طراحی سیستم پیشنهاددهنده ارجاع پروژه به مهندسین ناظر شاغل در سازمان نظام مهندسی (مطالعه موردی: سازمان نظام مهندسی ساختمان دامغان)

مرضیه زرین بال[1]، حمیدرضا ایزدبخش[2]، صدیقه حسن بیگی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۲۱

چکیده: مهندسین ناظر به‌عنوان مهم‌ترین رکن نظارت بر ساخت و ساز کشور، نقش تعیین کننده‌ای در بهبود کیفیت و افزایش ایمنی صنعت ساختمان ایفا نموده و فعالیت‌های آنان در قالب سازمان نظام مهندسی ساختمان مدیریت می‌شود. در حال حاضر در موارد متعددی در کشور ارجاع پروژه به مهندسین ناظر در سازمان نظام مهندسی با سیستمی ناکارآمد و به‌دور از رعایت شایستگی‌های حرفه-ای انجام می‌شود. لذا، در این مقاله سعی شده تا سیستم پیشنهاددهنده ارجاعی مبتنی بر شایستگی‌های مهندسین ناظر و اهمیت پروژه‌های ساختمانی طراحی گردد. سیستم پیشنهادی شامل سه فاز است: در فاز اول ویژگی‌های کلیدی مهندسین ناظر تعیین شده و مهندسین براساس این ویژگی‌ها و نظر خبرگان خوشه‌بندی و رتبه‌بندی می‌شوند. در فاز دوم پروژه‌های ساختمانی برمبنای ویژگی‌های ذکر شده در مقررات ملی ساختمان، تعیین امتیاز و رتبه‌بندی گردیده و در فاز سوم با در نظر گرفتن شایستگی‌های مهندسین ناظر و امتیاز هریک از پروژه‌ها، ارجاع پروژه به مهندسین ناظر انجام می-شود. به منظور پیاده‌سازی این سیستم، سازمان نظام مهندسی ساختمان دامغان به‌عنوان جامعه آماری درنظر گرفته شده و نتایج بدست آمده با کمک خبرگان و شاخص‌های مرتبط اعتبارسنجی گردید. نتایج نشان دادند که سیستم پیشنهادی در ۸۷٪ موارد ارجاعات درستی را پیشنهاد داده است.

واژگان کلیدی: سیستم پیشنهاددهنده ارجاع، خوشه‌بندی، تحلیل پوششی داده‌ها، روش مجموع ساده وزنی، سازمان نظام مهندسی ساختمان.

---

۱. استادیار پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک). Email:zarinbal@irandoc.ac.ir

۲. استادیار گروه مهندسی صنایع دانشگاه خوارزمی و عضو هیات مدیره انجمن کیفیت ایران. Email: hizadbakhsh@khu.ac.ir

