فصلنامه علمی ـ پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی سال یازدهم، شماره ۲۹، تابستان ۹۲
صفحات ٦١ تا ٨٧

یک رویکرد TOPSIS فازی با اوزان ترکیبی برای انتخاب فروشندهٔ سیستم‌های مخابراتی

محمد امین نایبی *
ابوذر پارسانژاد **
محمد رضا پارسانژاد***

چکیده

در این مقاله به ارائهٔ یک مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره برای انتخاب فروشنده سیستم‌های مخابراتی پرداخته شده است. تصمیم‌گیری در مورد سیستم‌های مخابراتی (سانترال) به لحاظ نقش ارتباطی آن‌ها در سازمان‌ها از اهمیت زیادی برخوردار بوده و با توجه به وجود معیارهای متعدد در انتخاب فروشندهٔ سیستم‌های مخابراتی، آن یک مسئلهٔ‌چندمعیاره است. با توجه به اینکه تصمیمات، عموماً بر اساس قضاوت‌های ذهنی مدیران صورت می‌گیرد برای لحاظ کردن آن در بهبود تصمیم‌گیری از منطق فازی استفاده شده است. بدین‌منظور شاخص‌های مورد نظر از طریق بررسی ادبیات موجود و نظر خبرگان استخراج گردید و بر مبنای آن یک مدل تاپسیس فازی با اوزان ترکیبی توسعه داده شد. وزن ترکیبی، حاصل از ترکیب روش‌های متعددی شامل: قضاوت ذهنی مدیران، متوسط آماری فازی، وزن تعدیلی و وزن‌یابی فازی است. در این مدل تمامی اعداد فازی و از نوع مثلثی می‌باشند. برای آزمون امکان پذیری مدل مورد نظر در انتخاب یک فروشنده سیستم‌های مخابراتی، یک مطالعهٔ موردی واقعی در دانشگاه آزاد اسلامی قزوین صورت پذیرفت.

واژگان کلیدی: سیستم‌های مخابراتی(سانترال)، انتخاب فروشنده، تاپسیس فازی، اوزان ترکیبی.

---

* دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بوئین زهرا، دانشکده فنی و مهندسی، بوئین زهرا، ایران.
** دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بوئین زهرا، دانشکده فنی و مهندسی، بوئین زهرا، ایران.
*** دانشجوی دکتری دانشکده علم و تکنولوژی دانشگاه کیوو، توکیو، ژاپن. (نویسنده مسئول) Parsanejad@a7.keio.jp
تاریخ دریافت: ۸۹/٤/۱ **تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۰/۱۳**

مقدمه

با توجه به اینکه در سازمان‌ها، زمان زیادی صرف اتخاذ تصمیمات از جمله تصمیمات مرتبط با خرید می‌گردد، بنابراین، اهمیت روزافزون تصمیمات انتخاب تأمین‌کنندهٔ سازمان‌ها را وادار به بازاندیشی در خریدها و استراتژی‌های ارزیابی در حین خرید کرده است [۱۴]. با توجه به اهمیت موضوع تحقیقات زیادی درباره انتخاب تأمین‌کننده در ادبیات خرید صورت پذیرفته که می‌توان به مطالعاتی همچون [۳۰]، [۲۱]، [۳۱]، [۲۶]، [۱۳]، [۱۸]، [۸]، [۲۲]، [۱۵]، [۷]، [۱۴] و [۱۲] اشاره نمود. امروزه، صنعت مخابرات با تغییرات روز افزونی پیش می‌رود. برای ادامهٔ حیات در این محیط رقابتی لازم است که شرکت‌های مخابراتی محصولات و خدمات جدیدی برای رفع نیازهای روزافزون مشتریان مخابراتی عرضه کنند که این خود نیازمند تکنولوژی‌های مناسب و شایسته می‌باشد [۲۵]. سیستم‌های مخابراتی عمری بین۵ تا۱۰سال یا حتی بیشتر داشته و می‌توانند موقعیت استراتژیک سازمان را تحت تأثیر قرار دهند [۲۵]. فرایند انتخاب یک گزینهٔ مناسب با توجه به عوامل بسیاری ازجمله نیازها و اهداف سازمانی، خطرات، مزایا و منابع محدود صورت می‌گیرد[۲۹]. انتخاب فروشنده در رابطه با یک سیستم مخابراتی نیز خارج از این موضوع نیست، که یک مسئلهٔ بسیار مهم برای سازمان بوده و می‌تواند دربرگیرندهٔ شاخص‌های زیادی از جمله مقتضیات فنی، ویژگی‌های خدمت و هزینه باشد [۲۳]. علاوه‌بر آن به‌دلیل ابهام و عدم دقت در تفکر انسانی، فرایند انتخاب اغلب بر پایهٔ اطلاعات نامناسب یا قضاوت‌های انسانی است [۲۹]. شناسایی بهترین گزینه برای متولیان تصمیم‌گیری بدون یک چارچوب نظام‌مند در رابطه با مسائل چندشاخصه کاری بس دشوار است. ازآنجاکه عوامل دخیل در این نوع مسائل اساساً توسط ادراکات ذهنی و احساسات در مورد هر شاخص تعیین می‌گردد، رویکرد تصمیم‌گیری چندشاخصه فازی[1](FMCDM) می‌تواند به ارزیابی بهتر گزینه‌ها و انتخاب بهترین گزینه کمک کند [۲۹]. بنابراین، در این پژوهش به‌دنبال ارائهٔ یک مدل تاپسیس[2] فازی با اوزان ترکیبی برای مسئلهٔ انتخاب فروشنده سیستم‌های مخابراتی هستیم. بدین‌منظور ابتدا به شناسایی شاخص‌های انتخاب سیستم‌های مخابراتی

1- Fuzzy Multi Criteria Decision Making
2- TOPSIS

می‌پردازیم. سپس به تعیین اوزان شاخص‌ها از ماتریس قضاوت‌های شاخص‌ها به‌صورت دقیق و همین ماتریس با گزاره‌های فازی مثلثی می‌پردازیم. سپس یک‌بار با روش وزن تعدیلی و بار دیگر با روش وزن‌یابی فازی آن‌ها را ترکیب می‌کنیم. در مرحلهٔ آخر دو وزن مذکور را از طریق روش متوسط فازی با یکدیگر ترکیب کرده و وزن نهایی شاخص‌ها که فازی است حاصل می‌شود. و ترکیب آن‌ها بایکدیگر می‌پردازیم. در ادامه به تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری می‌پردازیم. در این ماتریس علاوه‌بر وزن‌ها گزاره های داخل ماتریس نیز فازی و از نوع مثلثی می‌باشند. پس از آن با استفاده از روش تاپسیس به محاسبهٔ گزینه ایده‌آل خواهیم پرداخت. به‌منظور آزمون مدل یک مطالعه موردی واقعی در دانشگاه آزاد اسلامی قزوین انجام گرفته است. این مقاله به‌صورت زیر سازماندهی شده است: در بخش دوم به ادبیات موضوعی پژوهش، بخش سوم به شناسایی شاخص‌ها، بخش چهارم به توسعهٔ مدل تاپسیس فازی و کاربرد آن در انتخاب فروشنده سیستم‌های مخابراتی(سانترال) و در بخش نهایی به نتیجه‌گیری و پیشنهاداتی برای تحقیقات آتی پرداخته شده است.

