طراحی الگوی بهبود برنامه‌ریزی خطوط تولید با انتخاب تامین‌کننده مناسب و تلفیق رویکردهای موثر

محمود مدیری[۱]
ابراهیم محمدپور زرندی[۲]
مهدی انواری[۳]

چکیده

با توجه به افزایش رقابت بین واحدهای تولیدی و کمبود مواد اولیه با قیمت و کیفیت مناسب، انتخاب تامین‌کننده‌ای که بتواند ماده اولیه مناسب را با قیمت و کیفیت مناسب در اختیار واحد تولیدی قرار دهد ضرورت پیدا می‌کند. در این تحقیق از دو رویکرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و برنامه‌ریزی آرمانی به منظور انتخاب تامین‌کننده مناسب در حوزه مورد مطالعه استفاده شد. هدف کلی از انجام این تحقیق طراحی الگوی ریاضی و رده‌یی به‌منظور بهبود برنامه‌ریزی خطوط تولید از طریق انتخاب تامین‌کننده مناسب با رویکرد FAHP-GP است. علاوه بر این اهداف فرعی شامل: الف. تعیین میزان اهمیت معیارهای موثر در انتخاب تامین کننده مناسب ب. شناسایی معیارهای موثر در انتخاب تامین کننده مناسب ج. حداقل سازی هزینه تامین مواد اولیه. د. حداکثرسازی امتیاز حاصل از خرید مواد اولیه از فروشندگان مختلف ه. اولویت‌بندی تامین کنندگان درحوزه مورد مطالعه ملحوظ شده است. از آنجاکه در صنعت کاغذ سازی استفاده از فرآیندهای مکانیکی و شیمیایی متعدد در فرآیند تولید موجب کاهش کیفیت محصول و افزایش هزینه‌ها می‌شود. بنابراین با استفاده از رویکردFAHP-GP تامین‌کننده‌ای انتخاب خواهد شد که ماده اولیه مناسبی را با کیفیت بالا، قیمت پایین و زمان تحویل‌دهی به‌موقع در اختیار واحد تولیدی قرار دهد تا از این طریق بتوان برنامه‌ریزی خط تولید را بهبود بخشید. با توجه به اینکه در حوزه مورد مطالعه هیچ قاعده و قانونی برای انتخاب تامین کننده وجود نداشت وکارخانه ماده اولیه خود را از تامین کنندگان مختلف بدون توجه به سوابق، توانایی‌ها و معیارهای موجود تامین می‌کرد، بنابراین استفاده از این رویکرد باعث شد که: ۱. معیارهای موثر برای انتخاب تامین کننده مناسب در این کارخانه شناسایی شود و بتوان آن‌ها را

۱. عضو هیات علمی دانشکده مدیریت و حسابداری دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب.
۲. عضو هیات علمی دانشکده مدیریت دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز.
۳. دانش‌آموخته رشته مدیریت صنعتی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز.

با توجه به نظرات مدیران مختلف در تصمیم‌گیری لحاظ کرد . ۲. با بدست آوردن وزن هریک از این معیارها بتوان اهمیت هر یک از آن‌ها را در انتخاب تامین‌کنندگان مشخص نمود. ۳. با رتبه‌بندی گزینه‌ها، تامین کننده اصلی را در کارخانه کاغذسازی شناسایی کرد. ۴. با استفاده از مدل برنامه‌ریزی آرمانی و وارد کردن محدودیت‌های سیستمی و لحاظ چندین هدف علاوه برتامین ماده اولیه مورد نیاز کارخانه، هزینه خرید را به حداقل رساند و امتیاز حاصل ازخرید مواد اولیه از تامین کنندگان مختلف را حداکثر نمود.

واژگان کلیدی: زنجیره تامین، برنامه‌ریزی خطوط تولید، تامین‌کننده، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)، برنامه‌ریزی آرمانی(GP).

مقدمه

افزایش مطالبات مشتریان، پیشرفت‌های اخیر در فناوری ارتباطات و اطلاعات، رقابت در بازارهای جهانی، کاهش مقررات دولتی و افزایش آگاهی شرکت‌ها از بازارهای جهانی رقابت را بیشتر از گذشته سخت‌تر کرده است؛ بنابراین طی سال‌های گذشته شرکت‌های تولیدی برای کاهش این فشار تمرکز بیشتری بر روی زنجیره تامین داشته‌اند (kilincci,onal,۲۰۱۱،۵۶). زنجیره تامین بنا به تعریف عبارت از: تهیه مواد اولیه، تبدیل این مواد به محصول نهایی و توزیع آن به مشتریان است. انتخاب تامین کنندگان مواد اولیه یکی از مسائل کلیدی در مدیریت زنجیره تامین به دلیل تاثیرهزینه‌های مواد خام و قطعات برروی محصول نهایی است. از این‌رو، شرکت‌های تولیدی درصدد تهیه ماده اولیه با کمترین هزینه و بهترین کیفیت هستند؛ بنابراین خرید ماده اولیه مناسب می‌تواند نقش مهمی در کاهش هزینه‌ها، افزایش سودآوری و رقابت‌پذیری شرکت‌ها داشته باشد(kilincci,onal,۲۰۱۱،۵۶).

انتخاب تامین‌کننده مناسب مسأله چند معیاره است که هم عوامل کمی و هم عوامل کیفی را در بر می‌گیرد، بنابراین جهت انتخاب تامین کننده مناسب لازم است هم عوامل ملموس و هم عوامل ناملموس در نظر گرفته شوند (Ghodsypour,Obrien,۱۹۹۸). اگر چه فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به طور گسترده‌ای برای حل مسائل چند معیاره مورداستفاده قرار می‌گیرد؛ اما این روش به تنهایی نمی‌تواند ابزاری مناسب برای انتخاب تامین کننده باشد. از طرفی استفاده از معیارهای کیفی و ناملموس، خارج از توانایی برنامه‌ریزی آرمانی است؛ لذا تلفیق FAHP[۱] با GP[۲] یک ابزار مکملی است که می‌تواند نقاط ضعف یکدیگر را پوشش داده ومدل کاملی را برای تصمیم‌گیری واحد تولیدی فراهم سازد (قراگوزلو، برزگر،۱۳۸۷).

این مقاله که منعکس‌کننده یک تحقیق در زمینه طراحی مدل ریاضی و رده‌یی به منظور انتخاب تامین‌کننده مناسب در حوزه مورد مطالعه است، مشتمل بر بخش‌های مختلف از جمله مروری بر ادبیات تحقیق، تشریح مساله و اهداف، سوالات تحقیق، فرموله کردن مساله، حل مدل و تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از آن و نهایتا جمع‌بندی و نتیجه‌گیری است.

---

۱. Fuzzy Analatical Hierarchy Process (FAHP)

۲. Goal Programming(GP)

مروری بر ادبیات تحقیق: دنیای اطراف ما مملو از مسائل چند معیاره است و انسان‌ها همیشه مجبور به تصمیم‌گیری در این زمینه‌ها هستند.

انتخاب تامین‌کننده یک مسأله چندمعیاره و شامل معیارهای کیفی و کمی است؛ لذا به منظور انتخاب بهترین تامین کننده، لازم است هم عوامل ملموس و هم عوامل ناملموس در نظر گرفته شوند. هنگامی‌که محدودیت نیز وجود داشته باشد مشکل پیچیده‌تر می‌شود. در این شرایط مدیران باید در مورد دو مشکل تصمیم بگیرند: بهترین تامین کننده کدام است و چه مقدار از آن‌ها باید خریداری شود. برخی از نویسندگان از ترکیب اعداد صحیح، اهداف و برنامه‌ریزی چند هدفی برای حل این مشکل استفاده می‌کنند (Ghodsypour,Obrien,۱۹۹۸).

