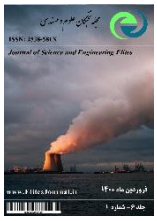
مجله نخبگان علوم و مهندسی
Journal of Science and Engineering Elites
جلد ۶- شماره ۱- سال ۱۴۰۰
www.ElitesJournal.ir



ارزیابی مصالح ساختمانی پر اتلاف به منظور کاهش هزینه تمام شده و گرایش به مشوق‌های مالی در پروژه‌های عمرانی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی

مهدی بامری[۱*]، محمد محمدحسنی[۲]، سروش رشیدی[۳]

۱- کارشناسی ارشد عمران، گرایش مهندسی و مدیریت ساخت

۲- استادیار، دکترای عمران سازه، عضو هیئت علمی بخش زلزله شناسی مهندسی و خطر پذیری، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

۳- کارشناسی ارشد عمران، گرایش سازه

*Mahdi.Bameri1990@Gmail.Com

ارسال: بهمن ۹۹ پذیرش: فروردین ۱۴۰۰

چکیده

با توجه به اثرات مخرب زیست‌محیطی ضایعات ساختمانی، افزایش روز افزون این ضایعات با اهداف توسعه‌ی پایدار در تناقض است و لازم است راهکارهایی برای کاهش میزان تولید این ضایعات در راستای حفاظت محیط‌زیست اتخاذ گردد. طبق تعریف، ضایعات ساختمانی، مصالح ساختمانی اتلاف شده حین ساخت پروژه‌های ساخت هستند. اخیرابه کمی سازی در زمینه ضایعات ساختمانی توجه بسیاری شده است و تلاش‌هایی در کشورهای خارجی برای ارائه روابط کمی جهت تخمین میزان تولید ضایعات ساختمانی صورت پذیرفته است. در این پژوهش تلاش شده است با استفاده از مفهوم مقایسات زوجی، تأثیر مصالح ساختمانی پر اتلاف به منظور کاهش هزینه تمام شده و گرایش به مشوق‌های مالی در پروژه‌های عمرانی اثر سنجی شود. لذا با توجه به تحلیل نهایی و تعیین اولویت مصالح پر اتلاف قابل مشاهده است که (سنگ، کاشی و سرامیک با وزن ۰/۳۱۲)؛ (بتن آماده با وزن ۰/۲۲۵) و (آجر، بلوک و سفال با وزن ۰/۱۱۲)؛ به عنوان مهمترین مصالح پراتلاف تعیین شدند.

کلمات کلیدی: ضایعات ساختمانی، اتلاف مصالح، مشوق‌های مالی، کاهش هزینه پروژه، تحلیل سلسله مراتبی فازی.

۱- مقدمه

این در سال‌های اخیر، توجه بیشتری به بازیافت و استفاده مجدد از ضایعات ساختمانی معطوف بوده است تا از این طریق میزان ضایعات کاهش یافته و محیط زیست مورد حمایت قرار گیرد. این حال، به دلیل مهیا نبودن زمینه‌ها و شرایط مورد نیاز (موقعیت مناسب کارگاه ساختمانی و تجهیزات دسته بندی، تجربه کافی در بازیافت، دست‌اندرکاران آموزش دیده، دانش به کارگیری مصالح دست دوم و قوانین زیست محیطی و ایمنی)، کارآیی آن بسیار محدود شده است [۱]. مدیریت ضایعات در ساخت وساز برای حفظ محیط زیست مورد توجه بسیار است. به نحوی که ضایعات حاصل از عملیات ساختمان سازی به شدت در آلودگی محیط زیست مؤثر است و ایمنی و سلامت را تهدید می کند. همچنین، فضای قابل اختصاص برای انباشت ضایعات در حال کاهش است. صنعت

ساختمان مقدار قابل ملاحظه‌ای از ضایعات را به صورت روزانه تولید می‌کند و این مقدار به حدود ۴۰ درصد ضایعات انباشته شده میرسد [۲]. روش‌های متداول ساختمان سازی شامل فعالیت‌های گسترده درجا می‌شود. مقادیر زیادی از مصالح قابل استفاده به دلیل کمبود فضای انباشت، اتلاف می‌شوند و درنتیجه، روش‌های متداول در کنترل میزان اتلاف مصالح ساختمانی در کارگاه‌ها، کارآمد نیستند. به منظور توسعه پایدار و حفظ ظرفیت‌های منطقه‌ای، نیاز مبرمی برای به کارگیری روش‌ها و یا فناوری‌های جدید ساختمان سازی دیده می‌شود. به نحوی که به طور مؤثری میزان ضایعات، کاهش یابد [۳]. پروژه‌های ساختمانی شکل دهنده محیط مصنوعی هستند که در آن افراد زندگی و کار می‌کنند. این محیط معمولاً به عنوان مهمترین دارایی یک کشور از لحاظ مالی و اقتصادی در نظر گرفته می‌شود. در کشورهای توسعه یافته، حدود ۹۵ درصد مردم در این محیط‌ها کار می‌کنند و تقریباً ۸۰ درصد GDP کشور نیز در این مکان‌ها تولید می‌شود. عملکرد پروژه‌های ساختمانی و مدیریت مادام العمر دارایی‌های ساخته شده بر روی بهره وری، قدرت رقابتی، کیفیت زندگی و پایداری بوم شناختی یک کشور تأثیرگذار هستند [۴-۵]. با وجود این، بسیاری از کشورها با چالش‌های مهمی از لحاظ عملکرد پروژه‌های ساختمانی و دارایی‌های ساخته شده روبرو هستند. کاربرد مشوق‌های مالی در پروژه‌های ساختمانی به عنوان یکی از روش‌های کلیدی برای بهبود دادن نتایج محیط در نظر گرفته می‌شود. مشوق‌های مالی معمولاً در پروژه‌های ساختمانی به منظور ایجاد انگیزه برای دستیابی به اهدافی فراتر از سطح کسب و کار مرسوم (BAU) استفاده می‌شوند و فرصتی برای پیمانکار فراهم می‌کنند تا در صورت دست یابی به عملکرد عالی در محیط کار، حاشیه‌های سود بالاتری حاصل شود. BAU شامل حداقل نیازمندی‌های ضروری است که باید تحت قرارداد ساخت و ساز برآورده شوند. اهداف اختیاری شامل اهداف سطح بالاتری می‌شوند که فراتر از حداقل نیازمندی‌های BAU بوده و توسط مشتری‌ها تعیین می‌شوند. هدف از کاربرد مشوق‌های مالی، افزایش راندمان و بهره وری پروژه‌ها از طریق ایجاد انگیزه برای تلاش بیشتر و هوشمندانه تر در جهت دست یابی به اهداف تعریف شده است. در قراردادهای ساختمانی سه نوع مشوق‌های مالی مورد استفاده قرار می‌گیرند که شامل: ۱- مشوق‌های مرتبط با اشتراک گذاری پس اندازها که در آن صرفه جویی‌های انجام شده در هزینه‌ها بر اساس یک توافق بین مشتری و پیمان کار تقسیم می‌شوند؛ ۲- مشوق‌های زمانی که بر اساس آن‌ها پاداشی برای تکمیل زودهنگام پروژه برای پیمانکار در نظر گرفته می‌شود. ۳- در نظر گرفتن جوایزی برای عملکرد فنی، بدون در نظر گرفتن مشوق‌های هزینه و زمان بندی. یک برنامه اعطای جایزه عملکردی را می‌توان برای دامنه گسترده‌ای از حوزه‌های عملکردی مانند کیفیت و قابلیت‌های کارکردی در نظر گرفت. پیچیدگی زنجیره تأمین محصولات ساختمانی یکی از چالش‌های مهم در مقابل استفاده از مشوق‌های مالی در جهت ایجاد انگیزه در بین تیم‌های پروژه است. پروژه‌های ساختمانی به صورت یک مجموعه متحد پدیدار نمی شوند. در این پروژه‌ها روابط از هم گسیخته بین طرف‌های قرارداد، عدم انطباق اهداف و رفتارهای ریسک گریز قابل مشاهده هستند. به طور مشابه، محیط‌های کاری خصمانه و رقابتی در صنعت ساختمان به عنوان یکی از موانع اصلی در مقابل رشد دائمی و توسعه نوآوری‌های جدید در نظر گرفته می‌شوند [۶-۷-۸]. بنابراین، نه تنها مشوق‌های مالی برای تقویت کردن انگیزه‌ها در سطح فردی و سازمانی ضروری هستند، بلکه برای ارتقای انگیزه یکپارچه بین تیم‌های پروژه‌ای که به شدت به یکدیگر وابسته بوده و از لحاظ قراردادی نسبت به هم مستقل هستند نیز به این مشوق‌ها نیاز خواهیم داشت. این تیم‌ها شامل بازیگران مختلفی مانند پیمانکاران، طراحان و عرضه کننده‌هایی هستند که در یک موقعیت یک باره جمع آوری شده اند و فرصت زیادی برای توسعه دادن روابط بین آن‌ها در طول زمان وجود ندارد. دشواری در ارزیابی عملکرد تیم‌های وابسته می‌تواند مشکلات را افزایش دهد، زیرا ممکن است تمایز دادن نتایج فردی از نتایج گروهی امکان پذیر نباشد [۹]. بنابراین، مشوق‌های مالی تیمی برای پروژه‌های ساختمانی که دارای سطوح بالایی از وابستگی متقابل کاری و ترتیبی هستند، مناسب خواهند بود. مدل تولید چند شرکتی به کار گرفته شده در پروژه‌های ساختمانی می‌تواند این وابستگی متقابل را شکل دهد. در منابع مرتبط با مشوق‌های مالی که در زمینه فرایندهای روانی فردی یا انگیزه شغلی کارمندان در سطح سازمان انجام شده‌اند، تفاوت‌هایی ببین محیط‌های پروژه گزارش شده است [۱۰-۱۳]. مفسران اکادمیک و کسب و کار به طور مکرر ادعا کرده اند که مشوق‌های عملکردی می‌توانند نتایج پروژه را برای مشتری‌های اصلی و عاملان خود (مشاوران و پیمانکاران) بهبود دهند [۱۴]. برای مثال، در گزارش‌های صنعت ساختمانی استرالیا ادعا شده است در رویکردهای تدارکاتی که در آن‌ها ساز وکارهای تشویقی منصفانه‌ای برای همه تیم‌های