مروری بر ادبیات پژوهش

روش‌های انتخاب فروشنده

تعداد زیادی از مطالعات صرف بررسی روش‌های انتخاب فروشنده‌شده است. نتیجهٔ مشترک این مطالعات نشان دهندهٔ ماهیت چندهدفهٔ تصمیمات انتخاب تأمین‌کننده است [۱۸]،[۲۱]،[۱۳]و[۸]. "وبر" و همکاران [۳۰] رویکردهای کمی را برای مسئله انتخاب فروشنده بررسی کردند. بر اساس این مطالعه مدل‌های وزن دهی خطی، مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی و رویکردهای آماری، رویکردهایی بودند که بیشتر به‌کارگرفته شده بودند. رویکرد فرایند سلسله‌مراتبی تحلیل[1](AHP) فازی نیز توسط چند نویسنده به‌کار گرفته شده است [۳۲] و [۱۷]. "وبر" و "کرنت" [۳۱] یک رویکرد برنامه‌ریزی چندهدفه برای کمک به مدیران خرید در تصمیمات انتخاب فروشنده ارائه کردند. "قدسی‌پور" و "اوبراین" [۱۳] تلفیقی از یک فرایند سلسله‌مراتبی تحلیل و مدل برنامه‌ریزی خطی را در انتخاب بهترین تأمین‌کننده استفاده کردند. "بور" و همکاران

1- Analytical Hierarchical Process

[۸] روش‌های تصمیم گیری ارائه‌شده در ادبیات فرایند انتخاب تأمین‌کننده را بررسی کردند. آن‌ها نشان دادند که روش‌های مناسبی از تحقیق در عملیات همانند تحلیل پوششی داده‌ها (DEA[1])، رویکردهای هزینهٔ کل، برنامه‌ریزی خطی، مدل‌های وزن‌دهی خطی، روش‌های آماری، مدل‌های هوش مصنوعی در ادبیات خرید استفاده شده‌اند. "کارپاک "و همکاران [۱۷] یک مدل برنامه‌ریزی آرمانی تعاملی[2] دیداری برای حل یک مسئلهٔ خرید با جایگزینی چندگانه ارائه کردند. سبی و "بایرکتور" [۱۰] یک مسئلهٔ انتخاب تأمین‌کننده را با به‌کارگیری یک برنامه‌ریزی تلفیقی آرمانی لکسیکوگراف و مدل AHP سازماندهی کردند. در ادبیات از رویکرد هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت (ABC) نیز استفاده شده است [۱۱]. برای مسائل انتخاب فروشنده، شماری از رویکردهای کمی همچون مالکیت هزینه کل(TCO)، فرایند سلسله مراتبی تحلیل (AHP)، برنامه‌ریزی خطی، رویکردهای آماری و...استفاده شده است [۷]. "بایات" [۶] نیز برای مدله کردن و حل مسئلهٔ انتخاب فروشنده از فرایند شبکه‌ای تحلیل(ANP) استفاده نموده است. "ناراسیمان نایدیک" و "هیل" و "پرتوی" استفاده از AHP را برای مسائل انتخاب فروشنده پیشنهاد کردند. آن‌ها بیان کردند که اصولا AHP به‌دلیل قابلیت ذاتی خود در استفاده از شاخص‌های کمی و کیفی در مسائل انتخاب فروشنده به‌کار رفته است [۲۵] و[۲۱]. جون یان و همکاران [۱۶] مسئلهٔ انتخاب فروشنده در زنجیره، عرضه را با رویکرد برنامه‌ریزی محدودیت‌های احتمالی فازی مدل‌سازی کردند. آن‌ها یک الگوریتم ژنتیک براساس شبیه‌سازی فازی برای حل مدل خود ارائه دادند. منتظر و همکاران [۲۰] با استفاده از روش الکتره ۳ فازی برروی یک روش انتخاب فروشنده مطالعه نمودند. آن‌ها مدل خود را در صنایع پتروشیمی ایران آزمون نمودند. کومار و همکاران [۱۹] در مطالعهٔ خود به ارائهٔ یک مدل برنامه‌ریزی فازی با سه هدف کمینه‌سازی هزینه‌ها، بیشینه‌سازی کیفیت و تحویل به موقع برای انتخاب فروشنده در زنجیرهٔ عرضه پرداختند. "شیور" و "شی" [۲۳] یک مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره برای انتخاب استراتژیک فروشندگان ارائه دادند. آن‌ها در این مدل از TOPSIS، ANP و NGT استفاده نمودند. "وادوا" و "راوینران" [۲۷] در مطالعهٔ خود، روش‌های انتخاب فروشنده را به سه دسته مدل‌های عمومی، مدل‌های چند معیاره و

1- Data Envelopment Analysis
2- Interactive goal programming model

مدل‌های تحت تخفیف دسته‌بندی می‌کند. در دسته‌بندی آن‌ها مدل‌های عمومی شامل: رویکرد هزینهٔ کل، تئوری مطلوبیت چندمعیاره (MAUT)، برنامه‌ریز چندهدفه، هزینهٔ مالکیت کل(TCO) و فرایند سلسله‌مراتبی تحلیل می‌باشند. آن‌ها در این مطالعه به ارائهٔ یک مدل چندهدفه با اهداف کیفیت، زمان تحویل و ظرفیت تولید فروشنده پرداخته‌اند.

مطالعات شاخص‌ها

عمدهٔ این مطالعات نشانگر آن است که بسیاری از سازمان‌ها زمان قابل توجهی را صرف انتخاب تأمین‌کننده می‌کنند. "الرام" [۱۲] مسئلهٔ انتخاب تأمین‌کننده را با استفاده از مطالعات موردی سازمان‌های درگیر در روابط خریدار ـ تأمین‌کننده بررسی نمود. او در این مطالعه برخی عوامل را علاوه‌بر کیفیت، هزینه، تحویل به‌موقع و خدمات را ارائه داد که می‌بایست در انتخاب شرکای تأمین مورد توجه قرار گیرد. او عوامل را به چهار دستهٔ مسائل مالی، فرهنگ سازمانی و استراتژی، تکنولوژی و یک گروه عوامل متفرقه طبقه‌بندی نمود. وبر و همکاران [۳۰] ۷۴ مقالهٔ انتشاریافته از سال ۱۹۶۶تا سال ۱۹۹۱ را که شامل شاخص‌های انتخاب فروشنده در زمینهٔ تولید و خرده فروشی بود بررسی کردند. آن‌ها نشان دادند که کیفیت، تحویل و قیمت خالص از توجه زیادی برخوردار است. در این مطالعه امکانات تولید، موقعیت جغرافیایی، وضعیت مالی و ظرفیت به میزان متوسط مورد توجه قرار گرفته است. "نایدیک" و "هیل" [۲۱] چهار معیار کیفیت، قیمت، تحویل و خدمت را در انتخاب تأمین‌کننده مورد توجه قرار دادند. مطالعه‌ای دیگر توسط "ورما" و "پولمان" [۲۶] در بین ۱۳۹ مدیر صورت پذیرفت. آن‌ها به‌دنبال پاسخ به این سؤال بودند که چگونه مدیران در زمان انتخاب تأمین‌کننده بین کیفیت، هزینه، تحویل به‌موقع، زمان تحویل و شاخص‌ها، انعطاف و جایگزینی[1] انجام می‌دهند. آن‌ها نشان دادند که در ادراک مدیران، کیفیت مهمترین شاخص تأمین‌کننده بوده و پس از آن تحویل به‌موقع و هزینه قرار می‌گیرند. "پارک" و "کریشنان" [۲۲] فعالیت‌های انتخاب تأمین‌کننده را در میان ۸۷ مدیر بنگاه‌های کوچک بررسی کرده و ۱۵ معیار از مطالعهٔ "الرام" [۱۲] را پذیرفتند. "کارپاک" و همکاران [۱۸] هزینه، کیفیت، قابلیت اطمینان تحویل را به‌عنوان معیارهای انتخاب فروشنده مورد

1- Tradeoff

توجه قرار دادند. "هندفیلد" و همکاران [۱۵] بر مسائل محیطی در ارزیابی تأمین‌کنندگان تمرکز کردند. "بوتا" و "هیوک" [۷] برای ارزیابی تأمین‌کنندگان از چهار معیار هزینه‌های تولید، کیفیت، تکنولوژی و خدمت استفاده کردند. "دیکسون" ۳۲ معیار مختلف برای انتخاب فروشنده شامل کیفیت، تحویل، پیشینه عملکرد، ضمانت، قیمت، قابلیت فنی و موقعیت مالی فروشنده را شناسایی کرد که در [۲۵] بدان اشاره شده است. مطالعات "آربل" و "سیدمان" [۵]، "بک و لین، "بارد" ، "لیبراتور" و "ژیران"، تعدادی از شاخص‌های مرتبط با جنبه‌های مالی، فنی و عملیاتی را که در انتخاب سیستم مخابراتی کاربردی هستند شناسایی کردند که در [۲۵] و[۳۳] آمده است.