۳. کارشناس ارشد مهندسی صنایع دانشگاه خوارزمی. Email: s.hassanbeigi@yahoo.com

۱. مقدمه

ساخت و ساز در ایران به شش قرن قبل از میلاد مسیح باز می‌گردد و علی‌رغم پیشینه قوی و قدمت بالا، در عصر حاضر با رشد روزافزون جمعیت و به تبع آن افزایش نیاز به ساخت و ساز و نیز ناکارا بودن سیستم‌های سنتی، تغییر رویکرد به سوی روش‌های صنعتی تولید ساختمان ضروری است. در دهه اخیر در کشور برنامه‌هایی برای صنعتی شدن ساختمان-سازی ارائه گردیده که موفقیت چندانی را به دنبال نداشته است (یقینی، ۱۳۹۵). همچنین ضریب صنعتی‌سازی در ایران ۵٪ و در کشورهای پیشرفته حدود ۸۰٪ است که در نتیجه آن عمر مفید بنا در ایران حدود ۳۰ سال بوده درحالی که میزان متوسط عمر ساختمان در کشورهای پیشرفته ۱۰۰ تا ۱۵۰ سال است (پژوهنده، ۱۳۹۶). منابع‌انسانی، مصالح و فرآورده‌های به‌کار رفته در بنا و ماشین آلات و تجهیزات سه عنصر مهم و اثرگذار بر کیفیت ساخت هستند. در حوزه ماشین‌آلات و تجهیزات، ایران شرایط خوبی دارد و قابلیت ساخت نمونه‌های موفق و اجرای ساختمان‌هایی همچون برج میلاد (که از جمله ساختمان‌های شاخص دنیا به‌شمار می‌رود) گواهی بر این مدعا است (نیک هوش و کیانوش، ۱۳۹۵)در زمینه مصالح ساختمانی معضلات فراوانی وجود دارد و علی رغم وجود استانداردهای اجباری هنوز هم خرید مصالح غیراستاندارد و بدون کیفیت با تکیه بر انگیزه-های مالی در بازار صنعت ساختمان موجب کاهش عمر مفید بنا شده‌است (جلالت و همکاران، ۱۳۹۵).

نیروی انسانی شاغل در صنعت ساختمان نیز یکی دیگر از مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر کیفیت ساخت و طول عمر مفید ساختمان است. بین سرمایه‌گذاری بر نیروی انسانی و رشد اقتصادی، ارتباط قوی وجود دارد و طبق تحقیقات انجام شده، یک درصد افزایش در تعداد نیروی انسانی متخصص می‌تواند تولید ناخالص داخلی را تا ۵۵٪ افزایش دهد. در حالی‌که یک‌درصد افزایش عواملی مانند سرمایه‌های فیزیکی و نیروی‌کار غیرمتخصص، به ترتیب، ۳۵٪و ۳۲٪ تولید ناخالص داخلی را افزایش خواهند داد(عمادزاده و همکاران، ۱۳۹۵). به عبارت دیگر، نیروی انسانی متخصص و شایسته، موجب افزایش تولید و ارزش افزوده بوده و عدم توجه به این عامل مهم یکی از دلایل عدم است (برقندان و همکاران،

۱۳۸۹). منابع‌انسانی شاغل در صنعت ساختمان از مشکلات متعددی رنج می‌برد که دلایل برخی از آن‌ها را می‌توان در مشکلات مربوط به قوانین حاکم، ناکارآمدی مهندسین، عدم آگاهی کارفرمایان از استانداردهای بین‌المللی و مقررات داخلی و ورود نیروهای کار، ناکارآمد و ناآگاه به این حوزه دانست (روانشاد نیا، ۱۳۹۴)، (سالور، ۱۳۸۷) و (فیلی،۱۳۹۶).

سازمان نظام مهندسی ساختمان یکی از سازمان‌های فعال موثر در صنعت ساختمان است که با هدف کنترل و نظارت بر فعالیت مهندسین به‌عنوان یکی از کلیدی‌ترین منابع‌انسانی صنعت ساختمان تشکیل شده‌است. فعالیت مهندسین شاغل در این سازمان به سه حوزه (۱)محاسبات و طراحی، (۲)نظارت و (۳)اجرا تقسیم شده و تعداد زیادی از اعضای آن دارای پروانه اشتغال به کار در حوزه نظارت هستند. وظیفه مهندسین ناظر نظارت بر اجرای صحیح عملیات ساختمانی است که در حیطه صلاحیت‌های مندرج در پرونده اشتغال فعالیت می‌کنند (ساختمان، ۱۳۸۴). هماهنگی روز به روز فعالیت‌های پروژه وظیفه یک ناظر بوده و وی مکلف است چند دسته و گروه کاری را در رشته‌های متفاوت مدیریت، فعالیت‌های آن‌ها را برنامه‌ریزی و دستور کار صادر نماید (نظام مهندسی تهران، ۱۳۹۱).