پروژه به کار گرفته شده باشد، بهبود دادن عملکرد صنعت و پروژه امکان پذیر خواهد شد [۱۵-۱۶]. در یکی از مطالعات اخیر نشان داده شد در صورت دسترسی داشتن به اطلاعات مناسب، مشتری‌های ساختمانی استرالیا قابلیت لازم برای توسعه چنین استراتژی‌هایی را دارند [۱۷]. با وجود مزایای اشاره شده برای مشوق‌های مالی، تاکنون مدیران پروژه اطلاعات ساختمانی کافی در ارتباط با نحوه پیاده سازی مؤثر این مشوق‌ها را در اختیار نداشته‌اند. اگرچه در کارهای قبلی اهمیت مشوق‌های تیمی و صلاحیت مشتری مورد تاکید قرار گرفته است، هیچ بررسی دقیقی بر روی نحوه پیاده سازی کردن این تغییرات برای دست یابی به حداکثر مزایا انجام نشده است. مشتری‌های صنعتی در استرالیا هنوز در مورد ثمربخش بودن مشوق‌های مالی و فقدان درکی مناسب از عوامل تعیین کننده کارایی این مشوق‌ها، نگران هستند. در واقع، تحقیقات تجربی کمی در مورد تأثیر این مشوق‌ها بر روی انگیزه و عملکرد در زمینه پروژه‌های ساختمانی انجام شده است یک استثنای مهم است [۱۸]. برسن و مارشال اشاره می‌کنند در منابع معمولاً رابطه بین سیستم‌های تشویقی و عملکرد بسیار ساده انگارانه توصیف می‌شود. آن‌ها بر روی نیاز برای بررسی بیشتر دینامیک سازمانی و بین سازمانی در زمینه مشوق‌های مالی در پروژه‌های ساختمانی تاکید می‌کنند.

۲- اهمیت موضوع

امروزه در اکثر کشورهای جهان، مسأله بازیافت و آلودگی‌های محیط زیستی آن و ضرورت این امر بر هیچ کس پوشیده نیست. مواد و مصالح بازیافتی گستره وسیعی از زباله‌های شهری و صنعتی و یا مصالح حاصل از تخریب ساختمان‌های فرسوده را شامل می‌شوند. یکی از مهمترین مشکلات به وجود آمده در سال‌های اخیر در کشورهای توسعه یافته و یا در حال توسعه جهان، انبوه نخاله‌های ساختمانی است. به دلیل افزایش ارزش افزوده زمین و مسکن در شهرهای بزرگ وتمرکز سرمایه گذاری در این بخش، شهرها توسعه یافته و بافت قدیمی تخریب و با ساختمان‌های جدید جایگزین شده که برهمین اساس، میزان تولید نخاله‌های ساختمانی نیزافزایش یافته است [۱۹]. با توجه به حجم روز افزون مواد و زباله‌های شهری و از آن جمله نخاله‌های حاصل از تخریب ساختمان‌ها و بافت‌های فرسوده شهر به ویژه در شهرهای بزرگ و مشکلات فراوان حاصل ازدفع غیر اصولی و غیر فنی این مصالح، بازیافت این مواد مورد توجه فراوان است. وهمچنین افزایش قیمت مصالح ساختمانی در سال‌های اخیر و درک لزوم افزایش بهره وری در صنعت ساخت و ساز در کشور موجب شده است تا کارفرمایان و پیمانکاران درجستجوی روشی برای کاهش هزینه‌های عمرانی خود بوده و سازمان‌های ذیربط به دنبال کاهش اثرات مخرب زیست محیطی این ضایعات ساختمانی باشند [۲۰]. برنامه‌های مدیریت و بازیافت ضایعات و نخاله‌های ساختمانی در صورت مطالعه و اجرایی شدن می‌تواند به افزایش بهره وری مصالح در صنعت ساختمان و جلوگیری از آلودگی‌های زیست محیطی منجر شود. توجه به بازیافت نخاله‌ها به دلایل زیر لازم وضروری است:

- مشکلات زیست محیطی
- مکان دفن زباله
- کمبود مصالح خام
- ایجاد چشم انداز نامناسب
- مسائل سیاسی و اجتماعی

پس از معین شدن ضرورت و دلایل امر بازیافت نخاله‌ها، ارزیابی ترکیب مصالح و مواد تشکیل دهنده آنهاست. دستیابی به این امر نیازمند نمونه گیری‌های متوالی از نخاله‌های موجود شهری و سپس فرآیند آماری بر روی نتایج حاصل است، البته این نتایج بسیار وابسته به محل آمارگیری وشرایط جغرافیایی و اجتماعی مکان مورد بررسی است. در نهایت و برای استفاده از این مواد، تعیین مشخصات فنی این مواد و نیز تعیین مکان و نحوهٔ استفاده از آنها مورد نیاز است. برای این کار می‌توان با بررسی کارهای مشابه که در دیگرکشورهای جهان انجام شده است، به ایده‌ای کارآمد برای استفاده از ایـن مصـالح دسـت یافت [۲۱].