شناسایی شاخص‌ها

پس از بررسی مطالعات صورت‌گرفته در مورد شاخص‌های خرید یک سیستم مخابراتی با توجه به ادبیات موضوعی، مصاحبه و مشاوره با متخصصان و کارشناسان تعداد ۲۰ شاخص که از نظر خبرگان مهم به‌نظر می‌رسید استخراج گردید. برای شناسایی شاخص‌های نهایی با طراحی یک پرسشنامه و با استفاده از یک طیف ۵ قسمتی شامل گزینه‌های خیلی بی‌اهمیت، بی‌اهمیت، بی‌تأثیر، مهم و خیلی‌مهم شاخص‌های ۲۰گانه ارزیابی شدند. به‌دلیل افزایش اعتبار و روایی تحقیق و در جهت کاربردی کردن پژوهش جامعهٔ آماری این پژوهش در بعد نظرسنجی کارشناسان و متخصصان شرکت‌های مخابراتی و در بعد جمع‌آوری اطلاعات و سنجش مدل کارشناسان سیستم‌های مخابراتی در مراکز آموزش عالی می‌باشد. با توجه به اینکه حیطهٔ تحقیق مؤسسات آموزش عالی و دانشگاه‌ها در منطقهٔ استان قزوین می‌باشد و براساس آمار و اطلاعات تعداد ۱۵ دانشگاه و مرکز آموزش عالی در استان وجود دارد. بنابراین، با توجه به معدود بودن مراکز مورد بررسی به تمامی واحدها پرسشنامه ارسال گردید. ولی، به‌دلیل محدودیت‌های تحقیق از جمله بوروکراسی اداری، هزینه و زمان تنها تعداد ۵ پرسشنامه در طی مدت ۳ ماه عودت گردید. با توجه مشکلات موجود، پژوهش بر اساس این ۵ پرسشنامه به‌نتیجه رسیده است. برای ارزیابی پایایی پرسشنامهٔ موردنظر از ضریب آلفای کرونباخ استفاده گردید که این ضریب از نظر کارشناسان

آماری پذیرفته شده ($\alpha = 0.7186$) بود. روایی پرسشنامهٔمذکور از طریق روش اعتبار محتوا[1] [۳] به تأیید خبرگان امر رسیده است. به هریک از گزینه‌ها به ترتیب امتیازهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ اختصاص داده شد که نتیجهٔ میانگین امتیازات شاخص‌ها در جدول شمارهٔ۱ آمده است. براساس نظر اساتید دانشگاهی و خبرگان در حوزهٔ سیستم‌های مخابراتی، شاخص‌هایی که میانگین امتیاز آن‌ها بزرگ‌تر و مساوی ۳ بود به‌عنوان شاخص‌های نهایی انتخاب گردید. بدین‌منظور از آزمون میانگین [۱] استفاده گردید. در نتیجه از۲۰ شاخص مورد نظر، با توجه به نتایج آزمون‌های آماری تعداد ۱۴ شاخص به‌عنوان شاخص‌های ارزیابی انتخاب شدند که شاخص‌های نهایی در چهارگروه هزینه، فنی، عملیاتی و فروشنده در جدول شماره ۲ آمده است.

جدول ۱. میانگین امتیازات شاخص‌ها

ردیف	شاخص	میانگین امتیاز	ردیف	شاخص	میانگین امتیاز
۱	هزینهٔ خرید	٤,۲٥	۱۱	سهولت عملیات	٤,۷٥
۲	هزینهٔ سیستم مدیریت شبکه	۱,۷٥	۱۲	قابلیت‌های تشخیص نقص	٤,٤٥
۳	هزینهٔ نگهداری	۳,۷٥	۱۳	قابلیت‌های بررسی عملکرد	۲,۰٥
٤	ظرفیت سیستم	۳,۹	۱٤	ویژگی‌های امنیتی سیستم	٤,۳٥
٥	قابلیت ارتقاء نرم‌افزاری و سخت‌افزاری	۱,٥	۱٥	تجربه در محصولات مرتبط	۱,٥
٦	پایایی/دسترس‌پذیری سیستم	٤,۲٥	۱٦	مدت زمان تحویل	۳,٥
۷	قابلیت به‌کارگیری با سایر سیستم‌ها	٤,۳٥	۱۷	قابلیت‌های حل مسئله	۲,٤٥
۸	انطباق با استانداردها	۲,۱٥	۱۸	خدمات پس از فروش	٤,٥
۹	توسعهٔ تکنولوژیک آتی	۱,۹٥	۱۹	تخصص تأمین‌کننده	۳,٥
۱۰	حجم فیزیکی دستگاه	۳,٦٥	۲۰	شهرت فروشنده	۳,۲٥

مدل TOPSIS فازی با اوزان ترکیبی برای انتخاب فروشنده سیستم مخابراتی

در این بخش از پژوهش به ارائهٔ متودولوژی موردنظر برای انتخاب فروشنده سیستم‌های مخابراتی می‌پردازیم. در مدل ارائه شده تمامی متغیرها فازی و از نوع مثلثی می‌باشند. در ارزیابی شاخص‌ها نسبت‌به یکدیگر و گزینه‌ها نسبت‌به هرشاخص از متغیرهای زبانی به شرح جدول زیر استفاده شده است. گام‌های توسعه این مدل به قرار ذیل است:

1- Content Validity

جدول ۲. معیارهای نهایی انتخاب یک سیستم مخابراتی

ردیف	معیار ارزیابی
۱	هزینهٔ خرید
۲	هزینهٔ نگهداری
۳	ظرفیت سیستم
٤	پایایی/ دسترس‌پذیری سیستم
٥	قابلیت به‌کارگیری با سایر سیستم‌ها
٦	حجم فیزیکی دستگاه
۷	سهولت عملیات
۸	قابلیت‌های تشخیص نقص
۹	انعطاف در صورت حساب‌دهی
۱۰	ویژگی‌های امنیتی سیستم
۱۱	مدت زمان تحویل
۱۲	خدمات پس از فروش
۱۳	تخصص تأمین‌کننده
۱٤	شهرت فروشنده

گام اول: ایجاد ماتریس تصمیم

با فرض اینکه m گزینه و n شاخص داشته باشیم، اعداد داخل ماتریس متغیرهای زبانی فازی هستند که از جدول شمارهٔ ۳ استخراج می‌شوند [۲۸]:

$$\tilde{D} = \begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} C_1 & C_2 & & C_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \cdots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{22} & \cdots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \cdots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \end{array}, i = 1,2,...,m; \quad j = 1,2,...,n \quad (1)$$

جدول ۳. متغیرهای زبانی فازی

FTN1	خیلی‌ضعیف/ خیلی‌کم	0.00001	0.00001	1
FTN2	ضعیف/کم	0.00001	1	3
FTN3	متوسط ضعیف/ متوسط کم	1	3	5
FTN4	متوسط / عادلانه	3	5	7
FTN5	متوسط خوب/ متوسط بالا	5	7	9
FTN6	خوب/ بالا	7	9	9
FTN7	خیلی‌خوب/ خیلی بالا	9	9	10

گام دوم: نرمالیزه‌کردن ماتریس تصمیم‌گیری

برای محاسبه $\tilde{r}_{ij}$ برای شاخص‌های مثبت از رابطه (۲) و در مورد شاخص‌های منفی از رابطه (۳) استفاده می نماییم. در رابطهٔ (۲) عدد C_j^* ماکزیمم C_{ij} و در رابطهٔ (۳) عدد a_j^- مینیمم a_{ij} ها به‌صورت زیر تعریف می‌شوند تا بتوان اعداد فازی $\tilde{r}_{ij}$ ، شاخص‌های مثبت و منفی را نیز نر مال کرد، در نتیجه ماتریس نرمال $\tilde{R}$ به‌صورت زیر می‌باشد [۲۸].

$+\tilde{r}_{ij} = \frac{\tilde{x}_{ij}}{(C^*_j, C^*_j, C^*_j)}, C_j^* = \max C_{ij}, \quad \forall i, i = 1,2,..., m$	(۲)
$-\tilde{r}_{ij} = \frac{(a^-_j, a^-_j, a^-_j)}{\tilde{x}_{ij}}, \quad a_j^- = \min a_{ij}, \quad \forall i, i = 1,2,..., m$	(۳)
$\tilde{R} = \left[\tilde{r}_{ij}\right]_{\max}, \quad i = 1,2,..., m; \quad j = 1,2,..., n$	(۴)

گام سوم: تعیین اوزان ترکیبی شاخص‌ها

ازآنجاکه وزن هر شاخص، نقش تعیین‌کننده‌ای در انتخاب بهترین گزینه دارد تعیین وزنی که براساس اطلاعات به واقعیت نزدیک باشد از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. بدین‌منظور وزن شاخص از ترکیب چند وزن حاصل می‌شود. برای رسیدن به وزن نهایی مراحل زیر طی شده است:

تعیین قضاوت‌های ذهنی هر شاخص(λ)