فرآیند ارجاع کار به این دسته از مهندسین براساس صف ریالی مبتنی بر درآمد ناظران است، بدون توجه به اهمیت و وسعت پروژه‌ها. این امر سبب می‌شود تا در برخی موارد پروژه‌های حساس به ناظران کم تجربه و فاقد شایستگی‌های لازم ارجاع شده و نیز فرصت‌های مهندسین شایسته در پروژه‌هایی با اهمیت کمتر به هدر رود. به دلیل عدم دسترسی به منابع قابل اتکا در زمینه ارجاع کار به مهندسین ناظر موضوع انتخاب ناظر را می‌توان با مسائل انتخاب تأمین‌کنندگان مقایسه و شبیه‌سازی نمود که در اغلب آن‌ها از روشهای تصمیم‌گیری چندمعیاره نظیر روش تجزیه و تحلیل سلسه مراتبی[1]، روش وزن‌دهی خطی[2]، تکنیک‌های ریاضی[3]، تابع مطلوبیت و ... استفاده شده‌است زیرا تأمین‌کنندگان برنتایج مهمی چون عملکرد کل سازمان، قیمت، کیفیت و... تأثیرگذار خواهند بود

1 . Analytical hierarchy process
2. Linear weight
3 . Mathematical Programming

(کسرایی، اعتماد، ۱۳۹۵). انتخاب تامین‌کنندگان از تصمیم‌گیری‌های اساسی در یک سازمان است که اهداف متعدد و در برخی مواقع متناقضی را شامل می‌شود (غضنفری و همکاران، ۱۳۹۳). یکی دیگر از روشهای مورد استفاده جهت تعیین تامین‌کننده مناسب روش تحلیل پوششی داده‌ها[1] است که منجر به تصمیم‌گیری بهتر و دقیق‌تر خواهدشد(شاهرودی، تدریس حسنی، ۱۳۹۰). از میان روش‌های مطرح در این حوزه، تجزیه و تحلیل سلسله‌مراتبی مناسب و پرکاربردترین روش برای تصمیم‌گیری است که بر پایه یک ساختار سلسله‌مراتبی استوار بوده و با تشکیل ماتریس‌های مقایسه‌ها زوجی، به تعیین وزن شاخص‌های گوناگون پرداخته و تصمیم‌گیری می‌کند. علیرغم مزایایی که این روش نسبت به سایر روش‌های تصمیم‌گیری دارد، ولی زمانی‌که معیارها دارای وابستگی باشند این رویکرد چندان مناسب نخواهد بود و تجزیه و تحلیل پوششی داده‌ها روش مناسب دیگری است که ضمن سنجش و بررسی کارایی تصمیم‌گیری را نیز بهینه‌سازی خواهد کرد (امیری، جهانی، ۱۳۹۰). حل این مسئله هدف اصلی طراحی سیستم پیشنهاددهنده ارجاع در مقاله حاضر است. در این سیستم پیشنهاددهنده در طی سه فاز فرآیند ارجاع انجام می‌شود؛ در فاز اول براساس ویژگی‌های مهندسین ناظر استخراج شده از ادبیات موضوع، ناظران خوشه‌بندی شده و در هر خوشه نیز رتبه بندی می‌گردند. در فاز دوم پروژه‌های ساختمانی براساس موارد مطرح در مقررات ملی ساختمان امتیازدهی شده و در فاز سوم ارجاع صورت می‌پذیرد. به منظور عملی‌سازی و آزمایش سیستم پیشنهادی، سازمان نظام مهندسی ساختمان دامغان به‌عنوان مطالعه موردی انتخاب و نتایج بدست آمده با کمک خبرگان شهر اعتبارسنجی می‌گردد.

بر این اساس مقاله به قرار زیر سامان یافته است: ساختار اصلی سیستم پیشنهاددهنده ارجاع در بخش دوم بررسی شده و پیاده‌سازی آن با کمک اطلاعات مربوط به سازمان نظام مهندسی ساختمان دامغان در بخش ۳ آورده شده‌است. نتیجه‌گیری و پیشنهادات آتی نیز در بخش ۴ ارائه می‌گردد.