۳- ادبیات پژوهش

مصالح ساختمانی: مصالح ساختمانی، عبارت است از موادی که برای ساخت و ساز استفاده می‌شوند. بسیاری از موادی که به صورت طبیعی ایجاد می‌شوند (مانند رس، ماسه، چوب، سنگ و حتی شاخ و برگ‌های کوچک)، برای ساختن یک ساختمان کاربرد دارند. به غیر از مواد و مصالح طبیعی، برخی از مواد ساخته شده توسط انسان نیز به صورت ترکیبی، در ساخت و ساز استفاده می‌شوند. در بسیاری از کشورها، تولید مصالح ساختمانی به صورت یک صنعت درآمده‌است. علاوه بر این، استفاده از این مصالح، مشاغل و پیشه‌های زیادی، همانند نجاری، لوله‌کشی، سقف‌سازی و عایق‌کاری را به وجود آورده‌است. این گونه از پیشه‌ها، کار تزیین و زیبایی ساختمان‌ها و خانه‌ها را برعهده دارند [۲۲]. ضایعات ساختمانی: ضایعات یا همان نخاله‌های ساختمانی، نوعی از ضایعات جامد هستند. اینها شامل ضایعات متنوع و بزرگی شامل بتن، سفالت، چوب، گچ و بام پوش‌ها می‌باشد که از ساخت و ساز، بازسازی و تخریب ساختمان‌ها، خیابان‌ها، پل‌ها و سدها حاصل می‌شوند.

نخاله‌ها می‌تواند شامل این مصالح تخریب شده باشد:

۱- بتن، آجر سیمانی سبک، دیوار خشک، مصالح بنایی، بام پوش‌های آسفالتی و چوبی و گچ.

۲- تخته چوب قالب بندی و چارچوب، تخته چندلا، چوب لمینت شده، چوب تخریب شده و پالت‌های چوبی.

۳- فولاد، فولاد ضد زنگ، لوله‌ها، درزگیر، آلومینیوم، مس، برنج، قاببندی فلزی ساختمانهای مسکونی و تجاری، فولاد سازه‌ای، تیرهای فولادی.

۴- آجر و عناصر دکوراتیو.

۵- دیوار پوش.

۶- در و پنجره.

۷- عناصر لوله کشی.

۸- سیم کشی الکتریکی.

۹- عایق غیر آزبستی.

۱۰- چوب، بوته، خاک، سنگ، تنه درخت و مصالح دانه ای.

عموماً مواد زائد ساختمانی شامل فلز، الوار، مصالح بنایی، شیشه، پلاستیک، کاغذ، تجهیزات، قیر، رنگها و مصالح مربوط ساخت محوطه می‌باشد. اکثر این مواد می‌توانند دوباره مصرف و یا بازیافت شوند، که یکی از مهمترین اصول معماری سبزی می‌باشد [۲۳].

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی: یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است. انتخاب سنجه‌های بخش اول واکاوی AHP است. سپس براساس سنجه‌های شناسایی شده نامزدها ارزیابی می‌شوند. علت سلسله مراتبی خواندن این روش آن است که ابتدا باید از اهداف و راهبردهای سازمان در راس هرم آغاز کرد و با گسترش آنها سنجه‌ها را شناسایی کرد تا به پایین هرم برسیم. این روش یکی از روش‌های پرکاربرد برای رتبه بندی و تعیین اهمیت عوامل است که با استفاده از مقایسات زوجی گزینه‌ها به اولویت‌بندی هر یک از معیارها پرداخته می‌شود. چنانچه گزینه‌ها زیاد باشد تشکیل ماتریس مقایسات زوجی کار دشواری است [۲۴].

منطق فازی: منطق فازی از منطق ارزش‌های "صفر و یک" نرم‌افزارهای کلاسیک فراتر رفته و درگاهی جدید برای دنیای علوم نرم‌افزاری و رایانه‌ها می‌گشاید، زیرا فضای شناور و نامحدود بین اعداد صفر و یک را نیز در منطق و استدلال‌های خود به کار می‌گیرد. منطق فازی از فضای بین دو ارزش "برویم" یا "نرویم"، ارزش‌های جدید "شاید برویم" یا "می‌رویم اگر" یا حتی "احتمال دارد برویم" را استخراج کرده و به کار می‌گیرد [۲۵].

۴- پیشینه پژوهش

در پژوهش حیرتی و عباسیان (۱۳۹۵) بررسی شد که یکی از روش‌هایی که متاسفانه در ایران کمتر مورد توجه قرار گرفته قابلیت بازیافت و باز مصرف بسیاری از مصالح ساختمانی است. برنامه‌های مدیریت بازیافت ضایعات و نخاله‌های ساختمانی در صورت

مطالعه و اجرایی شدن می‌تواند به افزایش بهره‌وری مصالح در صنعت ساختمان منجر شود. در این تحقیق شناسایی عوامل و معیارهای موثر جهت مدیریت ضایعات ساختمانی با تکیه بر مفاهیم توسعه پایدار بررسی گردیده است. نتایج تحلیل آماری استنباطی نشان می‌دهد که همه عوامل شناسایی شده و سوالات آنها معنی دار بوده و مورد تایید می‌باشند و در مدیریت ضایعات ساختمانی نقش دارند. عدم دقت در شیوه‌های نگهداری و پایین بودن کیفیت مصالح تولیدی به ترتیب با کسب میانگین ۳/۹۶ و ۳/۹۲ جزء مهم‌ترین عوامل تولید ضایعات شناسایی شده‌اند و می‌توان این طور بیان کرد که پیشگیری از درمان موثرتر است و در صورت بسته بندی درست، افزایش کیفیت مصالح تولیدی می‌توان پیش بینی نمود که نرخ تولید ضایعات ساختمانی کاهش می‌یابد. در تحلیل آماری با روش AHP زیرمعیار شماره (SC 53) (دقت در نگهداری و ایجاد شرایط مناسب جهت انبار کردن مصالح) رتبه یک را به خود اختصاص داده است. به دنبال آن زیر معیارهای (SC 51) (پایین بودن کیفیت مصالح تولیدی و عمر مفید مصالح) و (SC12) (نبود قوانین و مقررات ملی و منطقه‌ای برای مدیریت ضایعات ساختمانی) رتبه‌های دوم و سوم را به خود اختصاص دادند [۲۶].

در پژوهش سبط و همکاران (۱۳۹۴) بررسی شد که صنعت ساخت و ساز یکی از مهمترین بخش‌های اقتصادی هر جامعه به شمار می‌آید. این صنعت سالانه حجم عظیمی از مواد خام را مصرف و در مقابل مقدار زیادی ضایعات تولید می‌کند. مدیریت بهینه این ضایعات به منظور حفاظت از محیط زیست ضروری می‌باشد. بهینه سازی مصرف مصالح ساختمانی با استفاده از راهکارهای مدیریت ضایعات ساخت و ساز نه تنها هزینه‌ها را کاهش می‌دهد بلکه به حفظ محیط زیست هم کمک می‌کند. بازیافت به عنوان یکی از راهکارهای مدیریت ضایعات در بسیاری از کشورهای در حال توسعه امری چالش برانگیز است، بدین منظور امکانسنجی اقتصادی بودن بازیافت بسیار مهم می‌باشد. در این مقاله توجیه پذیری اقتصادی احداث مراکز بازیافت نخاله‌های ساختمانی با استفاده از روش ارزش خالص فعلی مورد ازریابی قرار گرفت. با توجه به نتایج بدست آمده، احداث این نوع مراکز دارای توجیه اقتصادی بوده و می‌تواند به عنوان یک طرح اقتصادی سودآور مدنظر قرار بگیرد [۲].