با توجه به اهمیت قضاوت‌های ذهنی مدیر سازمان در تصمیم‌گیری ها [۲] این عامل با نماد λ به‌صورت بردار زیر و در بازه $[0,1]$ تعیین می‌گردد. به‌طوری که مدیر به هر شاخص یک عدد دقیق بصورت بردار زیر بیان می‌دارد:

$$\lambda = [\lambda_1, \lambda_2, ..., \lambda_n] \qquad (۵)$$

محاسبهٔ اوزان فازی بر اساس مقایات زوجی شاخص‌ها

در این مرحله، ماتریس قضاوت‌های فازی $\tilde{C}$ را تشکیل می‌دهیم [۲۸]. این ماتریس مقایسات معیارها را نسبت‌به یکدیگر و اختصاص از طریق واژه‌های زبانی که در جدول شمارهٔ۴ آمده است نشان می‌دهد. ابتدا ماتریس قضاوت‌های فازی زیر را تشکیل می‌دهیم:

$$\tilde{C}=\begin{bmatrix}\tilde{1} & \tilde{C}_{12} & \cdots & \tilde{C}_{1n}\\ \tilde{C}_{21} & \tilde{1} & \cdots & \tilde{C}_{2n}\\ \cdots & \cdots & \tilde{1} & \cdots\\ \tilde{C}_{n1} & \tilde{C}_{n2} & \cdots & \tilde{1}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\tilde{1} & \tilde{C}_{12} & \cdots & \tilde{C}_{1n}\\ \tilde{C}_{21} & \tilde{1} & \cdots & \tilde{C}_{2n}\\ \cdots & \cdots & \tilde{1} & \cdots\\ \tilde{C}_{1n}^{-1} & \tilde{C}_{12\ 2n}^{-1} & \cdots & \tilde{1}\end{bmatrix} \quad (۶)$$

جایی که

$$\tilde{C}_{ij}=\begin{cases}\tilde{1},\tilde{3},\tilde{5},\tilde{7},\tilde{9}, & \text{اهمیت نسبی معیار } i \text{ بر معیار } j \text{ بیشتر است}\\ 1, \quad i=j & \\ \tilde{1}^{-1},\tilde{3}^{-1},\tilde{5}^{-1},\tilde{7}^{-1},\tilde{9}^{-1}, & \text{اهمیت نسبی معیار } i \text{ بر معیار } j \text{ کمتر است}\end{cases} \quad (۷)$$

جدول٤. توابع عضویت مقیاس‌های زبانی

عدد فازی	نماد مورد استفادهٔ بجای $\tilde{C}_{ij}$ در جداول	تابع عضویت
$\tilde{9}$	F9	(7,9,9)
$\tilde{7}$	F7	(5,7,9)
$\tilde{5}$	F5	(3,5,7)
$\tilde{3}$	F3	(1,3,5)
$\tilde{1}$	F1	(1,1,3)
$\tilde{1}^{-1}$	FF1	(.33,1,1)
$\tilde{3}^{-1}$	FF3	(0.2,0.33,1)
$\tilde{5}^{-1}$	FF5	(0.14,0.2,0.33)
$\tilde{7}^{-1}$	FF7	(0.11,0.14,0.2)
$\tilde{9}^{-1}$	FF9	(0.11,0.11,0.14)

در این مرحله وزن فازی هر معیار توسط فرمولی که بوکلی [۹]،[۲۸] ارائه کرده است، به‌صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$\tilde{r}_i=\left[\tilde{C}_{i1}\otimes\tilde{C}_{i2}\otimes\cdots\otimes\tilde{C}_{in}\right]^{\frac{1}{n}} \qquad \forall i=1,2,...,n \quad (۸)$$

$$\tilde{W}_i=\frac{\tilde{r}_i}{\tilde{r}_1\oplus\cdots\oplus\tilde{r}_n}$$

جایی که C_{ij} عدد فازی مقایسه معیار i نسبت به معیار j، r_i میانگین هندسی این اعداد مقایسه‌ای فازی و $\tilde{W}_i$ وزن فازی معیار iام می‌باشد.

تعیین تقریب اوزان($\tilde{S}_i$) با استفاده از وزن‌یابی فازی

در این مرحله، ترکیب وزن‌ها را از طریق وزن‌یابی فازی مجدداً به‌دست می‌آوریم. این روند یک تقریب خوب دیگر از روش بردار مقادیر ویژه می باشد. در این مرحله از رابطهٔ ذیل استفاده می‌کنیم [۴].

$$\tilde{S}_i = \frac{\sum_{i=1}^{n} \tilde{C}_{ij}}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \tilde{C}_{ij}} \quad \forall i = 1,2,...,n \qquad (۹)$$

تعیین وزن تعدیلی($\tilde{w}'_i$) اوزان محاسبه‌شده

در این مرحله، اوزان حاصل قضاوت‌های ذهنی مدیر و تقریب اوزان با وزن‌یابی فازی را با یکدیگر ترکیب و تعدیل می‌نماییم. بدین‌منظور از رابطهٔ ذیل استفاده شده است [۲]:

$$\tilde{w}'_i = \frac{\lambda_i \tilde{S}_i}{\sum_{i=1}^{n} \lambda_i \tilde{S}_i} \quad \forall i = 1,2,...,n \qquad (۱۰)$$

محاسبهٔ وزن نهایی شاخص‌ها (w_{ave_i})

باتوجه به این‌که روش‌های آماری کاربردهای بسیاری در عمل دارند، ما از رویکرد متوسط آماری فازی و به‌کارگیری رابطهٔ ذیل وزن نهایی با فرایند طی‌شده برای به‌کارگیری در مدل تاپسیس فازی محاسبه می‌گردد:

$$\tilde{w}_{ave_i} = \frac{\tilde{w}i + \tilde{w}'i}{2} \quad \forall i = 1,2,...,n \qquad (۱۱)$$

گام چهارم: محاسبهٔ ماتریس فازی وزن‌دار

در این قدم بردار وزن نهایی فازی شاخص‌ها یا $\tilde{w}_{ave_i}$ با کمک ضرب فازی در اعداد $\tilde{r}_{ij}$ ماتریس $\tilde{V}$ به‌طریق زیر به‌دست می‌آید:

$$\tilde{V} = \left[\tilde{v}_{ij}\right]_{\max}, \quad i = 1,2,...,m; \quad j = 1,2,...,n \qquad (۱۲)$$
$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \otimes \tilde{w}_{avei}$$

گام پنجم: تعیین نقاط ایده‌آل مثبت و منفی

از آنجایی‌که اساس الگوریتم تاپسیس فازی بر اساس دوری یا نزدیکی یک گزینه

حالات ایده‌آل مثبت و منفی می‌باشد، برای محاسبهٔ ایده‌آل های مثبت و منفی به طریق زیر عمل می‌نماییم [۲۸]:

از آنجایی که

$$\widetilde{v}_{ij} = \left(v_{ij1}, v_{ij2}, v_{ij3}\right) \qquad i = 1,2,...,m; \qquad j = 1,2,...,n \tag{۱۳}$$

V_k^+ (برای شاخص‌های مثبت) و V_k^-(برای شاخص‌های منفی) تعریف می‌شوند. بنابراین، برای شاخص‌های مثبت روابط (۱۴) و (۱۶) و (۱۸) و برای شاخص‌های منفی روابط (۱۵) و(۱۷) و (۱۹) را به‌صورت زیر تعریف می‌کنیم :

$$V_k^+ = \max\left(V_{ij3}\right) \qquad i = 1,2,...,m; \qquad j = 1,2,...,n; k = 1,2,...,n \tag{۱۴}$$

$$V_k^- = \min\left(V_{ij3}\right) \qquad i = 1,2,...,m; \qquad j = 1,2,...,n; k = 1,2,...,n \tag{۱۵}$$

و برای به‌دست‌آوردن $\tilde{V}_k^*$ و $\tilde{V}_k^-$ داریم:

$$\tilde{V}_k^+ = (V_k^+, V_k^+, V_k^+), k = 1,2,...n \tag{۱۶}$$

$$\tilde{V}_k^- = (V_k^-, V_k^-, V_k^-), k = 1,2,...n \tag{۱۷}$$

در نهایت برای نقاط ایده‌آل مثبت داریم:

$$A^+ = \left(\tilde{V}_1^+, \tilde{V}_2^+, \tilde{V}_3^+, ..., \tilde{V}_n^+\right) \tag{۱۸}$$

و در نهایت برای نقاط ایده‌آل منفی داریم:

$$A^- = \left(\tilde{V}_1^-, \tilde{V}_2^-, \tilde{V}_3^-, ..., \tilde{V}_n^-\right) \tag{۱۹}$$