4. Data Envelopment Analysis

۲. سیستم پیشنهاددهنده ارجاع

در نظر گرفتن شایستگی مهندسین ناظر در ارجاع پروژه‌ها و تناسب شایستگی‌های مهندسین با ویژگی‌های پروژه می‌تواند ضامن موفقیت پروژه باشد. بر این اساس، سیستم پیشنهاددهنده ارجاع پروژه به مهندس ناظر در سه فاز اصلی به شرح ذیل طراحی شده‌است:

فاز ۱ خوشه بندی و رتبه بندی ناظرین انتخابی

این فاز در سه مرحله به شرح ذیل انجام می‌شود:

۱. تعیین ویژگی‌های کلیدی ناظران :

همان‌گونه که پیش‌تر عنوان شد، شایستگی‌های ناظران نقش کلیدی در کیفیت و ایمنی ساختمان دارد و ویژگی‌های متعددی برای مهندسین ناظر تعریف شده‌است. براساس نظر (هردیسن و همکاران، ۲۰۱۴) می‌توان مهارت‌های ناظران به دو دسته کلی تقسیم نمود: (۱) مهارت‌های سخت (مواردی است که افراد را قادر می‌سازد وظایف یک شغل را بر عهده گیرند مثل توانایی‌های عمومی ذهنی، دانش شغلی، تجربه حرفه‌ای، خبرگی و تخصص) و (۲) مهارت‌های نرم (شامل مهارت‌های اجتماعی ارتباطات و تیپ‌های مختلف شخصیتی). براساس نظر (اهن و همکاران، ۲۰۱۰) و (لینگ، تان، ۲۰۱۵) کسب شایستگی‌هایی چون رعایت اصول اخلاقی، مهارت‌های حل مسأله و مهارت‌های تکنیکی ساختمانی به همراه آموزش‌های جامع عملی و تئوریک مقررات و استانداردهای صنعت ساختمان برای مهندسین ناظر ضروری است. براساس استاندارد شایستگی‌های مهندسی حرفه‌ای استرالیا شایستگی‌ها به شش دسته اصلی رعایت اصول اخلاقی در رفتارهای فردی، اجتماعی و حرفه‌ای؛ توان برقراری ارتباط مؤثر به صورت شفاهی، کتبی در اجتماع و محیط حرفه‌ای، خلاقیت، نوآوری و عملکرد فعال؛ مدیریت اطلاعات و استفاده صحیح از دانش؛ نظم در امور شخصی و شغلی؛ و عضویت مؤثر در گروه و توانایی رهبری گروه تقسیم می‌شوند (دولت استرالیا، ۲۰۱۶). اداره تربیت و استخدام نیروی کار آمریکا شایستگی‌های مورد نیاز برای انجام کار به شکل موفقیت‌آمیز را در هرمی پنج لایه شامل (۱)شایستگی‌های مؤثر شخصیتی، (۲)شایستگی‌های آموزشی، (۳)شایستگی‌های محیط کار، انگیزه‌ها و ویژگی‌هایی مانند روابط میان فردی و خوداتکائی فرد، (۴)شایستگی‌های

تفکیکی گستره صنعت، دانش، مهارت‌ها و قابلیت‌های فردی در صنعت و (۵)شایستگی‌های تکنیکی بخش خاصی از صنعت، تعریف کرده است (انوری و همکاران، ۱۳۹۱).