به هر حال سه گروه اصلی از روش‌ها در ادبیات، مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی، مدل براساس هزینه و مدل‌های قطعی است . از آنجا که مشکل انتخاب تامین کننده شامل چندین هدف مانند حدکثرسازی کیفیت و سود و حداقل سازی هزینه است مشکل را می‌توان با برنامه‌ریزی ریاضی آرمانی حل کرد. بررسی مطالعات گذشته که دراین زمینه صورت پذیرفته است به صورت جدول (۱) ارائه می‌شود:

جدول ۱: بررسی ادبیات تحقیق

ردیف	سال	نام محققان	زمینه مطالعه
۱	۱۹۹۳	وبر وکارنت[۱]	رویکرد چند هدفی برای انتخاب تامین‌کننده در به حداقل رساندن قیمت، به حداکثر رساندن کیفیت و تحویل به موقع با استفاده از محدودیت های سیستم و محدودیت‌های خط مشی در مدل عدد صحیح مختلط استفاده کردند.
۲	۱۹۹۸	قدسی پور و ابراین[۲]	با هدف دخیل کردن عوامل ملموس و ناملموس در تصمیم گیری از رویکرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و برنامه ریزی آرمانی برای انتخاب تامین کننده استفاده کردند که درآن ارزش کل خرید حداکثرشد .
۳	۲۰۰۲	هندفیلدوالتون[۳]	از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به عنوان یک مدل پشتیبانی تصمیم برای کمک به مدیران به منظور درک تجارت بین ابعاد محیطی استفاده کردند.
۴	۲۰۰۴	وانگ و هوانگ[۴]	از فرایند تحلیل سلسله مراتبی و برنامه‌ریزی آرمانی موزون به عنوان روش تصمیم گیری توسعه یافته به منظور در نظر گرفتن عوامل کمی و کیفی استفاده کردند.
۵	۲۰۰۴	ف.ت.س.چان[۵]	مدلی را برای انتخاب تامین کننده ایجاد و کاربرد آن را در صنایع پیشرفته بررسی؛ کردند .آن ها از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و اصول سیستم مدیریت کیفیت در ساختن مدل تامین کننده استفاده نمودند .
۶	۲۰۰۹	وانگ و یانگ[۶]	از برنامه‌ریزی خطی، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و با رویکرد فازی برای انتخاب تامین‌کننده استفاده کردند .
۷	۲۰۱۰	هوسان جانگ[۷]	از یک مدل تلفیقی فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی و برنامه‌ریزی آرمانی فازی برای حل برنامه‌ریزی تولید استفاده کرده است. در این مدل از فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی برای تعیین وزن هر یک از تامین‌کنندگان و از برنامه ریزی آرمانی فازی در جهت حداقل کردن هزینه استفاده شده است.
۸	۲۰۱۰	وینو و رامیا[۸]	از مدل تحلیل شبکه فازی برای انتخاب تامین‌کننده مناسب استفاده کرده‌اند.

۱. Wber & Currnet

۲. Ghodsypour & Obrine

۳. Hand Field , Walton

۴. Wang & H.K. Chan

۵. F.T.S.Chan & H.K. Chan

۶. Wang & Yang

۷. Hosang Jung

۸. Vinodh & Ramiya

ردیف	سال	نام محققان	زمینه مطالعه
۹	۲۰۱۱	میهات و کولپان[1]	با در نظر گرفتن معیارهای کمی و کیفی و با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی و تکنیک تاپسیس فازی تامین‌کننده مناسب برای کارخانه مورد نظر معرفی کرده اند.
۱۰	۱۳۸۸	غلام حسین سلیمانی	یک مدل تصمیم‌گیری چند معیاره برای انتخاب بهترین تامین‌کننده با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و برنامه‌ریزی آرمانی برای صنایع خودروسازی ساپکو ارئه کرده است.
۱۱	۱۳۸۸	فراهانی و فدایی	با استفاده از تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی و برنامه‌ریزی خطی یک روش تلفیقی برای انتخاب تامین‌کننده مناسب باهدف حداکثرسازی امتیاز حاصل از تامین‌کنندگان و کاهش هزینه خرید در صنعت تخته خرده چوب ارائه کرده‌اند.

به هر حال طی سال‌های اخیر مدیریت زنجیره تامین و فرآیند انتخاب بهترین تامین‌کننده مورد توجه واحدهای تولیدی قرار گرفته است. در این تحقیق تلاش خواهد شد یک الگوی ریاضی و رده‌یی برای بهبود برنامه‌ریزی خطوط تولید از طریق انتخاب تامین‌کننده مناسب با رویکرد FAHP-GP برای حوزه مورد مطالعه طراحی شود.

تشریح مساله و اهداف: باتوجه به لزوم استفاده از یک ابزار مناسب جهت تصمیم‌گیری در محیط پیچیده پیرامون ما، این تحقیق انجام پذیرفت که هدف اصلی آن ارائه یک مدل مناسب برای تصمیم‌گیری بود و برای دستیابی به این مهم از دو روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی(AHPF) و برنامه‌ریزی آرمانی(GP) استفاده گردید. به‌طوری‌که با استفاده از نقاط قوت و رفع کاستی‌های هر دو ابزار، مدلی با تلفیق آن به دست خواهدآمد که قادرخواهدبود علاوه بر درنظرگرفتن اهداف کمی و کیفی، محدودیت‌های سیستمی را نیز در تصمیم‌گیری لحاظ کند. رویکرد فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی ابزاری کارآمد و موثر جهت استفاده در محیط‌ها و زمینه‌های گوناگون نظیر صنایع، معدن، عمران، سازمان‌ها و ... است. از طرفی مدل برنامه‌ریزی آرمانی ابزاری است که می‌توان محدودیت‌های سیستمی را در تصمیم‌گیری وارد کرد و چندین هدف را برای آن لحاظ نمود. با توجه به اینکه درکارخانه کاغذسازی هیچ دستورالعمل و مقرراتی برای انتخاب تامین‌کننده وجود

۱. Mithat & Colpan

نداشت وکارخانه ماده اولیه خود را از تامین کنندگان مختلف بدون توجه به سوابق، توانایی‌ها و معیارهای موجود تامین می‌کرد؛ بنابراین استفاده از این رویکرد موجب شد که:

۱. معیارهای موثر برای انتخاب تامین‌کننده مناسب در این کارخانه شناسایی شود و بتوان آن‌ها را با توجه به نظرات مدیران مختلف در تصمیم‌گیری لحاظ کرد.

۲. با بدست آوردن وزن هریک از این معیارها توانستیم هر یک از آن‌ها در انتخاب تامین‌کنندگان مشخص گردید.

۳. با رتبه‌بندی گزینه‌ها تامین‌کننده اصلی در کارخانه کاغذسازی شناسایی شد.

۴. با استفاده از مدل برنامه‌ریزی آرمانی و وارد کردن محدودیت‌های سیستمی و لحاظ کردن چندین هدف علاوه بر اینکه ماده اولیه مورد نیاز کارخانه را تامین گردید، هزینه خرید به حداقل رسید و امتیاز خرید از تامین کنندگان مختلف حداکثر شد.

۵. روشی سیستماتیک برای ارزیابی و انتخاب فروشندگان در کارخانه کاغذسازی برقرار شد.