جدول ۵. ماتریس ارزیابی هر سیستم بر اساس شاخصهای چهاردگانه

	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14
A1	FTN4	FTN1	FTN3	FTN3	FTN2	FTN7	FTN4	FTN5	FTN7	FTN1	FTN2	FTN5	FTN7	FTN3
A2	FTN5	FTN7	FTN5	FTN2	FTN5	FTN7	FTN1	FTN4	FTN5	FTN3	FTN3	FTN2	FTN6	FTN4
A3	FTN2	FTN5	FTN7	FTN3	FTN4	FTN5	FTN3	FTN3	FTN2	FTN7	FTN4	FTN1	FTN7	FTN5
A4	FTN1	FTN6	FTN4	FTN2	FTN6	FTN3	FTN5	FTN1	FTN4	FTN5	FTN7	FTN7	FTN3	FTN4

جدول٦. نرمالسازی ماتریس تصمیم گیری

	C1			C2			C3			C4			C5			C6			C7		
A1	3	5	7	0	0	1	1	3	5	1	3	5	0	1	3	9	9	10	3	5	7
A2	5	7	9	9	9	10	5	7	9	0	1	3	5	7	9	9	9	10	0	0	1
A3	0	1	3	5	7	9	9	9	10	1	3	5	3	5	7	5	7	9	1	3	5
A4	0	0	1	7	9	9	3	5	7	0	1	3	7	9	9	1	3	5	5	7	9

ادامه جدول ٦. نرمالسازی ماتریس تصمیم‌گیری

	C8			C9			C10			C11			C12			C13			C14		
A1	5	7	9	9	9	10	0	0	1	0	1	3	5	7	9	9	9	10	1	3	5
A2	3	5	7	5	7	9	1	3	5	1	3	5	0	1	3	7	9	9	3	5	7
A3	1	3	5	0	1	3	9	9	10	3	5	7	0	0	1	9	9	10	5	7	9
A4	0	0	1	3	5	7	5	7	9	9	9	10	9	9	10	1	3	5	3	5	7

گام ششم: محاسبهٔ فاصله از ایده‌آل های مثبت و منفی

در این مرحله اختلاف دو عدد فازی را از طریق فرمول زیر محاسبه می‌کنیم [۲۸]

$$d(\tilde{A},\tilde{B})=\sqrt{\frac{1}{3}\left[(a_1-b_1)^2+(a_2-b_2)^2+(a_3-b_3)^2\right]} \quad (۲۰)$$

در نتیجه، فاصلهٔ هر گزینه از ایده‌آل مثبت و منفی به‌صورت زیر خواهد بود:

$$d_i^{+}=\sum_{j=1}^{n} d(\tilde{v}_{ij},\tilde{v}_j^{*}),\quad i=1,2,...,m;\quad j=1,2,...,n \quad (۲۱)$$

$$d_i^{-}=\sum_{i=1}^{n} d(\tilde{v}_{ij},\tilde{v}_j^{-}),\quad i=1,2,...,m;\quad j=1,2,...,n \quad (۲۲)$$

گام نهایی: محاسبهٔ ضریب نزدیکی و رتبه‌بندی هر گزینه

ضریب مذکور از طریق رابطه ذیل محاسبه می‌گردد [۲۸].

$$CC_i=\frac{d_i^{-}}{d_i^{+}+d_i^{-}};\ i=1,2,...m \quad (۲۳)$$

بعد از محاسبهٔ محاسبه ضریب نزدیکی CC_i که اعداد قطعی می‌باشند آن‌ها را به‌صورت نزولی مرتب می‌نماییم. گزینه‌ها بدین‌صورت رتبه‌بندی می‌گردد.

مثال عددی

حال روش پیشنهادی مدل تاپسیس فازی با اوزان ترکیبی را برای انتخاب فروشنده سیستم مخابراتی به‌کار می‌بریم. بدین‌منظور یک مطالعهٔ موردی در دانشگاه آزاد اسلامی قزوین صورت گرفته که در این فرایند تصمیم‌گیری مدیر به‌دنبال انتخاب بهترین سیستم از بین سیستم‌های ارائه‌شده توسط ۴ شرکت A_1، A_2، A_3 و A_4 می‌باشد. در ادامه بر اساس گام‌های ارائه‌شده به انتخاب یک سیستم مخابراتی خواهیم پرداخت.

گام اول: ایجاد ماتریس تصمیم: برای ایجاد ماتریس تصمیم گیری، مدیر پشتیبانی براساس جدول شمارهٔ ۳ به ارزیابی هر سیستم ارائه‌شده توسط هر شرکت بر اساس شاخص‌های چهارده‌گانه در قالب یک ماتریس نموده‌است. این ماتریس در قالب جدول ۵ در ادامه می‌آید. در جدول مذکور علامت (+) نشانگر مثبت بودن شاخص

(هر چه بیشتر بهتر) و علامت (−) نشانگر منفی بودن (هر چه کمتر بهتر) شاخص مورد نظراست.

گام دوم: نرمالیزه کردن ماتریس تصمیم‌گیری

اطلاعات این گام در جدول شمارهٔ ۶ آمده است.

گام سوم: تعیین اوزان ترکیبی شاخص‌ها

الف) تعیین قضاوت‌های ذهنی هر شاخص(λ)

بدین‌منظور یک تیم سه نفره از متخصصان فنی در حوزهٔ سیستم‌های مخابراتی تشکیل گردید و از طریق بحث در مورد هر شاخص و نیز جمع‌بندی نهایی نظرات وزن هر شاخص از طریق قضاوت‌های شخصی استخراج گردید نتیجهٔ آن در جدول شمارهٔ ۷ آمده است.

جدول۷. قضاوت ذهن مدیران

λ1	0.08	λ8	0.023
λ2	0.061	λ9	0.011
λ3	0.077	λ10	0.049
λ4	0.19	λ11	0.045
λ5	0.114	λ12	0.123
λ6	0.079	λ13	0.096
λ7	0.016	λ14	0.034

ب) محاسبهٔ اوزان فازی براساس مقایات زوجی شاخص‌ها: در این گام به مقایسهٔ دو بدوی شاخص‌ها پرداخته شد که در جداول ۸، ۹ و ۱۰ آمده است. در این مرحله وزن فازی هر معیار توسط فرمولی که بوکلی [۹] [۲۸] ارائه کرده است، به‌صورت جدول شمارهٔ ۱۱ محاسبه‌شده و در نتیجه وزن نهایی حاصل در جدول شمارهٔ ۱۲ آمده است.

جدول۸. مقایسات زوجی شاخصهای بر اساس اعداد فازی

	C1			C2			C3			C4			C5			C6			C7		
C1	1	1	3	3	5	7	1	3	5	7	9	9	1	1	3	5	7	9	1	1	3
C2	0.14	0.2	0.33	1	1	3	3	5	7	1	3	5	7	9	9	1	1	3	5	7	9
C3	0.2	0.33	1	0.14	0.2	0.33	1	1	3	3	5	7	1	3	5	7	9	9	1	1	3
C4	0.11	0.11	0.14	0.2	0.33	1	0.14	0.2	0.33	1	1	3	3	5	7	1	3	5	7	9	9
C5	0.33	1	1	0.11	0.11	0.14	0.2	0.33	1	0.14	0.2	0.33	1	1	3	3	5	7	1	3	5
C6	0.11	0.14	0.2	0.33	1	1	0.11	0.11	0.14	0.2	0.33	1	0.14	0.2	0.33	1	1	3	3	5	7
C7	0.33	1	1	0.11	0.14	0.2	0.33	1	1	0.11	0.11	0.14	0.2	0.33	1	0.14	0.2	0.33	1	1	3
C8	0.14	0.2	0.33	0.33	1	1	0.11	0.14	0.2	0.33	1	1	0.11	0.11	0.14	0.2	0.33	1	0.14	0.2	0.33
C9	0.11	0.14	0.2	0.14	0.2	0.33	0.33	1	1	0.11	0.14	0.2	0.33	1	1	0.11	0.11	0.14	0.2	0.33	1
C10	0.14	0.2	0.33	0.11	0.14	0.2	0.14	0.2	0.33	0.33	1	1	0.11	0.14	0.2	0.33	1	1	0.11	0.11	0.14
C11	0.11	0.11	0.14	0.14	0.2	0.33	0.11	0.14	0.2	0.14	0.2	0.33	0.33	1	1	0.11	0.14	0.2	0.33	1	1
C12	0.14	0.2	0.33	0.11	0.11	0.14	0.14	0.2	0.33	0.11	0.14	0.2	0.14	0.2	0.33	0.33	1	1	0.11	0.14	0.2
C13	0.11	0.14	0.2	0.14	0.2	0.33	0.11	0.11	0.14	0.14	0.2	0.33	0.11	0.14	0.2	0.14	0.2	0.33	0.33	1	1
C14	0.14	0.2	0.33	0.11	0.14	0.2	0.14	0.2	0.33	0.11	0.11	0.14	0.14	0.2	0.33	0.11	0.14	0.2	0.14	0.2	0.33