در پژوهش ایرانی و همکاران (۱۳۹۴) بررسی شد که مواد زائد ساختمانی یکی از عمده‌ترین آلاینده‌های محیط زیست می‌باشد. بطور متوسط سالانه حدود ۴۰ میلیون تن پسماند ساختمانی در ایران تولید و به روش‌های مختلف که غالبا غیر اصولی بوده در محیط زیست رها می‌شوند. به دلیل افزایش قیمت مصالح ساختمانی در سال‌های اخیر در کشور موجب شده است تا کارفرمایان و پیمانکاران به دنبال روشی برای کاهش هزینه‌های عمرانی و همچنین اطلاعاتی ضروری برای یک قیمت گذاری بهتر در مناقصات و همچنین عملکرد رقابتی در بازار می‌باشند. این مقاله به روش مطالعات اسنادی و کتابخانه‌ای به بررسی انواع روش‌ها و مدل‌های برآورد و تخمین کمی ضایعات ساختمانی در جامعه جهانی برای تصمیم گیری صحیح در مورد اینکه ضایعات ساختمانی چگونه مدیریت، استفاده مجدد، بازیافت و یا دفع گردند، داده‌هایی از جمله مقدار، نوع، زمان و مکان تولید ضایعات را در اختیار قرار می‌دهد [۳].

در پژوهشی جینگو و همکارانش (۲۰۱۳) بررسی شد که افزایش ساخت وساز و تخریب باعث ناکارآمدی هزینه و آلودگی زیست‌محیطی می‌شود. بسیاری از کشورها مقرراتی را برای به حداقل رساندن ضایعات تدوین کرده‌اند. اجرای این مقررات نیازمند درک بزرگی و ترکیب مواد زاید است. شاخص تولید زباله ساخت و ساز یک ابزار مفید برای برآورد مقدار زباله ساخت و ساز است و می‌تواند به عنوان معیاری برای افزایش عملکرد پایدار صنعت ساخت و ساز استفاده شود [۲۷].

در پژوهش رز و مانلی (۲۰۱۱) بررسی شد که ناظران صنعت ساختمان از کاربرد مشوق‌های مالی به عنوان ترویج دهنده‌های انگیزه و تعهد در پروژه‌ها حمایت می‌کنند. با وجود این، شواهد تجربی کمی در ارتباط با میزان ثمربخشی این مشوق‌ها وجود دارد. کدام عوامل به عنوان محرک انگیزه در پروژه‌های ساختمانی عمل می‌کنند؟ جینگو و همکارانش دلایل تحریک شدن مشارکت کننده‌های پروژه ساختمانی برای دنبال کردن اهداف تشویقی اختیاری را با بهره گرفتن از چهار مطالعه موردی استرالیایی، بررسی شد و نتایج به دست آمده نشان دهنده نقش حیاتی روابط پروژه و شرایط منصفانه قرارداد در تقویت کردن میزان ثمربخشی مشوق‌های مالی هستند. در زمینه پروژه‌های ساختمانی، در این مطالعه نشان داده شد مشوق‌های مالی در مقایسه با طرح‌های تقویت رابطه اهمیت کمتری برای ایجاد انگیزه و بهبود عملکرد دارند [۲۸]. جدول شماره ۱، چارچوب نظری پژوهش را بر اساس مبانی نظری موجود، نشان می‌دهد:

جدول ۱- چارچوب نظری پژوهش حاضر [۲۹]

انواع مصالح	علل اتلاف مصالح	هزینه‌های اتلاف مصالح
سیمان گچ آهک شن و ماسه آجر کاشی و سرامیک چوب شیشه پلاستیک آلیاژهای فلزی خاک ملات‌ها سنگ قیر سایر مصالح	**علل اتلاف مصالح در مراحل طراحی و اجرا:** نوع مصالح انتخابی. روش اجرا. ارتباط و هماهنگی ارکان پروژه. اجرای موازی با طراحی و همچنین جهت‌دهی به فعالیت‌ها به منظور کاهش اتلاف مصالح. **علل اتلاف مصالح در کارگاه:** سفارش غیر دقیق و بیش از اندازه مصالح. ضایعات ناشی از حمل نامناسب مصالح. ضایعات ناشی از نگهداری مصالح در شرایط نامناسب. ضایعات ناشی از عدم هماهنگی بخش‌های مختلف پروژه. ضایعات ناشی از اجرای مجدد بخش‌هایی از پروژه که با کیفیت مورد قبول اجرا نشده‌اند. ضایعات ناشی از به کار بردن مصالح بی کیفیت ضایعات ناشی از انجام کارهایی که به صورت موقتی صورت می‌گیرد.	هزینه مربوط به خرید مصالح اتلاف شده. هزینه مربوط به حمل مصالح اتلاف شده. هزینه مربوط به دفن یا بازیافت مصالح اتلاف شده. هزینه فرصت مربوط به عدم امکان فروش و یا استفاده مصالح اتلاف شده. هزینه نیروی کاری که مصالح اتلاف شده را در کارگاه حمل و جابه جا می‌کنند. هزینه‌های دولتی و مالیات مربوط به تولید ضایعات و دفن آن

۵- مواد و روش‌ها

۵-۱- روش و ابزار گردآوری داده‌ها

به منظور ارزیابی معیارها و شاخص‌هایی که از مستندات علمی استخراج شدند، از ابزار پرسشنامه استفاده گردید. به منظور تعیین ویژگی روایی؛ پرسشنامه توسط خبرگان مربوطه در حوزه ساخت و ساز ارزیابی گردید و همچنین پس از دریافت پرسشنامه تکمیل شده، میزان پایایی داده‌های این پژوهش به وسیله نرم افزار SPSS و از روش آلفای کرونباخ محاسبه شد.

۵-۲- جامعه و نمونه پژوهش

جامعه مورد مطالعه این پژوهش شامل اساتید دانشگاهی،کارشناسان و مهندسان عمران شاغل در پروژه‌های عمرانی، بودند. در واقع روش نمونه‌گیری در این پژوهش ترکیبی از دو روش نمونه‌گیری غیراحتمالی هدفمند (قضاوتی) و نمونه‌گیری گلوله برفی است. با توجه به ماهیت روش نمونه گیری، در نهایت حجم نمونه این مقاله برابر با ۳۰ نفر از خبرگان در دسترس و متمایل به همکاری بود.

۶- نتایج و بحث

۶-۱- آمار توصیفی و استنباطی

در پژوهش حاضر به منظور توصیف داده‌ها از میانگین و انحراف معیار استفاده شده است. خلاصه‌ای از آمارهای توصیفی مربوط به مصالح ساختمانی پر اتلاف، شامل انواع مصالح ساختمانی از قبیل (سنگ، کاشی، سرامیک)، (بتن آماده)، (یونولیت)، (آجر، بلوک، سفال)، (لوله و تاسیسات)، (کناف و صفحات گچی)، (میلگرد) و (سیمان، گچ، خاک) است که در جدول شماره ۲ آمده اند:

جدول ۲- اطلاعات توصیفی مربوط به وضعیت مصالح ساختمانی پر اتلاف

مصالح ساختمانی پر اتلاف	تعداد داده‌ها	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	چولگی
آجر، بلوک، سفال	30	1	6	4.67	1.422	-1.441
سیمان، گچ، خاک	30	1	6	4.40	1.192	-.859
کناف و صفحات گچی	30	1	6	4.53	1.383	-.828
یونولیت	30	1	6	4.73	1.230	-1.238
سنگ، کاشی، سرامیک	30	3	6	4.93	.868	-.881
لوله و تاسیسات	30	2	6	4.67	1.155	-.725