سوالات تحقیق: در این تحقیق سوالات اصلی عبارتند از

الف. معیارهای موثر در انتخاب تامین کننده مناسب در کارخانه مورد مطالعه کدامند؟

ب. اهمیت هریک از معیارها با استفاده از تکنیک FAHP به چه میزان است؟

ج. آیا می‌توان یک مدل ریاضی و رده‌یی با تلفیق فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و برنامه‌ریزی آرمانی برای کارخانه مورد مطالعه طراحی کرد؟

روش تحقیق: به‌طور معمول برای اخذ هر نوع تصمیمی با توجه به ابعاد و ماهیت مسأله تصمیم‌گیرندگان روش‌های گوناگونی را در نظر می‌گیرند. تحقیق حاضر از لحاظ جهت‌گیری کاربردی و از نظر هدف، از نوع تحقیقات توصیفی و از نظر استراتژی پیمایشی است.

در این تحقیق واحد تجزیه و تحلیل تمامی بخش‌های مربوط به شرکت کاغذسازی و جامعه آماری آن را خبرگان و متخصصان شامل مدیران ارشد و معاونان تشکیل می‌دهند. ابزار اندازه‌گیری پرسش‌نامه بوده و از مصاحبه و مشاهده نیز کمک گرفته شده است. داده‌های تحقیق بطور مستقیم و غیرمستقیم براساس نظرات تیم‌های خبره صورت گرفته

است. جمع‌آوری اطلاعات تحقیق با روش‌های میدانی و کتابخانه‌یی انجام یافته است؛ زیرا به نسبت نیاز از آن استفاده شده و ابزارهای آن بانک‌های اطلاعاتی، مجلات، کتب، مستندات و مدارک شرکت مورد مطالعه و شبکه‌های هوشمند اینترنت و ... است.

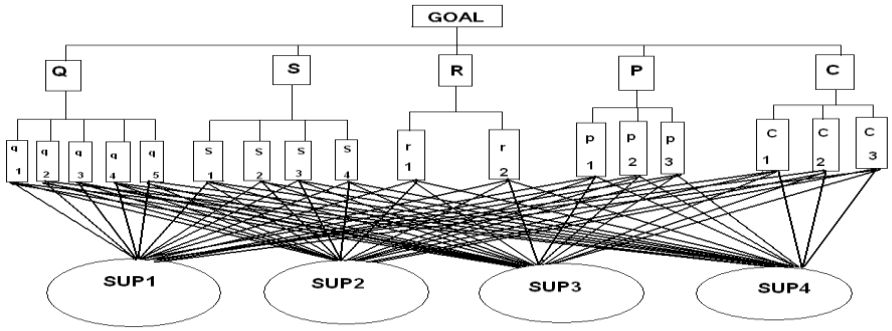
فرموله کردن مساله: برای تبیین مدل از دو رویکرد فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و برنامه‌ریزی آرمانی استفاده شده است که هرکدام به قرار زیر مورد بررسی قرارگرفته است:

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی: پس از انجام مصاحبه با مدیران کارخانه و بررسی استانداردهای موجود، معیارهای موثر در کارخانه کاغذسازی شناسایی و درخت فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی به‌صورت نگاره (۱) ترسیم گردید. معیارهای موثر در این کارخانه جهت انتخاب تامین‌کننده مناسب به‌صورت جدول (۲) شناسایی شده است.

جدول ۲: شاخص‌ها و زیر شاخص‌ها شناسایی شده

شاخص														
کیفیت					خدمات			راحتی		نحوه پرداخت			قیمت		
زیر شاخص					زیر شاخص			زیر شاخص		زیر شاخص			زیر شاخص		
ضایعات	کم بودن چسب	رطوبت	کارگیت بودن ماده اولیه	بسته‌بندی	ظرفیت	تحویل به موقع	نا کافی در تحویل	برش دار بودن	پرس دار بودن	یک ماهه	دو ماهه	سه ماهه	هزینه حمل	هزینه بارگیری و بازرسی	هزینه مواد اولیه

پس از تعریف معیارهای اصلی و زیر معیارها درخت سلسله‌مراتبی همانند نگاره (۱) ترسیم می‌شود.



نگاره ۱: درخت تحلیل سلسله مراتبی

که در آن:

Q: کیفیت است که زیر معیارهای آن به صورت زیر است :

q_1: ضایعات، q_2: کم بودن چسب در کاغذ باطله، q_3: رطوبت، q_4: بسته‌بندی، q_5: کارگیت بودن مواد اولیه

S: خدمات که زیر معیارهای آن به صورت زیر است:

S_1: مطالبات خریدار، S_2: ریجکت، S_3: ظرفیت، S_3: تحویل به موقع

R: راحتی که زیر معیارهای آن به صورت زیر است:

r_1: کاتدار بودن ماده اولیه، r_2: فشرده بودن ماده اولیه

P: نحوه پرداخت که در آن:

p_1: یک ماهه، p_2: دوماهه و p_3: سه ماهه است.

C: قیمت که زیر معیارهای آن:

C_1: هزینه حمل، C_2: هزینه بارگیری و بازرسی، C_3: هزینه مواد اولیه

sup_1، sup_2، sup_3، sup_4: به ترتیب تامین‌کننده ۱،۲،۳،۴ هستند.

چارچوب ریاضی مدل: در چارچوب ریاضی مدل هریک از اعضای مدل شامل، اندیس‌ها، متغیرها و علائم بکاررفته در توصیف مدل بیان می‌گردد.

اندیس‌ها: با توجه به تنوع عوامل موثر در انتخاب تامین‌کننده ،لازم است که در ابتدا با اندیس‌ها آشنا شویم.

جدول ۳: اندیس‌های متغیرهای تصمیم مدل ریاضی

اندیس	شرح	دامنه
I	نوع ماده اولیه	I=۱،۲،۳،…,m
J	فروشنده ماده اولیه	J=۱،۲،۳،…,n

متغیرهای تصمیم: از نگاه سیستمی بخش اصلی خروجی‌های مدل ریاضی، متغیرهای تصمیم آن است. در این تحقیق نیز متغیرهای تصمیم مدل ریاضی به قرار جدول زیر است:

جدول ۴: متغیرهای تصمیم مدل ریاضی

متغیر	شرح
$Z_۱$	تابع هدف اول (حداقل‌سازی هزینه تامین مواد اولیه)
$Z_۲$	تابع هدف دوم (حداکثرسازی ارزش کل خرید مواد اولیه از فروشنده انتخاب شده)
p_1	انحراف مثبت از آرمان برای هدف $Z_۱$
n_1	انحراف منفی از آرمان برای هدف $Z_۱$
p_2	انحراف مثبت از آرمان برای هدف $Z_۲$
n_2	انحراف منفی از آرمان برای هدف $Z_۲$

پارامترهای مدل ریاضی: هر مدل ریاضی نیاز به مقادیر مشخصی دارد که به عنوان ورودی به مدل، تاثیر مستقیمی بر نتایج نهایی حل آن دارند. ضرایب منفی محدودیت‌ها، مقادیر سمت راست آرمان‌ها و ضرایب متغیرهای به‌کار رفته در تابع هدف از اجزای ورودی به مدل ریاضی هستند. در این تحقیق مقادیر ثابتی که بیش از حل مدل باید از اسناد و مدارک به‌دست آید شامل مقادیر زیر است:

جدول ۵: پارامترهای مدل ریاضی

متغیرها	شرح
X_{ij}	مقدار مورد نیاز ماده اولیه i برای خریداری از فروشنده j ام
C_{ij}	هزینه تامین ماده اولیه i از فروشنده j ام
V_j	ظرفیت فروشنده j ام
Wj	وزن فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای فروشنده j ام
D	کل مقدار تقاضا از فروشندگان
q_i	درصد کیفیت تعریف شده برای ماده اولیه i
Q	مقدار ضایعات ممکن برای فروشندگان
N	تعداد ماده اولیه
M	تعداد فروشندگان