جدول۹. ادامه جدول۸

	C8			C9			C10			C11			C12			C13			C14		
C1	3	5	7	5	7	9	3	5	7	7	9	9	3	5	7	5	7	9	3	5	7
C2	1	1	3	3	5	7	5	7	9	3	5	7	7	9	9	3	5	7	5	7	9
C3	5	7	9	1	1	3	3	5	7	5	7	9	3	5	7	7	9	9	3	5	7
C4	1	1	3	5	7	9	1	1	3	3	5	7	5	7	9	3	5	7	7	9	9
C5	7	9	9	1	1	3	5	7	9	1	1	3	3	5	7	5	7	9	3	5	7
C6	1	3	5	7	9	9	1	1	3	5	7	9	1	1	3	3	5	7	5	7	9
C7	3	5	7	1	3	5	7	9	9	1	1	3	5	7	9	1	1	3	3	5	7
C8	1	1	3	3	5	7	1	3	5	7	9	9	1	1	3	5	7	9	1	1	3
C9	0.14	0.2	0.33	1	1	3	3	5	7	1	3	5	7	9	9	1	1	3	5	7	9
C10	0.2	0.33	1	0.14	0.2	0.33	1	1	3	3	5	7	1	3	5	7	9	9	1	1	3
C11	0.11	0.11	0.14	0.2	0.33	1	0.14	0.2	0.33	1	1	3	3	5	7	1	3	5	7	9	9
C12	0.33	1	1	0.11	0.11	0.14	0.2	0.33	1	0.14	0.2	0.33	1	1	3	3	5	7	1	3	5
C13	0.11	0.14	0.2	0.33	1	1	0.11	0.11	0.14	0.2	0.33	1	0.14	0.2	0.33	1	1	3	3	5	7
C14	0.33	1	1	0.11	0.14	0.2	0.33	1	1	0.11	0.11	0.14	0.2	0.33	1	0.14	0.2	0.33	1	1	3

جدول۱۰. مقایسات زوجی شاخصهای بر اساس اعداد فازی

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14
C1	F1	F5	F3	F9	F1	F7	F1	F5	F7	F5	F9	F5	F7	F5
C2	FF5	F1	F5	F3	F9	F1	F7	F1	F5	F7	F5	F9	F5	F7
C3	FF3	FF5	F1	F5	F3	F9	F1	F7	F1	F5	F7	F5	F9	F5
C4	FF9	FF3	FF5	F1	F5	F3	F9	F1	F7	F1	F5	F7	F5	F9
C5	FF1	FF9	FF3	FF5	F1	F5	F3	F9	F1	F7	F1	F5	F7	F5
C6	FF7	FF1	FF9	FF3	FF5	F1	F5	F3	F9	F1	F7	F1	F5	F7
C7	FF1	FF7	FF1	FF9	FF3	FF5	F1	F5	F3	F9	F1	F7	F1	F5
C8	FF5	FF1	FF7	FF1	FF9	FF3	FF5	F1	F5	F3	F9	F1	F7	F1
C9	FF7	FF5	FF1	FF7	FF1	FF9	FF3	FF5	F1	F5	F3	F9	F1	F7
C10	FF5	FF7	FF5	FF1	FF7	FF1	FF9	FF3	FF5	F1	F5	F3	F9	F1
C11	FF9	FF5	FF7	FF5	FF1	FF7	FF1	FF9	FF3	FF5	F1	F5	F3	F9
C12	FF5	FF9	FF5	FF7	FF5	FF1	FF7	FF1	FF9	FF3	FF5	F1	F5	F3
C13	FF7	FF5	FF9	FF5	FF7	FF5	FF1	FF7	FF1	FF9	FF3	FF5	F1	F5
C14	FF5	FF7	FF5	FF9	FF5	FF7	FF5	FF1	FF7	FF1	FF9	FF3	FF5	F1

جدول۱۱. مقایسات زوجی شاخصهای بر اساس اعداد فازی

$\tilde{r}1=$	(0.0878	0.2053	0.4689)
$\tilde{r}2=$	(0.0705	0.1631	0.377)
$\tilde{r}3=$	(0.0561	0.1312	0.3222)
$\tilde{r}4=$	(0.0443	0.0999	0.2437)
$\tilde{r}5=$	(0.0356	0.0854	0.2083)
$\tilde{r}6=$	(0.0281	0.0661	0.1616)
$\tilde{r}7=$	(0.0231	0.0575	0.1381)
$\tilde{r}8=$	(0.0186	0.0457	0.111)
$\tilde{r}9=$	(0.0159	0.0397	0.0915)
$\tilde{r}10=$	(0.0123	0.0308	0.0723)
$\tilde{r}11=$	(0.0105	0.0263	0.0581)
$\tilde{r}12=$	(0.0079	0.0201	0.0458)
$\tilde{r}13=$	(0.0068	0.0161	0.0364)
$\tilde{r}14=$	(0.0055	0.0128	0.0293)

ج) تعیین تقریب اوزان با استفاده از وزن‌یابی فازی: نتیجهٔ حاصل از این بخش در جدول ۱۳آمده است.

د) تعیین وزن تعدیلی اوزان محاسبه شده: اوزان مورد نظر در جدول ۱۴ آمده است.

ه) محاسبه وزن نهایی شاخصها($\tilde{w}_{avei}$): که در جدول ۱۵ بدان اشاره شده است.

گام چهارم : محاسبه ماتریس فازی وزن دار در این قدم بردار ماتریس $\tilde{v}$ مورد نظر در جداول شماره ۱۵ و ۱۶ نمایش داده شده است.

گام پنجم: تعیین نقاط ایده آل مثبت و منفی که در جدول ۱۸ بدان اشاره شده است.

گام ششم: محاسبه فاصله از ایده آل های مثبت و منفی

این گام نیز در جداول ۱۹ و ۲۰ بدان اشاره شده است.

جدول۱۲. وزن فازی نهایی

$\widetilde{w_1}$=	(0.0612	0.1745	0.5266)
$\widetilde{w_2}$=	(0.0477	0.1326	0.3955)
$\widetilde{w_3}$=	(0.0421	0.1234	0.3984)
$\widetilde{w_4}$ =	(0.0543	0.1806	0.6568)
$\widetilde{w_5}$ =	(0.0336	0.1094	0.3897)
$\widetilde{w_6}$ =	(0.024	0.0744	0.2578)
$\widetilde{w_7}$ =	(0.0132	0.0359	0.0999)
$\widetilde{w_8}$ =	(0.0114	0.0317	0.0939)
$\widetilde{w_9}$ =	(0.0089	0.024	0.0629)
$\widetilde{w_{10}}$=	(0.0094	0.0294	0.0962)
$\widetilde{w_{11}}$=	(0.008	0.0255	0.0791)
$\widetilde{w_{12}}$=	(0.0078	0.03	0.1185)
$\widetilde{w_{13}}$=	(0.006	0.0201	0.0749)
$\widetilde{w_{14}}$=	(0.0032	0.0086	0.0259)

جدول۱۳. اوزان تقریبی حاصل از روش وزن یابی فازی

S1=	(0.0693571	0.14033962	0.279)
S2=	(0.0652246	0.13071633	0.2592)
S3=	(0.0582889	0.11734397	0.2355)
S4=	(0.054113	0.10754025	0.2151)
S5=	(0.0444753	0.09150143	0.1914)
S6=	(0.0402994	0.08175785	0.1712)
S7=	(0.0335515	0.06972874	0.1474)
S8=	(0.029419	0.06010546	0.1276)
S9=	(0.028133	0.05838128	0.1193)
S10=	(0.0211106	0.04474829	0.0936)
S11=	(0.0198246	0.04296397	0.0851)
S12=	(0.0099123	0.02532128	0.0594)
S13=	(0.0086263	0.0195874	0.0451)
S14=	(0.0044938	0.00996411	0.0253)