میلگرد	30	3	6	4.53	1.042	-.487
بتن آماده	30	2	6	4.83	1.085	-1.034

همانطور که مشاهده می‌گردد بر اساس نظرات کارشناسان و متخصصان صنعت ساختمان درون یک طیف هفت تایی، میانگین پاسخ به اتلاف مصالح (سنگ، کاشی، سرامیک) برابر با ۴/۹۳، و میانگین پاسخ به اتلاف بتن آماده برابر با ۴/۸۳؛ و میانگین پاسخ به اتلاف یونولیت ۴/۷۳ محاسبه شده و دیگر مصالح نیز طبق جدول ۲ محاسبه شده است. جدول شماره ۳ مربوط به آمارهای پایایی نظرات مهندسان و متخصصان صنعت ساختمان با استفاده از آزمون آلفای کرونباخ می‌باشد:

جدول ۳- میزان پایایی با استفاده از آزمون آلفای کرونباخ

تعداد آیتم‌ها	ضریب آلفای کرونباخ	مصالح
8	0.777	آجر، بلوک، سفال
		سیمان، گچ، خاک
		کناف و صفحات گچی
		یونولیت
		سنگ، کاشی، سرامیک
		لوله و تاسیسات
		میلگرد
		بتن آماده

نتایج مربوط به آمارهای پایایی با استفاده از آزمون آلفای کرونباخ، بیانگر قابلیت اعتماد بالا نسبت به پرسشنامه این تحقیق است زیرا میانگین ضرایب آلفای کرونباخ بالاتر از ۰/۷۷۷ محاسبه شده است که نشان می‌دهد نظرات کارشناسان و متخصصان صنعت ساختمان، قابل اعتماد بوده و پایایی مناسبی دارند.

۶-۲- رتبه بندی معیارهای پژوهش با استفاده از AHP فازی

فرآیند چهار مرحله‌ای تحلیل سلسله مراتبی به منظور اولویت‌بندی مصالح پر اتلاف در پروژه‌های عمرانی، به شرح ذیل است:
مرحله اول-مدل‌سازی AHP: برای شروع ابتدا یک مساله باید وجود داشته باشد. از آنجایی که هدف اصلی در این پژوهش اولویت‌بندی مصالح پر اتلاف در پروژه‌های عمرانی است. معیارهای مرتبط با هریک از عوامل تعیین و پرسشنامه که قابلیت اعتماد آن مورد آزمون قرار گرفته بود توزیع گردید. پرسشنامه مورد استفاده برای تحلیل‌های سلسله مراتبی و تصمیم‌گیری چندمعیاره به پرسشنامه خبره موسوم است. برای امتیاز دهی از مقیاس نه درجه ساعتی به صورت جدول شماره ۴ استفاده می‌شود و نیز جدول شماره ۵ ابزار مقایسات زوجی روش AHP را نشان می‌دهد.

جدول ۴- ابزار مقایسات زوجی خبره از مقایسه زوجی گزینه‌ها

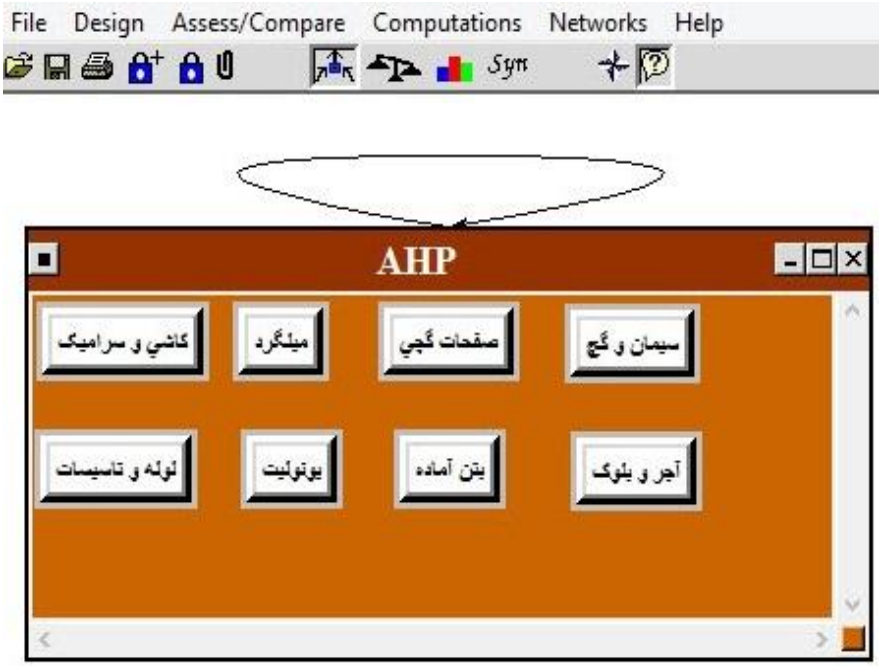
ارزش	وضعیت مقایسه i نسبت به j	توضیح
۱	ترجیح یکسان Equally Preferred	معیار i نسبت به j اهمیت برابر دارد و یا ارجحیتی نسبت به هم ندارند.
۳	کمی مرجح Moderately Preferred	گزینه یا معیار i نسبت به j کمی مهمتر است.
۵	خیلی مرجح Strongly Preferred	گزینه یا معیار i نسبت به j مهمتر است.
۷	خیلی زیاد مرجح Very strongly Preferred	گزینه i دارای ارجحیت خیلی بیشتری از j است.

۹	کاملاً مرجح Extremely Preferred	گزینه i از j مطلقاً مهمتر و قابل مقایسه با j نیست.
۸-۶-۴-۲	بینابین	ارزش‌های بینابین را نشان می‌دهد مثلا ۸، بیانگر اهمیتی زیادتر از ۷ و پایین‌تر از ۹ برای i است.