حل مدل و تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از آن: پس از شناسایی معیارهای موثر در انتخاب تامین کننده مناسب در کارخانه کاغذسازی و مقایسه دو به دو این معیارها از طریق توزیع پرسش‌نامه دربین پنج نفر از کارکنان شرکت، نتایج دریافتی به صورت ماتریس مقایسات زوجی بیان شد. ادامه با استفاده روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی وزن هریک از معیارها و نهایتا وزن هریک از تامین کنندگان محاسبه و اولویت‌بندی شدند. پس از اولویت بندی تامین کنندگان با توجه به محدودیت‌های سیستمی از برنامه‌ریزی آرمانی برای یافتن راه حل بهینه اینکه چه تامین کنندگانی انتخاب شده و چه مقدار از ماده اولیه را تامین خواهند کرد مورد استفاده قرار گرفت. لازم به ذکر است که برای حل مدل برنامه‌ریزی آرمانی از نرم‌افزار LINGO۸,۰,۰ تحت سیستم عامل Windows استفاده شده است.که در نهایت نتایج حاصل از این مدل مورد تجزیه وتحلیل قرار می‌گیرد.

حل مدل: با توجه به حجم بالای محاسبات فرایند AHP فازی لذا در این بخش تنها محاسبات مربوط معیارهای اصلی در جدول (۶) آورده شده و در انتها نتایج نهایی مربوط به امتیاز هر یک از معیارها و هر یک از تامین‌کنندگان در جدول (۷) نشان داده شده است.

جدول ۶: محاسبات مربوط به معیارهای اصلی

	کیفیت	خدمات	راحتی	نحوه پرداخت	قیمت	$\sum_{J=1}^{M} M_{gj}^{j}$
کیفیت	۱،۱،۱	(۴.۷۸،۶،۸۵،۸،۴)	(۲،۹،۵،۲،۷،۲)	۳،۱۵،۵،۴۳،۷،۲۳	(۲،۸۹،۵،۱۹،۷،۲۵)	۱۴،۷۵،۲۳،۶۷،۳۱،۱۳
خدمات	۰،۱۱۸،۰،۱۴۵،۰،۲	(۱،۱،۱)	(۵،۱۹،۷،۲۵،۸)	(۱،۱،۱)	(۱،۴۳،۳،۵۱،۵،۴۹)	۸،۷۳،۱۲،۹،۱۵،۶۹
راحتی	۰،۱۳،۰،۱۹،۰،۳۴	۰،۱۲۵،۰،۱۳۷،۰،۱۹۲	(۱،۱،۱)	۰،۱۴۹،۰،۲۱۳،۰،۴	(۰،۱۴،۰،۲۲،۰،۴)	۱،۵۴۴،۱،۷۶،۲،۳۳
نحوه پرداخت	۰،۱۳۶،۰،۱۸۴ ،۰،۳۱	۱،۱،۱	(۲،۴۴،۴،۶۹،۶،۶۷)	(۱،۱،۱)	(۰،۱۶،۰،۲۴،۰،۴۱)	۴،۷۳،۷،۱۱،۹،۳۹
قیمت	۰،۱۳،۰،۱۹،۰،۳۴	۰،۱۸۲،۰،۲۸،۰،۶۹	(۲،۴۴،۴،۴۶،۶،۶۷)	۲،۴،۱۵،۶،۱۴	(۱،۱،۱)	۵،۷۵،۱۰،۱۴،۸۴

$[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}]^{-1}$ ،۵۵،۴۴۰=(۳۵،۵۰$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}$ ۷۳،۳۸)

۰،۰۲۸).۰،۰۱۸،۰=(۰،۰۱۳

S_1 (۱۴،۷،۲۳،۶۷،۳۱،۱۳)*(۰،۰۱۳،۰،۰۱۸،۰،۰۲۸)=(۰،۱۹۱،۰،۴۲۶،۰،۸۷۱)

S_2 (۸،۷۳،۱۲،۹،۱۵،۶۹)*(۰،۰۱۳،۰،۰۱۸،۰،۰۲۸)=(۰،۱۱۳،۰،۲۳۲،۰،۴۳۹)

S_3 (۱،۵۴۴،۱،۷۶،۲،۳۳)*(۰،۰۱۳،۰،۰۱۸،۰،۰۲۸)=(۰،۰۲۰،۰،۳۱۰،۰،۰۶۵)

S_4 (۴،۷۳،۷،۱۱،۹،۳۹)*(۰،۰۱۳،۰،۰۱۸،۰،۰۲۸)=(۰،۰۶۱،۰،۱۲۷،۰،۲۶۲)

S_5 (۵،۷۵،۱۰،۱۴،۸۴)*(۰،۰۱۳،۰،۰۱۸،۰،۰۲۸)=(۰،۰۷۴،۰،۱۸،۰،۴۱)

درجه بزرگی هر یک از مقادیر $\mathbf{s}_i$ نسبت به هم‌دیگر برای معیارها به شکل زیر خواهد بود:

$V(s_1 \geq s_2)$=۱ $V(s_1 \geq s_3)$=۱ $V(s_1 \geq s_4)$=۱ $V(s_1 \geq s_5)$=۱

$V(s_2 \geq s_1)$=۰،۵۶ $V(s_2 \geq s_3)$=۱ $V(s_2 \geq s_4)$=۱ $V(s_2 \geq s_5)$=۱

$V(s_3 \geq s_1)$=۰ $V(s_3 \geq s_2)$=۰ $V(s_3 \geq s_4)$=۰،۰۴ $V(s_3 \geq s_5)$=۰

$V(s_4 \geq s_1)$=۰،۴۲ $V(s_4 \geq s_2)$=۰،۵۸ $V(s_4 \geq s_3)$=۱ $V(s_4 \geq s_5)$=۰،۶

$V(s_5 \geq s_1)$=۰،۴۷ $V(s_5 \geq s_2)$=۰ .۸۵ $V(s_5 \geq s_3)$=۱ $V(s_5 \geq s_4)$=۱