جدول۱٤. اوزان فازی تعدیلی شاخصها

$\tilde{w}'_1 =$	(0.0347	0.1436	0.5843)
$\tilde{w}'_2 =$	(0.0249	0.102	0.4139)
$\tilde{w}'_3 =$	(0.0281	0.1156	0.4746)
$\tilde{w}'_4 =$	(0.0643	0.2614	1.0698)
$\tilde{w}'_5 =$	(0.0317	0.1335	0.571)
$\tilde{w}'_6 =$	(0.0199	0.0826	0.354)
$\tilde{w}'_7 =$	(0.0034	0.0143	0.0617)
$\tilde{w}'_8 =$	(0.0042	0.0177	0.0768)
$\tilde{w}'_9 =$	(0.0019	0.0082	0.0344)
$\tilde{w}'_{10} =$	(0.0065	0.0281	0.12)
$\tilde{w}'_{11} =$	(0.0056	0.0247	0.1002)
$\tilde{w}'_{12} =$	(0.0076	0.0398	0.1911)
$\tilde{w}'_{13} =$	(0.0052	0.0241	0.1134)
$\tilde{w}'_{14} =$	(0.001	0.0043	0.0225)

جدول۱۵. وزن نهایی شاخصها

$\tilde{W}_{ave1}$	=(0.0612	0.1745	0.5266)
$\tilde{W}_{ave2}$	=(0.0477	0.1326	0.3955)
$\tilde{W}_{ave3}$	=(0.0421	0.1234	0.3984)
$\tilde{W}_{ave4}$	=(0.0543	0.1806	0.6568)
$\tilde{W}_{ave5}$	=(0.0336	0.1094	0.3897)
$\tilde{W}_{ave6}$	=(0.024	0.0744	0.2578)
$\tilde{W}_{ave7}$	=(0.0132	0.0359	0.0999)
$\tilde{W}_{ave8}$	=(0.0114	0.0317	0.0939)
$\tilde{W}_{ave9}$	=(0.0089	0.024	0.0629)
$\tilde{W}_{ave10}$	=(0.0094	0.0294	0.0962)
$\tilde{W}_{ave11}$	=(0.008	0.0255	0.0791)
$\tilde{W}_{ave12}$	=(0.0078	0.03	0.1185)
$\tilde{W}_{ave13}$	=(0.006	0.0201	0.0749)
$\tilde{W}_{ave14}$	=(0.0032	0.0086	0.0259)

جدول۱٦. ماتریس فازی وزندار

	C1			C2			C3		
A1	8.7E-08	3E-07	1.76E-06	4.771E-07	0.1325743	0.39545214	0.0084	0.0411	0.3984
A2	6.8E-08	2E-07	1.05E-06	4.771E-08	1.473E-07	4.3939E-07	0.0047	0.0176	0.0797
A3	2E-07	2E-06	0.526601	5.301E-08	1.894E-07	7.909E-07	0.0042	0.0137	0.0443
A4	6.1E-07	0.1745	0.526601	5.301E-08	1.473E-07	5.6493E-07	0.006	0.0247	0.1328

	C4			C5			C6			C7		
A1	1E-07	6E-07	7E-06	1E-07	1E-06	0.3897	0.0024	0.0083	0.0286	2E-08	7E-08	3E-07
A2	2E-07	2E-06	0.6568	4E-08	2E-07	8E-07	0.0024	0.0083	0.0286	1E-07	0.0359	0.0999
A3	1E-07	6E-07	7E-06	5E-08	2E-07	1E-06	0.0027	0.0106	0.0516	3E-08	1E-07	1E-06
A4	2E-07	2E-06	0.6568	4E-08	1E-07	6E-07	0.0048	0.0248	0.2578	1E-08	5E-08	2E-07

جدول۱۷. ادامه جدول ۱۶

	C8			C9			C10			C11		
A1	0.0063	0.0247	0.0939	0.008	0.0216	0.0629	9E-09	3E-08	0.0096	8E-09	0.0026	0.0237
A2	0.0038	0.0176	0.0731	0.0045	0.0168	0.0566	0.0009	0.0088	0.0481	0.0008	0.0077	0.0396
A3	0.0013	0.0106	0.0522	9E-09	0.0024	0.0189	0.0084	0.0265	0.0962	0.0024	0.0128	0.0554
A4	1E-08	4E-08	0.0104	0.0027	0.012	0.0441	0.0047	0.0206	0.0865	0.0072	0.023	0.0791

جدول۱۷. ادامه جدول ۱۶

	C12			C13			C14		
A1	0.0039	0.021	0.1066	0.0054	0.0181	0.0749	0.0004	0.0029	0.0144
A2	8E-09	0.003	0.0355	0.0042	0.0181	0.0674	0.0011	0.0048	0.0202
A3	8E-09	3E-08	0.0118	0.0054	0.0181	0.0749	0.0018	0.0067	0.0259
A4	0.007	0.027	0.1185	0.0006	0.006	0.0375	0.0011	0.0048	0.0202

جدول۱۸. نقاط ایده آل مثبت و منفی

	C1			C2			C3			C4		
ایده آل مثبت	0.5266	0.5266	0.526601	0.3954521	0.3954521	0.39545214	0.3984	0.3984	0.3984	0.6568	0.6568	0.6568
ایده آل منفی	6.8E-08	7E-08	6.8E-08	4.771E-08	4.771E-08	4.7707E-08	0.0042	0.0042	0.0042	1E-07	1E-07	1E-07

	C5			C6			C7		
ایده آل مثبت	0.3897	0.3897	0.3897	0.2578	0.2578	0.2578	0.0999	0.0999	0.0999
ایده آل منفی	4E-08	4E-08	4E-08	0.0024	0.0024	0.0024	1E-08	1E-08	1E-08

جدول۱۹. فاصله هر گزینه نسبت به ایده آل مثبت هر شاخص

فاصله از مثبت	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
A1	0.526337365	0.274020254	0.305228197	0.656429241	0.318001035	0.244813191	0.099877296
A2	0.526337638	0.395254158	0.36571451	0.5359734	0.389470416	0.244813191	0.068484192
A3	0.42975246	0.395254025	0.377893962	0.656429241	0.389470218	0.237014194	0.099877056
A4	0.365560022	0.395254114	0.348265498	0.5359734	0.389470502	0.198463524	0.099877349

فاصله از مثبت	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14
A1	0.064449087	0.039671171	0.09300915	0.071146209	0.087103263	0.051812815	0.020942744
A2	0.069213284	0.04314216	0.079544982	0.065323676	0.106807981	0.052527279	0.019118101
A3	0.075860652	0.056438897	0.06463184	0.060132715	0.114618469	0.051812815	0.017811151
A4	0.090548036	0.046821116	0.068677951	0.052655645	0.083238842	0.06233177	0.019118101

جدول۲۰. فاصله هر گزینه نسبت به ایده آل منفی هر شاخص

فاصله از منفی	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
A1	9.87133E-07	0.240682594	0.228496947	3.73815E-06	0.224861015	0.015516728	1.86665E-07
A2	5.7803E-07	2.33219E-07	0.044240189	0.378990936	4.33617E-07	0.015516728	0.061273633
A3	0.303881401	4.36605E-07	0.023760862	3.73815E-06	7.35484E-07	0.028760665	5.71407E-07
A4	0.320125857	3.03969E-07	0.075153101	0.378990936	3.03573E-07	0.147941483	1.08898E-07

فاصله از منفی	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14
A1	0.056164098	0.038668397	0.005548456	0.013780851	0.062756392	0.044134448	0.008228613
A2	0.043425367	0.03418527	0.028211641	0.023264843	0.020585382	0.039906614	0.011710292
A3	0.03073573	0.010982215	0.057758173	0.032838176	0.006837561	0.044134448	0.015211307
A4	0.00602316	0.026390331	0.051403615	0.047741604	0.070239265	0.021495609	0.011710292

بر این اساس برای ایده آلهای مثبت داریم:
و از آنجا داریم :

$d_1^+ = 2.852841018$
$d_2^+ = 2.961724968$
$d_3^+ = 3.026997693$
$d_4^+ = 2.756255869$

و در مورد ایده آلهای منفی نیز داریم:

$d_1^- = 0.938843$
$d_2^- = 0.701312$
$d_3^- = 0.554906$
$d_4^- = 1.157216$

گام نهایی: محاسبه ضریب نزدیکی و رتبه بندی هر گزینه (جدول ۲۱)

جدول۲۱. ضرایب نزدیکی هر گزینه

CC1	0.247605902
CC2	0.191456466
CC3	0.154919301
CC4	0.295700599

بعد از محاسبه محاسبه ضریب نزدیکی CC_i که اعداد قطعی می باشند آنها را بصورت نزولی مرتب مینماییم. گزینه ها بدین صورت رتبه بندی میگردد.

