risk and Market Entry*. Management Science, 2006. 52(9): pp. 1315.
- [13] Chopra, S., Sodhi, M.M.S., *Managing Risk to Avoid Supply-Chain Breakdown*. MIT Sloan Management Review, 2004. 46(1): pp. 53-61.
- [14] Ho, W., Xu, X., Dey, P.K., *Multi-Criteria Decision Making Approaches for Supplier Evaluation and Selection: A Literature Review*. European Journal of Operational Research. 202(1): pp. 16-24.
- [15] Vanany, I., Zailani, S., Pujawan, N., *Supply Chain Risk Management: Literature Review and Future Research*. Supply Chain Risk Management: Literature Review and Future Research, 2007(0).
- [16] Azadeh, A., Alem, S., *A Flexible Deterministic, Stochastic and Fuzzy Data Envelopment Analysis Approach for Supply Chain Risk and Vendor Selection Problem: Simulation analysis*. Expert Systems With Applications. 37(12): pp. 7438-7448.
- [17] Harman, H.H., *Modern Factor Analysis*. 1976: University of Chicago Press.
- [18] Hair, J.F., et al., *Multivariate Analysis*. Prentice-Hall, London, 2006.
- [19] Lasch, R., Janker, C.G., *Supplier Selection and Controlling using Multivariate Analysis*. International