جدول ۷: امتیاز نهایی هر یک از معیارها و تامین‌کنندگان

معیار	زیرمعیارها	تامین‌کننده ۱	تامین‌کننده ۲	تامین‌کننده ۳	تامین‌کننده ۴
کیفیت (۰,۴۰۸۱)	۱. ضایعات (۰,۲۸۰۷)	۰,۶۰۲۴	۰	۰	۰,۳۹۷۵
	۲.کم بودن چسب (۰,۱۴۰۳)	۰,۴۹۵۰	۰,۱۰۸۹	۰	۰,۳۹۶۰
	۳. رطوبت(۰,۱۴۰۳)	۰,۶۴۵۹	۰,۰۱۸۰۸	۰	۰,۳۳۵۹
	۴. بسته‌بندی(۰)	۰,۵۲۹۱	۰,۰۹۵۲۳	۰	۰,۳۷۵۶
	۵.کاغذ مقوا (۰,۴۳۸۵)	۰,۵۹۱۷	۰,۰۷۶۹۲	۰,۱۶۵۶	۰,۱۶۵۶
خدمات (۰,۲۲۸۵)	۱.ظرفیت (۰,۲۲۱۲)	۰,۱۷۹۲	۰,۳۴۹۰	۰	۰,۴۷۱۶
	۲.تحویل به موقع(۰,۴۲۵۵)	۰,۴۲۱۹	۰,۳۳۳۳	۰,۲۳۲۰	۰,۰۱۲۶
	۳. ریجکت (۰,۳۵۳۱)	۰,۵۵۵۵	۰	۰	۰,۴۴۴۴
	۴. مطالبات (۰)	۰,۳۲۹۱	۰,۰۴۹	۰	۰,۶۲۱۱
راحتی (۰)	۱.کات‌دار بودن (۰)	۰,۳۱۸۷	۰,۱۷۷۸	۰,۱۶۷۷	۰,۳۳۵۵
	۲. فشرده بودن (۱)	۰,۳۱۱۶	۰,۱۷۶۰	۰,۱۵۴۹	۰,۳۵۲۱
نحوه پرداخت (۰,۱۷۱۴)	۱. یک ماهه (۰)	۰,۳۲۶۰	۰	۰,۳۱۱۵	۰,۳۶۲۳
	۲. دوماهه (۰,۲۹۵۷)	۰,۳۵۴۶	۰,۲۲۳۴	۰,۱۸۷۹	۰,۲۳۴
	۳.سه ماهه (۰,۷۰۴۲)	۰,۴۰۴	۰,۱۸۲۱	۰,۱۵۵۱	۰,۲۶۱۲
قیمت (۰,۱۹۱۸)	۱.هزینه بارگیری (۰)	۰,۳	۰	۰,۳۴۲۸	۰,۳۵۷۱
	۲. هزینه حمل(۰,۲۳۶۶)	۰,۴۲۱۹	۰	۰,۳۳۳۳	۰,۲۴۴۷
	۳. هزینه مواد (۰,۷۶۳۳)	۰,۲۴۹۰	۰,۳۵۵۷	۰,۳۹۵۲	۰
جمع امتیاز		۴۸۳۳.۰	۰,۱۵۶۲	۰,۱۵۳۱	۲۰۷۵.۰

با توجه به امتیازات به دست آمده، رتبه‌بندی تامین‌کنندگان به صورت زیر است و تامین‌کننده یک به‌عنوان تامین‌کننده اصلی انتخاب می‌شود. بااین‌حال تامین‌کننده ۱دارای ظرفیت لازم برای تامین ماده اولیه کارخانه نیست؛ بنابراین فرآیند تصمیم‌گیری به مرحله GP کشانده می‌شود.

تامین‌کننده ۳<تامین‌کننده ۲<تامین‌کننده ۴<تامین‌کننده ۱

شرکت کاغذسازی مورد مطالعه چهار تامین‌کننده بزرگ دارد که برحسب نیاز ماده اولیه خود را از آن‌ها تامین می‌کند. این چهار فروشنده در این مساله باید ارزیابی شوند که اطلاعات کمّی آن‌ها شامل قیمت، کیفیت، ظرفیت و وزن تحلیل سلسله‌مراتبی به صورت زیر است:

جدول ۸: اطلاعات کمی فروشندگان

	قیمت(تومان) کیلوگرم			کیفیت(درصدضایعات)			ظرفیت(تن)	وزن
	ماده۱	ماده۲	ماده۳	ماده۱	ماده۲	ماده۳	درسال	AHP
فروشنده۱	۱۵۰	-	-	٪۰,۵	-	-	۱۷۰۰۰	۰,۴۸۳۳
فروشنده۲	۱۵۰	-	-	٪۰,۵	-	-	۲۲۰۰۰	۰,۱۵۶۲
فروشنده۳	۱۵۰	۱۰۰	۱۶۰	٪۰,۵	٪۰,۵	٪۱	۱۲۰۰۰	۰,۱۵۳۱
فروشنده۴	-	-	۱۶۰	-	-	٪۱	۱۳۰۰۰	۰,۲۰۷۵

این کارخانه با ظرفیت تولید ۳۸ هزار تن کاغذهای بسته‌بندی در سال گذشته۴۵ هزار تن کاغذ باطله مصرف کرده است. آمار خرید و مصرف کاغذ باطله و هم‌چنین تولید این شرکت در طی سه سال گذشته مطابق جدول زیر است:

جدول ۹: آمار خرید و فروش ماده اولیه در کارخانه کاغذسازی

شرح	۱۳۸۹	۱۳۸۸	۱۳۸۷
خرید کاغذ باطله (تن)	۴۵۰۰۰	۳۸۰۰۰	۴۷۰۰۰
نرخ هرکیلو کاغذ باطله (تومان)	۱۶۰	۱۳۰	۱۵۰
مقدارتولید کاغذ بسته‌بندی (تن)	۳۸۰۰۰	۳۴۰۰۰	۳۸۰۰۰
مقدار فروش (تن)	۳۸۰۰۰	۴۰۰۰۰	۳۱۰۰۰

بعد از تعین وزن نهایی هر فروشنده و آمار اطلاعات موجود باید مدل برنامه‌ریزی آرمانی تشکیل شود که تابع هدف و محدودیت‌های آن به شرح زیر است:
تابع هدف: همان‌گونه که قبلا بیان شد تابع هدف مساله به صورت زیر است:

$$Minz_1=۱۵۰(X_{11}+X_{12}+X_{13})+۱۰۰X_{۲۳}+۱۶۰X_{۳۳}+۱۶۰X_{۳۴}+n_1-p_1$$
$$Maxz_2=۰,۴۸۳۳X_{11}+۰,۱۵۶۲X_{12}+۰,۱۵۳۱(X_{13}+X_{۲۳}+X_{۳۳})+۰,۲۰۷۵X_{۳۴}+n_2-p_2$$

محدودیت‌ها: چنانچه از صورت مساله مشخص است محدودیت‌های مساله عبارت‌اند از:

ـ محدودیت تقاضا

ـ محدودیت کیفیت

ـ محدودیت ظرفیت

محدودیت تقاضا. باید مقدار خرید از فروشندگان تقاضای خریدار را تامین کند.

$$X_{۱۱}+X_{۱۲}+X_{۱۳}+X_{۲۳}+X_{۳۳}+X_{۳۴}=۴۵۰۰۰$$

محدودیت کیفیت: باید مجموع ماده اولیه مختلف خریداری شده از تامین‌کنندگان کمتر از ۰,۲٪ ضایعات در سال داشته باشد.

$$۰,۰۰۵X_{۱۱}+۰,۰۰۵X_{۱۲}+۰,۰۰۵(X_{۱۳}+X_{۲۳})+۰,۰۱(X_{۳۳}+X_{۳۴})\leq ۹۰$$

محدودیت ظرفیت از آنجا که ظرفیت فروشندگان محدود است، باید مقدار اختصاصی به آن‌ها کمتر از ظرفیت تولید آن‌ها باشد پس خواهیم داشت:

$$X_{۱۱}\leq ۱۷۰۰۰$$
$$X_{۱۲}\leq ۲۲۰۰۰$$
$$X_{۱۳}+X_{۲۳}+X_{۳۳}\leq ۱۲۰۰۰$$
$$X_{۳۴}\leq ۱۳۰۰۰$$

مدل نهایی با توجه به مطالب فوق به صورت زیر خواهد بود:

$$Minz_{۱}=۱۵۰(X_{۱۱}+X_{۱۲}+X_{۱۳})+۱۰۰X_{۲۳}+۱۶۰X_{۳۳}+۱۶۰X_{۳۴}+n_{۱}-p_{۱}$$
$$Maxz_{۲}=۰,۴۸۳۳X_{۱۱}+۰,۱۵۶۲X_{۱۲}+۰,۱۵۳۱(X_{۱۳}+X_{۲۳}+X_{۳۳})+۰,۲۰۷۵X_{۳۴}+n_{۲}-p_{۲}$$
$$X_{۱۱}+X_{۱۲}+X_{۱۳}+X_{۲۳}+X_{۳۳}+X_{۳۴}=۴۵۰۰۰$$
$$۰,۰۰۵(X_{۱۱}+X_{۱۲}+X_{۱۳}+X_{۲۳})+۰,۰۱(X_{۳۳}+X_{۳۴})\leq ۹۰$$
$$X_{۱۱}\ \leq ۱۷۰۰۰$$
$$X_{۱۲}\leq ۲۲۰۰۰$$
$$X_{۱۳}+X_{۲۳}+X_{۳۳}\leq ۱۲۰۰۰$$
$$X_{۳۴}\leq ۱۳۰۰۰$$