A4>A1>A2>A3

بنابراین دانشگاه می بایست چهارمین سیستم مخابراتی را خریداری نماید.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

مسئله انتخاب یک سیستم مخابراتی با توجه به جایگاه ارتباطات در سازمان از اهمیت ویژه ای برخوردار است. با توجه به اینکه تصمیمات عموماً بر اساس قضاوتهای ذهنی مدیران صورت می گیرد برای لحاظ کردن آن در بهبود تصمیم گیری از منطق فازی استفاده می شود. بدین منظور شاخصهای مورد نظر از طریق بررسی ادبیات موجود و نظر خبرگان استخراج گردید و بر مبنای آن یک مدل TOPSIS فازی با اوزان ترکیبی توسعه داده شد. با توجه به اینکه وزن شاخصها از اهمیت بسیاری برخوردار بوده و اشتباه در تعیین اوزان گزینه مورد نظر را تغییر خواهد داد از یک

رویکردی ترکیبی به تعیین اوزان پرداخته شد. در این رویکرد با توجه به ترکیب چندین روش مختلف وزن نهایی حاصل گردید تا به وزن واقعی نزدیک تر باشد. وزن ترکیبی، حاصل از ترکیب روشهای متعددی شامل: قضاوت ذهنی مدیران، متوسط آماری فازی، وزن تعدیلی و وزن یابی فازی است. برای تحقیقات آتی می توان از روشهای دیگر تصمیم گیری چند معیاره همچون الکتر، ویکور وغیره و یا ایجاد یک الگوریتم ترکیبی همزمان از سایر روش های تصمیم گیری چند معیاره استفاده نمود. باتوجه به محیط مساله تصمیم گیری و برای هرچه نزدیک شدن به واقعیت بجای اعداد مثلثی فازی می توان از ترکیب همزمان اعداد مثلثی فازی و اعداد ذوزنقه ای استفاده نمود. برای فیلتر کردن شاخص های موثر، در مسائل بزرگ وپیچیده تصمیم گیری از روش های دیگری مانند بردا و الگوریتم تخصیص خطی استفاده نمود. از این رویکرد ترکیبی می توان در سایر روشهای تصمیم گیری استفاده نمود و یا با همین روش از ترکیب دیگری از روشهای تعیین اوزان استفاده نمود. این روش را می توان در سایر مسائل تصمیم گیری و مورد های دیگر آزمون نمود.

منابع و مآخذ

۱. آذر، عادل و منصور مومنی(۱۳۸۰). "آمار و کاربرد آن در مدیریت". انتشارات سمت، چاپ پنجم.

۲. اصغرپور، محمد جواد(۱۳۷۷). "تصمیم گیری های چند معیاره". انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول.

۳. سرمد، زهره؛ بازرگان، عباس و حجازی، الهه (۱۳۸۳). "روشهای تحقیق در علوم رفتاری". موسسه نشر آگه، چاپ نهم.

٤. شوندی، حسن (۱۳۸۵). "نظریه مجموعه‌های فازی و کاربرد آن در مهندسی صنایع و مدیریت". انتشارات گسترش علوم پایه.چاپ اول.

5. Arbel A, Seidmann A(1990). "An application of the AHP to bank strategic planning: the mergers and acquisitions process".European Journal of Operational Research;27:27{37.
6. Bayazit, Ozden.(2006)," Use of analytic network process in vendor selection decisions".Benchmarking: An International Journal, Vol. 13 No. 5: 566{579.
7. Bhutta, K.S. and Huq, F. (2002), “Supplier selection problem: a comparison of the total cost of ownership and analytic hierarchy process approaches”, Supply Chain Management: An International Journal, Vol. 7 No. 3, pp. 126-35.
8. Boer, L., De Labro, E. and Morlacchi, P. (2001), “A review of methods supporting supplier selection”, European Journal of Purchasing & Supply Management, Vol. 7, pp. 75-89.
9. Buckley, J.J., (1985), "Fuzzy hierarchical analysis", Fuzzy Sets and Systems, 17, 3, 233–247.
10.]Cebi, F. and Bayraktar, D. (2003), “An integrated approach for supplier selection”, Logistics Information Management, Vol. 16 No. 6, p. 395.
11. Dogan, I. and Sahin, U. (2003), “Supplier selection using activity-based costing and fuzzy present-worth techniques”, Logistics Information Management, Vol. 16 No. 6, p. 420.
12. Ellram, L.M. (1990), “The supplier selection decision in strategic partnerships”, International Journal of Purchasing and Materials Management, Vol. 26 No. 4, pp. 8-14.
13. Ghodyspour, S.H. and O’Brien, C. (1998), “A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming”, International Journal of Production Economics, Vol. 56-57, pp. 199-212.
14. Handfield, R.B. and Nichols, E.L. Jr (1999), Introduction to Supply Chain Management,Prentice-Hall, Pittsburgh, PA.
15. Handfield, R.B., Walton, S.V., Sroufe, R. and Melynyk, S.A. (2002), “Applying environmental criteria to supplier assessment: a study in the application of the analytical hierarchy process”, European Journal of Operational Research, Vol. 141, pp. 70-87.
16. Junyan, W., Ruiqing, Z. & Wansheng, T. (2008), “Fuzzy Programming Models for Vendor Selection Problem in Supply Chain” , TSINGHUA

SCIENCE AND TECHNOLOGY, 17/19, pp106-11.
17. Kahraman, C., Cebeci, U. and Ulukan, Z. (2003), "Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP", Logistics Information Management, Vol. 16 No. 6, p. 382.
18. Karpak, B., Kumcu, E. and Kasuganti, R.R. (2001), "Purchasing materials in the supply chain: managing a multi-objective task", European Journal of Purchasing & Supply Management, Vol. 7, pp. 209-16.
19. Kumar, M., Vrat, P. & Shankar, R. (2006), "A fuzzy programming approach for vendor selection problem in a supply chain", Int. J. Production Economics, 101, 273-285.
20. Montazer, G.A., Qahri Saremi, H. & Ramezani, M. (2009), "Design a new mixed expert decision aiding system Fuzzy ELECTERE III method for vendor selection", Expert System With Applications, 36, 10837-10847.
21. Nydick, R.L. and Hill, R.P.(1992), "Using the analytic hierarchy process to structure the supplier selection procedure", International Journal of Purchasing&Materials Management, Vol. 28 No. 2, pp. 31-6.
22. Park, D. and Krishnan, H.A. (2001), "Supplier selection practices among small firms in the United States: testing three models", Journal of Small Business Management, Vol. 39, pp. 259-71.
23. Shyur, H.J. & Shih, H.S. (2006), "A hybrid MCDM model for strategic vendor selection", Mathematical and Computer Modelling, 44, 749-761.
24. Sucky, E. (2007), "A model for dynamic strategic vendor selection", Computers & Operations Reasearch, 34, 3638-3651.
25. Tam, M.C.Y & Tummala, V.M.R.(2001), "An application of the AHP in vendor selection of a telecommunications system".Omega 29 :171{182.
26. Verma, R. and Pullman, M.E. (1998), "An analysis of the supplier selection process", International Journal of Management Science, Vol. 26 No. 6, pp. 739-50.
27. Wadhwa, V. & Ravi Ravindran, A. (2007), "Vendor Selection in outsourcing ", Computers & Operations Reasearch, 34, 3725-3737.
28. Wang, T-C & Chen, Y-H, (2008), "Applying fuzzy linguistic preference relations to the improvement of consistency of fuzzy AHP", Information Sciences, 178, 3755–3765.
29. Wang, T-C & Lee, H-D.(2009), "Developing a fuzzy TOPSIS approach based on subjective weights and objective weights", Expert Systems with Applications, 36, 8980-8985.
30. Weber, C.A., Current, J.R. and Benton, W.C. (1991), "Vendor selection criteria and methods", European Journal of Operational Research, Vol. 50, pp. 2-18.
31. Weber, C.A. and Current, J.R. (1993), "A multiobjective approach to vendor selection", European Journal of Operational Research, Vol. 68, pp. 173-84.
32. Zaim, S., Sevkii, M. and Tarim, M. (2003), "Fuzzy analytic hierarchy base approach for supplier selection", Logistics Information Management, Vol. 12 Nos 3/4, p. 147.
33. Zviran MA.(1993), "Comprehensive methodology for computer family selection". Journal Systems Software;22:17{26.