جدول ۵- ابزار مقایسات زوجی روش AHP

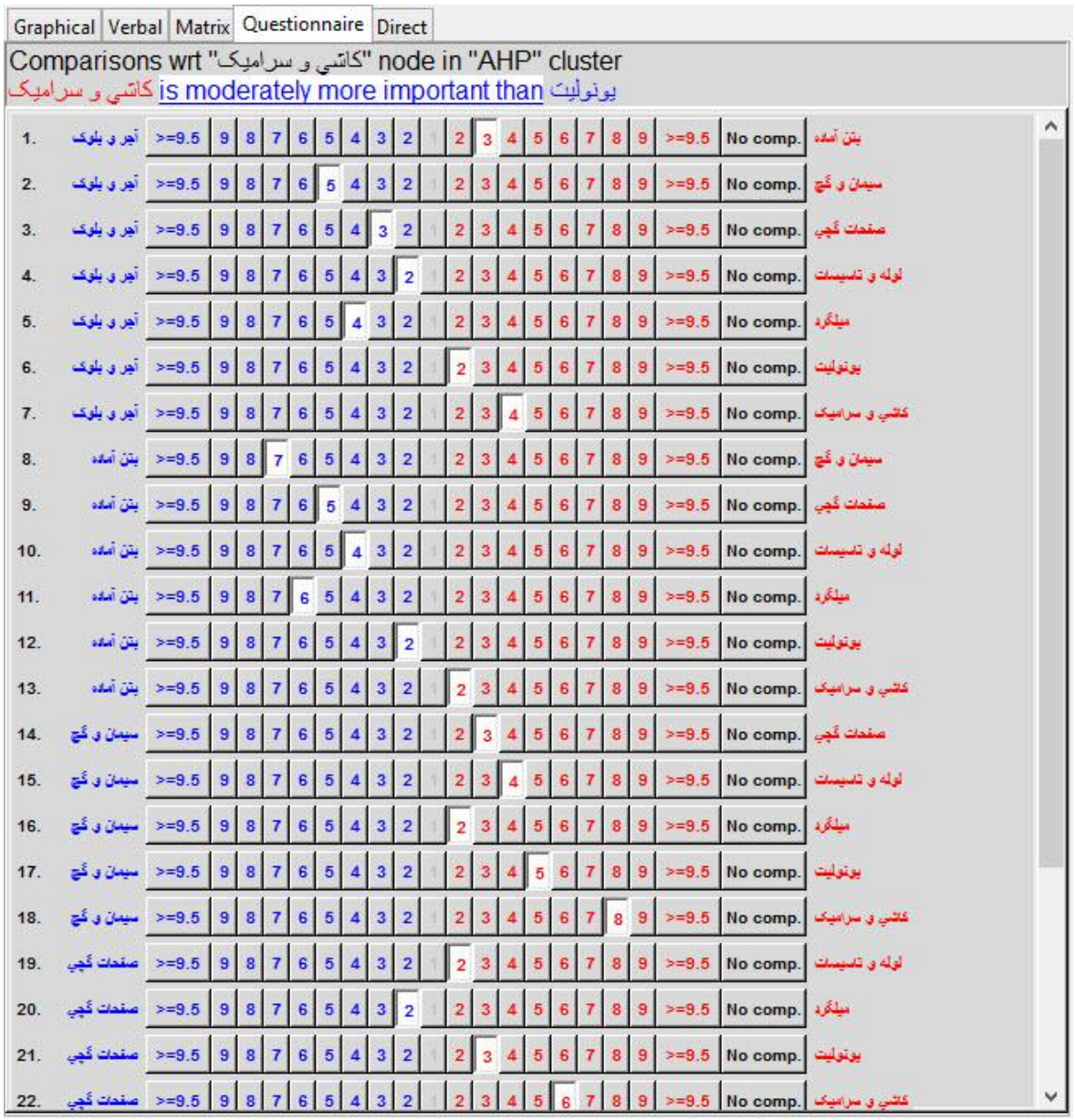
مقایسات زوجی		مصالح پر اتلاف در پروژه‌های عمرانی							
		آجر، بلوک، سفال	سیمان، گچ، خاک	کناف و صفحات گچی	یونولیت	سنگ، کاشی، سرامیک	لوله و تاسیسات	میلگرد	بتن آماده
مصالح پر اتلاف در پروژه‌های عمرانی	آجر، بلوک، سفال	۱							
	سیمان، گچ، خاک		۱						
	کناف و صفحات گچی			۱					
	یونولیت				۱				
	سنگ، کاشی، سرامیک					۱			
	لوله و تاسیسات						۱		
	میلگرد							۱	
	بتن آماده								۱

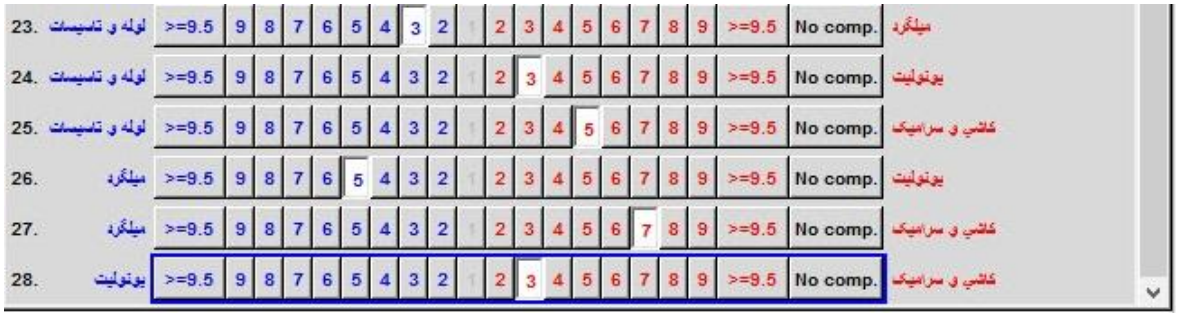
شکل شماره ۱ مدل‌سازی روابط AHP در نرم افزار Super Decisions را نشان می‌دهد.



شکل ۱- مدل‌سازی روابط AHP در نرم افزار Super Decisions

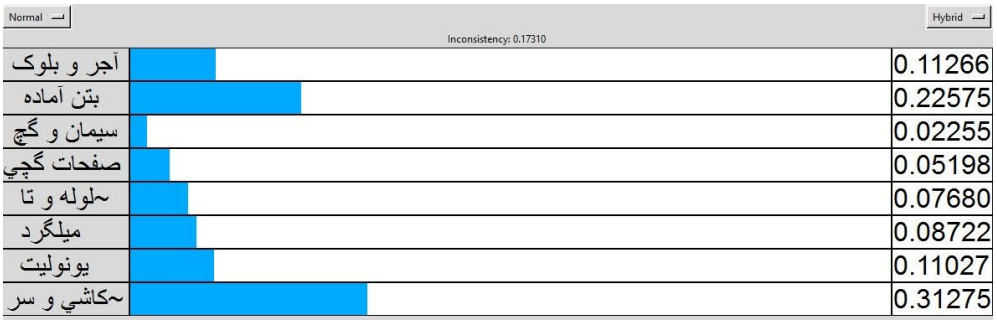
مرحله دوم – تعیین اولویت‌بندی مصالح با استفاده از روش AHP، بر اساس نظرات خبرگان: سطح اول سلسله‌مراتب را معیارهای اصلی تشکیل می‌دهد. پرسشنامه خبره نخست با مقایسه زوجی معیارهای اصلی براساس هدف به تعیین اولویت هر یک از معیارها اصلی می‌پردازد. بنابراین باید معیارها را براساس هدف دوبه‌دو با هم مقایسه می‌کنیم. اگر اهمیت عنصر i بر j برابر با n باشد، اهمیت j بر i برابر با n/۱ است و با توجه به این نکته کافی است در ماتریس زیر فقط مقادیر بالای قطر اصلی را پر کنیم. مقادیر زیر قطر اصلی معکوس مقادیر بالای قطر خواهد بود لازم به ذکر است که در مورد معیارها باید به نوع آنها توجه داشته باشیم. توجه به نوع معیار در روش محاسبه وزن آن اهمیت دارد. شکل شماره ۲، به نمایش تعیین وزن و اولویت‌بندی مصالح پر اتلاف در پروژه‌های عمرانی در محیط نرم افزار Super Decisions، بر اساس نظرات خبرگان، می‌پردازد:





شکل ۲- تعیین اولویت مصالح پر اتلاف براساس نظرات خبرگان

مرحله سوم - تحلیل سلسله مراتبی و تعیین اولویت مصالح پر اتلاف در پروژه‌های عمرانی براساس تحلیل‌های نرم افزار Super Decisions: برای تعیین اولویت از مفهوم نرمال‌سازی که در گام قبلی توضیح داده شد استفاده می‌شود. پس از نرمال کردن، وزن هر گزینه براساس معیار مورد نظر بدست خواهد آمد. شکل شماره ۳ و جدول شماره ۶، تحلیل سلسله مراتبی و اولویت‌بندی مصالح ساختمانی پر اتلاف را نشان می‌دهد، را نشان می‌دهد:



شکل ۳- اولویت‌بندی انواع مصالح پر اتلاف ساختمانی براساس نظرات خبرگان

جدول ۶- اولویت‌بندی انواع مصالح پر اتلاف ساختمانی براساس نظرات خبرگان

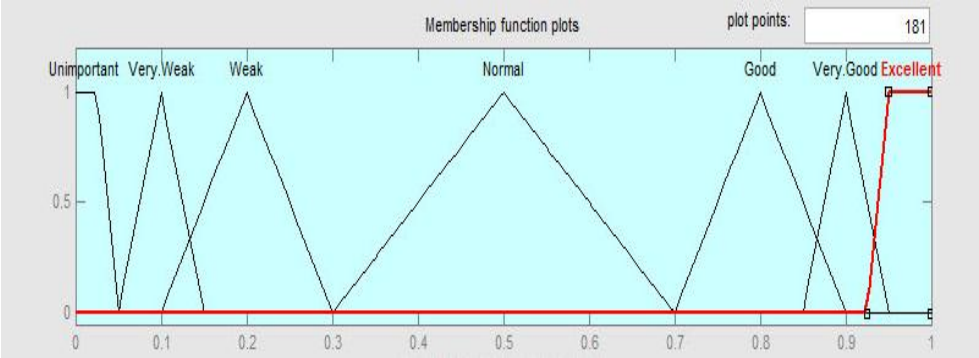
رتبه	معیارهای پژوهش	وزن معیار
۱	سنگ، کاشی و سرامیک	0.312
۲	بتن آماده	0.225
۳	آجر، بلوک و سفال	0.112
۴	یونولیت	0.110
۵	میلگرد	0.087
۶	لوله و تاسیسات	0.076
۷	صفحات گچی	0.051
۸	سیمان، گچ و خاک	0.022

نرخ ناسازگاری نشان می‌دهد که تا چه حد می‌توان به اولویت‌های حاصل از مقایسات اعتماد کرد. اولویت‌بندی انجام شده، انواع مصالح پر اتلاف؛ را با کمترین حد ناسازگاری یعنی ۰/۱۷۳ می‌دهند. با توجه به تحلیل نهایی و تعیین اولویت مصالح پر اتلاف در پروژه‌های عمرانی قابل مشاهده است که (سنگ، کاشی و سرامیک با وزن ۰/۳۱۲)؛ (بتن آماده با وزن ۰/۲۲۵) و (آجر، بلوک و سفال با وزن ۰/۱۱۲)؛ به عنوان مهمترین مصالح پراتلاف تعیین شدند.

مرحله چهارم-اولویت‌بندی مصالح پر اتلاف: جدول شماره ۷ و شکل شماره ۴ متغیرهای زبانی، مقادیر فازی و نیز توابع عضویت اعداد مثلثی و ذوزنقه‌ای مرتبط را درون طیف هفت‌تایی، به نمایش می‌گذارند.

جدول ۷- متغیرهای زبانی مرتبط با متغیرهای پژوهش

متغیر زبانی	معادل انگلیسی	توابع عضویت اعداد مثلثی و ذوزنقه‌ای
بی اهمیت	Unimportant	(۰، ۰، ۰/۰۵، ۰/۲۵)
اهمیت بسیار ضعیف	Very weak	(۰/۰۵، ۰/۱۰، ۰/۱۵)
اهمیت ضعیف	weak	(۰/۱، ۰/۲، ۰/۳)
اهمیت متوسط	Medium	(۰/۳، ۰/۵، ۰/۷)
اهمیت زیاد	High importance	(۰/۷، ۰/۸، ۰/۹)
اهمیت خیلی زیاد	Very High importance	(۰/۸۵، ۰/۹، ۰/۹۵)
عالی	Excellent	(۰/۹۲۵، ۰/۹۵، ۱، ۱)



شکل ۴- افرازبندی معیارها و تعیین مقادیر فازی مرتبط با متغیرهای زبانی (توابع عضویت اعداد مثلثی و ذوزنقه‌ای)

جدول شماره ۸، اوزان فازی و رتبه بندی فازی مصالح پر اتلاف پروژه‌های عمرانی را به نمایش می‌گذارند:

جدول ۸- اوزان فازی و رتبه بندی فازی مصالح پر اتلاف در پروژه‌های عمرانی

شماره	معیارهای پژوهش	وزن معیارها بر اساس (AHP)	وزن فازی (بر اساس متغیرهای زبانی)	وزن نهایی معیار
۱	سنگ، کاشی و سرامیک	۰/۳۱۲	۰/۷۰۴	۰/۲۱۹
۲	بتن آماده	۰/۲۲۵	۰/۶۹	۰/۱۵۵
۳	آجر، بلوک و سفال	۰/۱۱۲	۰/۶۶۷	۰/۰۷۴
۴	یونولیت	۰/۱۱۰	۰/۶۷۵	۰/۰۷۴
۵	میلگرد	۰/۰۸۷	۰/۶۴۷	۰/۰۵۶
۶	لوله و تاسیسات	۰/۰۷۶	۰/۶۶۷	۰/۰۵۰
۷	صفحات گچی	۰/۰۵۱	۰/۶۴۷	۰/۰۳۳
۸	سیمان، گچ و خاک	۰/۰۲۲	۰/۶۲۸	۰/۰۱۳

۷- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در واقع، بر اساس نظرات کارشناسان و متخصصان صنعت ساختمان درون یک طیف هفت تایی، میانگین پاسخ به اتلاف مصالح (سنگ، کاشی، سرامیک) برابر با ۴/۹۳، و میانگین پاسخ به اتلاف بتن آماده برابر با ۴/۸۳؛ و میانگین پاسخ به اتلاف یونولیت ۴/۷۳ بدست آمد. از طرفی دیگر، نرخ ناسازگاری نشان می‌دهد که تا چه حد می‌توان به اولویت‌های حاصل از مقایسات اعتماد کرد. اولویت‌بندی انجام شده، انواع مصالح پر اتلاف؛ را با کمترین حد ناسازگاری یعنی ۰/۱۷۳ می‌دهند. با توجه به تحلیل نهایی و تعیین اولویت مصالح پر اتلاف قابل مشاهده است که (سنگ، کاشی و سرامیک با وزن ۰/۳۱۲)، (بتن آماده با وزن ۰/۲۲۵) و (آجر، بلوک و سفال با وزن ۰/۱۱۲) به عنوان مهمترین مصالح پراتلاف تعیین شدند.

۷-۱- پیشنهادات

۷-۱-۱- راهکارهای پیشنهادی کاهش اتلاف میلگرد

- طراحی صحیح و دقیق از جانب مهندس محاسب، به نحوی که سبب ایجاد حداقل ضایعات گردد.
- اصلاح طراحی در حین اجرا به منظور بهینه کردن ابعاد میلگرد.
- خریداری و انبار کالا به میزان مناسب و با توجه به شرایط کارگاه.
- استفاده از روش‌های مناسب حمل کالا.
- دقت در اندازه‌گیری و برش میلگرد در کارگاه.
- استفاده از ضایعات ایجاد شده در اثر برش میلگرد.

۷-۱-۲- راهکارهای پیشنهادی کاهش تلاف بتن

- محاسبه دقیق بتن مورد نیاز جهت سفارش.
- استفاده از بتن باقیمانده در پمپ بتن و لوله‌های آن.
- عودت بتن مازاد به کارگاه‌های نزدیک دیگر.
- استفاده از قالب‌های سالم و بدون شکستگی.
- استفاده از پیمانکاران قالب بندی و بتن ریزی کار آزموده.

۷-۱-۳- راهکارهای پیشنهادی کاهش اتلاف آجر، سفال و بلوک

- استفاده از نیروی کار ماهر.
- نظارت مستمر بر نحوه اجرا.
- جلوگیری از دوباره کاری.
- حمل و نگهداری صحیح و مناسب.