$X_{ij},C_{ij},Vj,q_i,W_J \geq ۰ \qquad \forall_i=۱،۲,\ldots,n \qquad \forall_j=۱،۲,\ldots,m$

بعد از وارد کردن مدل در نرم‌افزار LINGO و حل آن خروجی زیر به‌دست آمد:

Variable	Value	Reduced Costs
X۱۱	۱۱۰۰۰,۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰
X۱۲	۲۲۰۰۰,۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰
X۱۳	۰,۰۰۰۰۰۰	۵۰,۰۰۰۰۰
X۲۳	۱۲۰۰۰,۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰
X۳۳	۰۰۰۰	۰,۱۹۲۰۰۰۱E+۰۹۰۰
X۳۴	.۰۰۰۰۰۰	۰,۱۹۲۰۰۰۰E+۰۹
N۱	۰,۰۰۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰۰۰
P۱	۰,۰۰۰۰۰۰	-۱,۰۰۰۰۰۰
N۲	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰
P۲	۱۰۵۸۹,۹۰	۰,۰۰۰۰۰۰

Row	Slack or Surplus	Dual Price
۱	۶۱۵۰۰۰۰.	-۱,۰۰۰۰۰۰
۲	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰
۳	۰,۰۰۰۰۰۰	-۰,۱۹۲۰۰۰۲E+۰۹
۴	-۱۳۵,۰۰۰۰	.۳۸۴۰۰۰۰E+۱۱
۵	۶۰۰۰,۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰
۶	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰
۷	۰,۰۰۰۰۰۰	۵۰,۰۰۰۰۰
۸	۱۳۰۰۰,۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰

با استفاده از نرم‌افزار LINGO مدل برنامه‌ریزی آرمانی حل و جواب رضایت‌بخش هر فروشنده مشخص شده است که به ترتیب زیر است:

$X_{۱۱}=۱۱۰۰۰, \quad X_{۱۲}=۲۲۰۰۰, \quad X_{۱۳}=۰, \quad X_{۲۳}=۱۲۰۰۰, \quad X_{۳۳}=۰, \quad X_{۳۴}=۰$

تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از حل مدل: با توجه به نتایج حاصل از حل مدل، از میان معیارهای اصلی، معیار کیفیت بیشترین امتیاز را دارد و این امر می‌تواند به این دلیل باشد که در کاغذسازی و مخصوصا بازیافت که فرآیندی پیوسته به این مفهوم است، از زمانی که ماده اولیه وارد خط تولید می‌شود تا زمانی‌که به محصول تبدیل شود عملیات مکانیکی و شیمیایی متعددی همانند جوهرزدایی، رنگ بری، پرس و شناورسازی و... روی آن صورت می‌گیرد؛ بنابراین الیاف به شدت تحت تاثیر این فرایند قرار می‌گیرند و از بین می‌روند؛ بنابراین هرچه ماده اولیه طول الیاف بلندتر و محکم‌تری داشته باشد، محصول تولیدی نیز با کیفیت‌تر خواهد بود. ازمیان زیرمعیارهای کیفیت معیار کارگیت کاغذ مقوا بودن ماده اولیه دارای امتیاز بیشتری است و این به این دلیل است که کارگیت (کاغذ مقوا) دارای طول الیاف بلند و محکم است و به دلیل استفاده از خمیر کرافت سوزنی‌برگ و خمیر پهن‌برگ سفید شیمایی در تولید آن برای بازیافت مناسب‌تر است. علاوه بر این در میان زیر معیارهای کیفیت بعد از کارگیت، ضایعات دارای اولویت بیشتری است. ضایعات در بسته‌های کاغذ باطله به صورت ضایعات فیبری و غیرفیبری تعریف می‌شوند. ضایعات فیبری ضایعات کاغذی هستند که غیرقابل بازیافت است و ضایعات غیرفیبری شامل پلاستیک، سیم، پارچه و ...که باید جداسازی شوند؛ بنابراین وجود ضایعات در کاغذ باطله باعث افزایش هزینه تامین مواد اولیه خواهد شد. در میان معیارهای اصلی دیگر به ترتیب معیار خدمات، قیمت، نحوه پرداخت، دارای بیشترین اولویت است و از بین زیر معیارهای خدمات، تحویل‌دهی به‌موقع بیشترین وزن را دارد و به این مفهوم است که تامین به موقع و سریع ماده اولیه ازطرف تامین‌کننده باعث پاسخ سریع کارخانه به نیاز مشتریان شده و این امر به نوبه خود موجب رضایت بیشتر آن‌ها خواهد شد. از میان زیر معیارهای نحوه پرداخت قرارداد برای پرداخت سه‌ماهه پس از خرید دارای بیشترین اولویت است، به این مفهوم که کارخانه نیاز به فرصت بیشتری برای پرداخت هزینه خرید دارد. با توجه به نوسانات زیاد قیمت در بازار کاغذ باطله کارخانه سعی می‌کند از فروشنده‌ای خرید کند که دارای قیمت پایین‌تر است. در انتها با توجه به معیارها و زیر معیارها و محاسبه وزن هریک از آن‌ها با استفاده از AHP فازی و نهایتا وزن هریک از تامین کنندگان محاسبه و اولویت‌بندی شدند که تامین کننده اول یعنی صنایع خودروسازی به عنوان تامین کننده اصلی انتخاب شدند. براساس نتایج حاصل از فرایند تحلیل سلسله مراتبی تامین کننده یک، به عنوان تامین کننده اصلی در کارخانه

کاغذسازی انتخاب شد. اما این تامین کننده تنها توانایی تامین ۱۷۰۰۰تن ماده اولیه درسال برای کارخانه کاغذسازی را دارد، درحالی که نیاز کارخانه ۴۵۰۰۰ تن ماده اولیه درسال است. بنابراین با در نظر گرفتن محدودیت‌های سیستمی نظیر کیفیت، ظرفیت و تقاضا و استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی مشخص شد که کدام ماده اولیه به چه مقدار از تامین‌کنندگان خریداری شود تا نیاز کارخانه تامین شود و از طرفی هزینه کل خرید را حداقل و امتیاز کل خرید از تامین‌کنندگان مختلف را حداکثر کنیم. پس از وارد کردن مدل برنامه‌ریزی آرمانی در نرم افزار LINGO و خروجی حاصل از آن که در بخش قبل مشاهده شد به شرح آن می‌پردازیم. این خروجی دارای دو قسمت است که هر قسمت به سه ستون تقسیم شده است. در قسمت اول سه ستون variable،value،Reduced costs مشاهده می شود. ستون variable مربوط به متغیرهای تصمیم و ستون value مربوط به مقادیر آن‌ها است. نتایج آن برای مدل برنامه‌ریزی آرمانی به صورت زیر است:

$X_{۱۱}$=۱۱۰۰۰, $X_{۱۲}$=۲۲۰۰۰, $X_{۱۳}$=۰, $X_{۲۳}$=۱۲۰۰۰, $X_{۳۳}$=۰, $X_{۳۴}$=۰

n۱=۰ p۱=۰ n۲=۰ p۲=۱۰۵۸۹,۹۰

این نتایج نشان می‌دهد که برای فراهم ساختن ماده اولیه کارخانه (۴۵۰۰۰ هزار تن در سال)، باید ماده نوع یک از تامین‌کننده یک و دو به ترتیب به مقدار ۱۱۰۰۰ و ۲۲۰۰۰ تن تامین شود. علاوه براین ماده نوع دو نیز از تامین کننده سه به مقدار ۱۲۰۰۰ تن تامین می‌شود. ماده سه از هیچ تامین کننده ای خریداری نخواهد شد. در واقعیت ماده سه از لحاظ کیفیت نسبت به دو ماده دیگر پایین‌تر بوده و مشکلات زیادی را برای تولید کننده درطی فرایند تولید به وجود می‌آورد. چون ماده سه کاغذ باطله جمع‌آوری شده از ادارات، منازل و .... است و دارای جوهر و ضایعات بسیار همانند چسب است. جوهرزدایی فرایندی است مشکل و نیاز به استفاده از مواد شیمیایی گوناگون دارد؛ بنابراین عدم استفاده از این ماده به مفهوم عدم استفاده از مواد شیمیایی بیشتر و کاهش زمان تولید و از طرفی کاهش آلودگی و کاهش زمان تصفیه پساپ کارخانه و بازگشت سریع آب تصفیه شده به سیکل چرخه برای استفاده مجدد است. همان‌طور که در بخش قبل توضیح داده شد ماده یک دارای کیفیت مناسب برای بازیافت در کارخانه کاغذسازی کاوه است و به مقدار ۱۱۰۰۰ تن و۲۲۰۰۰ تن از تامین کننده یک و دو خریداری خواهد شد. اما درخصوص ماده دو که کاغذ روزنامه باطله است این نوع کاغذها دارای الیاف

مکانیکی (تهیه شده توسط فرآیندهای مکانیکی) است و به جای جوهرزدایی ترکیبی تنها نیاز به یک مرحله جوهرزدایی دارد. کاغذساز به منظور راه‌اندازی و استفاده از خمیر ONP[1] به جای الیاف مکانیکی دست‌اول نیاز به تغییر فرآیند دارد. وسعت این تغییر به مقدار زیادی به چگونگی شستشو، غربال و تمیزسازی مجدد بعد از خمیرسازی دوباره بستگی خواهد داشت. کاغذسازها برای استفاده و فرآوری خمیرONP انتخاب‌های زیادی مانند تیمار با پلیمرهای کاتیونی و نشاسته کاتیونی به منظور بهبود مقاومت‌ها دارند (نظری،۱۳۸۷). در تابع هدف دوم مقدار P۲=۱۰۵۸۲,۹۰ را نشان می‌دهد که انحراف مثبت از آرمان است و در صورت خرید مقادیر تعین‌شده از تامین‌کنندگان ذکر شده به مقدار ۱۰۵۸۲,۹۰ انحراف مثبت از آرمان خواهیم داشت که نشان‌دهنده ماگزیمم‌سازی امتیاز حاصل از تامین کنندگان مختلف است. از طرفی مقدار نهایی تابع هدف اول Z_1=۶۱۵۰۰۰۰ است. به عبارت دیگر هزینه خرید ماده اولیه ۶,۱۵ میلیارد تومان درسال خواهد شد. از طرفی هزینه خرید ماده اولیه ۷,۳۸۲۵ میلیارد تومان در سال برای این کارخانه هزینه دربرداشته که نتایج حاصل از حل مدل به اندازه ۱,۲۳۲۵میلیارد تومان کاهش هزینه را درسال نشان می‌دهد. قسمت (هزینه‌های کاهش یافته)[1] در خروجی برنامه اطلاعاتی در مورد میزان تغییر ضرایب تابع هدف برای متغیرهای غیر پایه می‌دهد. به‌ازای هر متغیر غیر پایه این هزینه کاهش یافته مقداری است که قبل از پایه شدن آن متغیر در جواب بهینه، ضریب تابع هدف باید به این اندازه بهبود یابد. هزینه‌های کاهش یافته متغیرهای غیرپایه $X_{۱۳}$،$X_{۳۳}$،$X_{۳۴}$ به ترتیب برابر است با ۵۰، ۰,۱۹۲،۰,۱۹۲.این بدان مفهوم است که اگر ضرایب متغیرهای فوق را در تابع هدف تا بیش از مقادیر فوق بهبود دهیم، پایه بهینه عوض می‌شود. لذا باید این اعداد و ارقام را که معرف هزینه تامین مواد اولیه است به دقت مورد بررسی قرار دهیم زیرا تغییرات اندکی در آن جواب بهینه را عوض می‌کند. بنابراین یکی از راهکارهای بهبود وضعیت موجود تلاش در جهت کاهش هزینه‌های تامین مواد اولیه در طول سال است. ستون Dual Prices نیز بیانگر قیمت دوگان (سایه) است. اعداد صفر در قیمت‌های دوگان بیانگر عدم افزایش هزینه‌ها در صورت افزایش یک واحد نیاز متغیر مربوط، اعداد منفی بیانگر افزایش هزینه‌ها در صورت افزایش یک واحد نیاز متغیر مربوط و به همین ترتیب اعداد مثبت بیانگر کاهش هزینه‌ها در صورت افزایش یک واحد نیاز متغیر مربوط است. بدین طریق مدلی ریاضی رده‌یی با

۱. Reduced cost

در نظر گرفتن عوامل کمی و کیفی و محدودیت‌های سیستمی در کارخانه کاغذسازی طراحی شد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتیجه‌گیری: امروزه مواد سلولزی ازقبیل کاغذ و مقوا درصد نسبتا زیادی از ضایعات و زباله‌های شهری را تشکیل می‌دهد، به طور متوسط ۳۰ درصد زباله‌های شهری شامل مقوا، کاغذ و پلاستیک است که به عنوان زباله خشک مطرح است. ۱۲درصد این مقدار به کاغذ اختصاص دارد؛ لذا بازیافت کاغذ علاوه بر درصد قابل توجهی از مواد اولیه از نظر اقتصادی نیز به صرفه است. از نظر زیست محیطی بازیافت کاغذ موجب کاهش وابستگی و نیاز به کاغذهای بکر و درنهایت کاهش قطع درختان و بالا رفتن فرصت تجدید حیات عرصه‌های جنگلی عریان شده می‌شود. مصرف کاغذ از دیرباز یکی از معیارهای سنجش توسعه یافتگی جوامع بوده است. نخستین استفاده از کاغذ که در مصر باستان ثبت شده برای نوشتن بوده است ولی پس از آن مصارف دیگری برای کاغذ مطرح شد که میزان نیاز به این ماده را افزایش داد. یکی ار نتایج مصرف دوباره کاغذهای باطله کاستن از فشار وارده بر طبیعت است. برای تولید یک تن کاغذ بکر به ۱۷ اصله درخت قطع شده نیاز است، با استفاده از بازیافت کاغذ نیاز به قطع درخت درحدود ۴ به ۱ کاهش می‌یابد. علاوه بر این در فرآیند تولید کاغذ از الیاف گیاهی درختان۴۰۰هزار لیتر آب و ۴ هزار کیلو وات برق استفاده می‌شود. بنابراین تولید یک تن کاغذ هزینه زیست‌محیطی و اقتصادی فراوانی دارد و مصرف درست و بهینه آن در گام نخست و استفاده مجدد از آن در گام بعدی ضرورت تام می‌یابد. چنانچه مدت زمان لازم برای رشد و تکامل مجدد پوشش‌های جنگلی استفاده شده برای تولید کاغذ را به همراه فرسایش و محدود شدن قدرت باروری خاک، کاهش تولید اکسیژن و دفع دی‌اکسیدکربن و به علاوه چندین پیامد منفی دیگر در نظر بگیریم، تولید یک تن کاغذ خطرات متعددی را برای محیط زیست ایجاد می‌کند، درحالی که یک تن کاغذ بازیافتی سبب ۵۰ درصد صرفه جویی در مصرف آب ۶۴ درصد صرفه جویی در مصرف انرژی و ۷۴ درصد کاهش آلودگی هوا می‌شود(رفیقی ،۱۳۸۸، ۱). در این تحقیق مدلی طراحی گردیده است که ضمن در نظر گرفتن محدودیت‌های سیستمی، با هدف حداقل‌سازی هزینه‌های تامین مواد اولیه (کاغذ باطله) بهترین ترکیب مناسب را ارائه کند. هم‌چنین با توجه به اینکه این مواد از فروشندگان مختلفی خریداری می‌گردد ضمن توسعه مدل حداکثرسازی امتیاز حاصل از فروشندگان هدف دیگر این مدل مد نظر قرار گرفت. پس از توسعه مدل نتایج عددی حاصل از حل مدل با شرایط عینی شرکت مقایسه گردید که از لحاظ هزینه نشان‌دهنده