به طور خلاصه ویژگی‌های زیر را می‌توان از جمله ویژگی‌های اساسی و مورد نیاز مهندسین ناظر دانست. خلاصه این ویژگی‌ها در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱: شایستگی‌های مهندس ناظر

ردیف	شایستگی‌های مهندسین ناظر	تشریح شایستگی ها
۱	ارتباط میان فردی	داشتن روابط عمومی بالا به دلیل تعامل با گروه‌های مختلف کاری، جزء ویژگی‌های ضروری یک ناظر به شمار می‌رود.
۲	تعهد و پاسخگویی	مسئولیت‌پذیری و روحیه پاسخگویی در مقابل کارفرما و سازمان ویژگی مهمی برای یک ناظر به شمار می‌رود.
۳	مهارت نقشه خوانی و تفسیر نقشه	با توجه به اینکه مهندس طراح فرد دیگری بوده و نظارت بر حسن انجام و اجرای نقشه به صورت عملی وظیفه ناظر است پس ناظر باید مهارت و دانش کافی برای دریافت و درک نقشه‌ای که طراح ارائه نموده و تفهیم آن به کارگران را داشته باشد.
۴	رعایت اصول اخلاقی	برای جلوگیری از تخلفات کارفرما، عدم گزارش ناصحیح و ... یک ناظر باید به اصول اخلاقی پایبند باشد.
۵	برآورد، بررسی و محاسبه منابع	یکی از وظایف ناظر بررسی و برآورد هزینه‌های مالی نظیر هزینه مصالح، دستمزدها و میزان روزهای کاری و ... در یک پروژه است.
۶	مهارت رهبری	رهبری تیم‌های کاری مختلف اعم از استادکاران و کارگران بنایی، تاسیسات و ... به عهده ناظر بوده و ترتیب و اولویت کارها را وی معین می‌سازد.
۷	پیگیری امور و توجه به جزئیات ضروری	پیگیری امور محوله به تیم‌های کاری وتوجه و تذکر به رعایت و پیشگیری از عدم رعایت جزئیات ضروری در مراحل ساخت از مسئولیت‌های ناظر می‌باشد.
۸	مهارت گزارش نویسی	نوشتن گزارش دقیق از بازدیدهای مرتب و دوره‌ای بدون اغماض و کوتاهی و ارائه آن به سازمان نظام مهندسی از مهارت‌های مهم مهندس ناظر است.
۹	مهارت حل مسأله و مدیریت بحران	مشکلات احتمالی که در ساختمان ایجاد می‌شود و نیز بحران‌های احتمالی ناشی از بلایای طبیعی و حوادث غیرمترقبه باید توسط منهدس ناظر مدیریت و مرتفع گردد.
۱۰	تجربه‌کاری	تعدد پروژهایی که توسط یک مهندس، نظارت شده و نیز سابقه زمانی کار ناظر از مواردیست که به شدت توسط کارفرما مورد بررسی و توجه قرار می‌گیرد.

ردیف	شایستگی‌های مهندسین ناظر	تشریح شایستگی ها
۱۱	نظم در امور(شخصی و شغلی)	نظم یک ناظر در امور شخصی و نیز تطبیق آن در محیط کاری بر پیشرفت ؛ سرعت و کیفیت پروژه تاثیر بسزایی دارد.
۱۲	آشنایی کامل با مقررات ملی و پیروی از دستورالعمل‌های طراح مطابق قوانین	طراحی توسط مهندس طراح باید براساس آئین‌نامه‌های سازمان مقررات ملی وزارت مسکن و شهرسازی انجام شده باشد و اجرای آن در ساختمان باید با نظارت دقیق مطابق همین دستورالعمل‌ها اجرا شود.
۱۳	حضور مرتب در سایت پروژه	حضور منظم ناظر در محل پروژه سبب اطلاع دقیق و پیشگیری به موقع از وقوع اشکالات و بروز خطرات می‌گردد.
۱۴	تسلط به نرم‌افزار تخصصی رشته شغلی	باتوجه به توسعه کاربرد نرم‌افزار در تمامی شاخه‌ها، ناظرین مختلف منطبق با رشته‌کاری خود لازم است به نرم‌افزارهای تخصصی خود تسلط داشته باشند.
۱۵	توانایی همکاری و کار گروهی	ساخت یک بنا یک کار گروهی بوده و طبقات مختلف شغلی در آن همکاری دارند داشتن روحیه همکاری و مدیریت کار گروهی از شایستگی‌های ناظر به حساب می‌آید.
۱۶	علاقه به شغل	انتخاب آگاهانه و مطابق علاقه شغل بی‌شک در نتایج کار و سایر شایستگی‌های ناظر اثرگذار است.
۱۷	دانش مقدماتی کامپیوتر و فناوری اطلاعات	توسعه دانش و جهانی شدن ارتباطات، ضرورت داشتن اطلاعات مقدماتی از کامپیوتر و اینترنت را ضروری می‌نماید.
۱۸	روابط حرفه‌ای	ناظرین ضمن ارتباط با کارفرما و کارگران حاضر در پروژه باید با سازمان نظام مهندسی، مهندس طراح در رشته خود و ناظرین سایر رشته‌ها تعاملات سازنده و اثربخشی داشته باشند.