۷-۱-۴- راهکارهای پیشنهادی کاهش اتلاف کناف و صفحات گچی

- استفاده از نیروی ماهر.
- نظارت مستمر بر نحوه‌ی اجرا.

۷-۱-۵- راهکارهای پیشنهادی کاهش اتلاف سنگ، کاشی و سرامیک

- استفاده از نیروی ماهر.
- حمل و نگهداری صحیح و مناسب.

۷-۱-۶- راهکارهای پیشنهادی کاهش اتلاف سیمان گچ و پودر سنگ

- استفاده از نیروی ماهر.
- نظارت بر نحوه کار کارگران.
- حمل و نگهداری صحیح.

۷-۱-۷- راهکارهای پیشنهادی کاهش اتلاف لوله و دیگر لوازم تاسیساتی

- استفاده از نیروی ماهر.
- محاسبه بهترین مسیر برای عبور لوله.
- تخمین نسبتا دقیق میزان لوله و دیگر لوازم تاسیساتی مورد نیاز.

۸- مراجع

۱. ساجدی, سیدفتح اله و یاوری، آزاده، ۱۳۹۵، تحلیلی بر علل افزایش ضایعات مصالح ساختمانی در ایران، کنفرانس بین المللی مهندسی عمران، تهران، دبیرخانه دایمی کنفرانس.

۲. سبط, محمدحسن؛ حسینی، وحید شاه و نیکخواه منش، سبا، ۱۳۹۴، امکان‌سنجی اقتصادی بازیافت ضایعات ساختمانی، دهمین کنگره بین المللی مهندسی عمران، تبریز، دانشگاه تبریز دانشکده مهندسی عمران.

۳. ایرانی, ادریس؛ فلاح، احمدعلی و میرجلیلی علیرضا، ۱۳۹۴، بررسی روش‌ها و مدل‌های برآورد و تخمین کمی ضایعات ساختمانی، دهمین کنگره بین المللی مهندسی عمران، تبریز، دانشگاه تبریز دانشکده مهندسی عمران.

4. Newton P, Hampson K, Drogemuller R, editors. Technology, design and process innovation in the built environment. Abingdon: Taylor and Francis; 2009. p. 3-28 .

5. Manseau A, Seaden G. Innovation in construction: an international review of public policy. New York, NY: Spon Press; 2001 .

6. Bower D, Ashby G, Gerald K, Smyk W. Incentive mechanisms for project success. J Manage Eng 2002;18(1): 37–43 .

7. Rahman MM, Kumaraswamy MM. Contracting relationship trends and transitions. J Manage Eng 2004;20(4):147–61 .

8. Andersen PH, Cook C, Marceau J. Dynamic innovation strategies and stable networks in the construction industry: implanting solar energy projects in the Sydney Olympic Village. J Bus Res 2004;57(4): 351–60 .

9. Howard LW, Turban DB, Hurley SK. Cooperating teams and competing rewards strategies: incentives for team performance and firm productivity. J Behav Appl Manage 2002; 3(3): 248–63 .

10. Adams JS. Toward an understanding of inequity. J Abnorm Soc Psychol 1963;67: 422–36 .

11. Bandura A. Social foundations of thought and action: a social-cognitive theory. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall; 1986 .

12. Hackman R, Oldham G. Work redesign. Reading, MA: Addison-Wesley; 1980 .

13. Katzell R, Thompson D. Work motivation: theory and practice. Am Psychol 1990; 45(2): 144–53 .

14. Howard WE, Bell LC, McCormick RE. Economic principals of contractor compensation. J Manage Eng 1997; 13 (5): 81-9 .

15. AEGIS (Australian Expert Group in Industry Studies). Building for Growth: procurement & project delivery in the building & construction industry. Canberra, ACT: Department of Industry, Science & Resources; 1998 .

16. Kenley R, London K, Watson J. Strategic procurement in the construction industry: mechanisms for public sector clients to encourage improved performance in Australia. J Constr Procurement 2000;6(1): 4-19 .

17. Manley K. The innovation competence of repeat public sector clients in the Australian construction industry. Constr Manage Econ 2006;24(12): 1295–304 .

18. Bresnen M, Marshall N. Motivation, commitment and the use of incentives in partnerships and alliances. Constr Manage Econ 2000;18(5): 587–98 .

۱۹. نیک مهر, بهاره؛ قدوسی پرویز و حسینی محمدرضا، ۱۳۹۴، مطالعه وضعیت مدیریت ضایعات ساختمانی شهر تهران نتایج اولیه، کنفرانس بین المللی دستاوردهای نوین در مهندسی عمران، معماری، محیط زیست و مدیریت شهری، تهران، موسسه مدیران ایده پرداز پایتخت ویرا.

۲۰. ظهرابی, امیر؛ عامری فرشاد و ظهرابی مهدی، ۱۳۹۴، بررسی اثر میکرو سیلیس بر بتن ساخته شده از ضایعات ساختمانی، کنفرانس بین المللی علوم، مهندسی و فناوری‌های محیط زیست، تهران، دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران.

۲۱. باقری کاکش, کاوه؛ فلاح احمدعلی و میرجلیلی علیرضا، **۱۳۹۴**، مدیریت ضایعات ساختمانی ناشی از عملیات ساخت و ساز و تخریب، اولین کنگره علمی پژوهشی افق‌های نوین در حوزه مهندسی عمران، معماری، فرهنگ و مدیریت شهری ایران، تهران، انجمن توسعه و ترویج علوم و فنون بنیادین.

۲۲. یاوری, آزاده، **۱۳۹۴**، بررسی علل افزایش ضایعات مصالح ساختمانی و ارائه راهکارهای بهینه سازی استفاده از آن‌ها، دومین همایش ملی بهداشت محیط، سلامت و محیط زیست پایدار، همدان، دبیرخانه دائمی همایش، دانشکده شهید مفتح.

۲۳. رجبی, سعید، سامعی حسین و رحم دل هادی، **۱۳۹۴**، بررسی نحوه استفاده از خاک و ضایعات ساختمانی در فضای سبز شهری با رویکرد امکانسنجی احداث تپه مصنوعی در پارک چهل بازه مشهد، هفتمین کنفرانس ملی برنامه‌ریزی و مدیریت شهری با تأکید بر راهبردهای توسعه شهری، مشهد، شورای اسلامی شهر مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، شهرداری مشهد.

24. Saaty, Thomas L. 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. Int. J. Services Sciences, Vol. 1, No. 1, 2008

25. Abou, Seraphin C. 2012. Fuzzy-logic-based network for complex systems risk assessment: Application to ship performance analysis. Accident Analysis & Prevention, Volume 45, March 2012, Pages 305-316

۲۶. حیرتی, آرین و عباسیان، حمید، **۱۳۹۵**، مدیریت ضایعات ساختمانی با تکیه بر مفاهیم توسعه پایدار، دومین همایش بین المللی معماری، عمران و شهرسازی در آغاز هزاره سوم، تهران، کنسرسیوم آنابافت شهر انجمن معماری و شهرسازی استان البرز، جامعه مهندسان شهرساز موسسه بناشهر پایدار - موسسه فرهنگی هنری سلوی نصر.

27. Jingru Li, Zhikun Ding, Xuming Mi, Jiayuan Wang, A model for estimating construction waste generation index for building project in China, Resources, Conservation and Recycling, Volume 74, May 2013, Pages 20-26.

28. Timothy Rose, Karen Manley, Motivation toward financial incentive goals on construction projects, Journal of Business Research 64 (2011) 765–773

۲۹. رضائی، مجتبی (۱۳۹۴)، کتاب اتلاف مصالح در پروژه‌های ساختمان، آرنا، چاپ اول **۱۳۹۴**