۱,۲۳۲۵ میلیارد تومان صرفه‌جویی طی یک سال و برقراری روشی سیستماتیک برای ارزیابی و انتخاب فروشندگان مواد اولیه است. موارد زیر به‌عنوان تحقیقات آتی پیشنهاد می‌گردد:

پیشنهادها: موارد زیر برای انجام تحقیقات آتی پیشنهاد می‌گردد:

۱. با توجه به اینکه هر یک از فروشندگان منابعی با ظرفیت‌های مختلف و برنامه زمانبندی خاص خود را داراند و با توجه به سیاست‌های جاری شرکت مبنی بر خرید انبوه مواد اولیه برای جلوگیری از نوسانات تولید و قیمت، از سوی دیگر، پیشنهاد می‌شود با توجه به خروجی این مدل، تحقیقی در زمینه طراحی یک مدل موجودی کارا برای تعیین مقدار سفارش مواد اولیه با توجه به زمانبندی فروشندگان انجام گیرد.

۲. با توجه به اینکه در عمل، انتخاب فروشندگان مختلف توام با پذیرش ریسک‌های مختلفی (مانند عدم ارائه مقدارماده اولیه تعهد شده توسط فروشنده) است؛ لذا یکی دیگر از زمینه‌های تحقیقاتی پیشنهادی تجزیه و تحلیل ریسک و نقش آن در ارزیابی و انتخاب فروشندگان است.

۳. روند و شتاب افزایشی بیشتر قیمت مواد اولیه از افزایش نرخ فروش محصولات نهایی و وجود تورم فزاینده در کشور، طراحی مدلی برای پیش‌بینی قیمت تمام‌شده کاغذهای بسته‌بندی را با توجه به پیش‌بینی روند قیمت مواد اولیه، کشش تقاضا و قیمت فروش ضرور می‌سازد.

منابع

۱. اصغرپور، محمدجواد (۱۳۸۸). **تصمیم‌گیری‌های چند معیاره**، چاپ هفتم، انتشارات دانشگاه تهران

۲. اخوان تبریزی، مهدی(۱۳۸۸). «بکارگیری تکنیک فازی در برنامه‌ریزی تولید آرمانی(مطالعه موردی در کارخانه سیم و کابل یزد)»، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز دانشکده مدیریت.

۳. زنجیرانی فراهانی رضا، فدایی مسلم، عسگرینسرین (۱۳۸۵). «طراحی مدلی برای بهینه سازی انتخاب شرکای تامین با توجه به مشخصات محصول نهایی به کمک MCDM مورد مطالعه :صنعت تخته خورده چوب»، دانشگاه صنعتی امیر کبیر .

۴. رفیعی، علی (۱۳۸۸). «بازیافت کاغذهای باطله در ایران و جهان».

۵. سلیمانی شیری، غلامحسین (۱۳۸۸). «ارائه مدل تصمیم گیری چند معیاره برای انتخاب بهترین تامین کننده در زنجیره تامین با تلفیق فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و برنامه‌ریزی آرمانی- موردمطالعه :صنایع خودروسازی»، سیستم و بهره‌وری معاونت تحقیقات و جهاد خودکفایی

۶. عطائی، محمد (۱۳۸۹). **تصمیم‌گیری چند معیاره فازی**، دانشگاه صنعتی شاهرود چاپ اول.

۷. قراگوزلو علیرضا، برزگر مجید (۱۳۸۷). «برنامه‌ریزی آرمانی با استفاده از رویکرد AHP جهت بهینه سازی ترکیب تولید».

۸. قدسی‌پور حسن (۱۳۸۵). **فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)**، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر چاپ پنجم.

۹. مهرگان، محمدرضا (۱۳۸۸). **پژوهش‌های عملیاتی پیشرفته**، نشر کتب دانشگاهی چاپ ششم.

۱۰. نظری، محسن (۱۳۸۷). «انواع مواد اولیه مورد استفاده در بازیافت کاغذ».

۱۱. Hosang Jung (۲۰۱۱). "A fuzzy AHP–GP approach for integrated production-planning، considering manufacturing partners", **Department of Management Engineering Sangmyung University**.pp.۵۸۳۳-۵۸۴۰

۱۲. Jan Olhanger Erik Selldi (۲۰۰۳). "supply chain management survey of Swedish manufacturing firms", **Department of production Economics**. pp.۳۵۳-۳۶۱.

۱۳. Mithat Zeydan ، Cuneyt Colpan، Cemal Cobanog lu (۲۰۱۱). A combined methodology for supplier selection and performance evaluation، Department of Industrial Engineering، Erciyes University، Engineering Faculty، Kayseri، ۳۸۰۳۹ ، Turkey.pp.۲۷۴۱-۲۷۵۱.

Suzan Aslı Onal (۲۰۱۱). Fuzzy AHP approach for supplier ،۱۴. Ozcan Kilincci Dept. of Industrial ، Dokuz Eylul University،selection in a washing machine company Turkey.pp.۹۶۵۶-۹۶۶۴.. Izmir،Engineering

Noel Watson (۲۰۱۱). Cross-functional alignment in supply chain ،۱۵. Rogelio Oliva Texas ، Mays Business School،planning: A case study of sales and operations planning College Station. pp.۴۳۴-۴۴۸،A&M University

۱۶. Selin Soner Kara (۲۰۱۱). Supplier selection with an integrated methodology in ، Mechanical Faculty،Department of Industrial Engineering،unknown environment Yildiz Technical University. pp.۲۱۳۳-۲۱۳۹.

C.Obrien (۱۹۹۸). A decision support system for supplier ،۱۷. S. H.Ghodsypour selection using integrated analytic hierarchy process and liner Department of Manufacturing and operation management. pp.۱۹۹-۲۱۲،programming

S.G. Gautham (۲۰۱۱). Application of fuzzy analytic ،۱۸. S. Vinodh, R. Anesh Ramiya network process for supplier selection in a manufacturing organization. pp.۲۷۲-۲۸۰.

۱۹. Yuh-Jen Chen (۲۰۱۱). Structured methodology for supplier selection and ،evaluation in a supply chain, Department of Accounting and Information Systems National Kaohsiung First University of Science and Technolog