۲. خوشه‌بندی[1] ناظران

خوشه‌بندی، گروه‌بندی نمونه‌ها و یا داده‌های مشابه باهم است به‌طوری‌که هرنمونه یا داده به یک خوشه نسبت داده شده و نمونه‌های داخل یک خوشه دارای شباهت ذاتی با هم بوده و کمترین شباهت را به نمونه‌های سایر خوشه‌ها داشته باشند(جین، ۲۰۱۰). به‌عبارت دیگر، مسأله اصلی خوشه‌بندی عبارت است از تقسیم داده‌ها به k خوشه مختلف، به‌طوری‌که داده‌های هر خوشه با یکدیگر مشابه و داده‌های خوشه‌های مختلف با هم نامتشابه

1 .Clustering

باشند(غضنفری و همکاران، ۱۳۹۳). روش k- میانگین[1]، یکی از پرکاربردترین روش‌های خوشه‌بندی است و از گام‌های زیر پیروی می‌کند:

گام ۱: انتخاب k نقطه دلخواه به صورت تصادفی، به‌عنوان مراکز ابتدایی خوشه‌ها.

گام۲: تخصیص هر نمونه به یک خوشه با توجه به شباهت یا نزدیکی آن به مرکز خوشه.

گام ۳: به‌روزآوری مراکز خوشه‌ها.

گام ۴: تخصیص مجدد نمونه‌ها به خوشه‌ها (گام ۲ و۳) تا هنگامی‌که هیچ تغییری در خوشه‌ها رخ ندهد.

در این مرحله ۵۰ ناظر انتخابی براساس ویژگی‌های استخراج شده، امتیازدهی و خوشه-بندی می‌شوند تا ارجاع دقیق‌تری صورت پذیرد.

۳. و رتبه‌بندی[2] مهندسین ناظر درون هرخوشه

مهندسین ناظر انتخابی، برمبنای ویژگی‌های تعریف شده با کمک الگوریتم k- میانگین خوشه‌بندی گردیده و در هر خوشه نیز با استفاده از روش اندرسون و پترسون[3] (مهرگان، ۱۳۹۱) که یکی از روش‌های تحلیل پوششی داده‌ها[4] است، رتبه بندی می‌شوند. تحلیل پوششی داده‌ها، یک تکنیک برنامه‌ریزی خطی است که برای اندازه‌گیری کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیری[5] استفاده می‌شود(میرحسنی، ۱۳۹۲). این روش، قادر است کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیرنده را براساس نسبت موزون ورودی‌ها و خروجی‌های چندگانه بدون هیچ فرضی اندازه‌گیری کند(ETA، ۲۰۱۵). در مدل‌های کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها، واحدهای تحت بررسی به دو گروه کارا و ناکارا تقسیم می‌شوند و به واحدهای کارا امتیاز کارایی ۱ تخصیص داده و سایر واحدها امتیاز کارایی کمتر از ۱ دریافت می-

1 .K-Means
2 .Ranking
3. Anderson & Peterson(AP)
4. Decision Making Units (DMUs)

کنند. در چنین شرایطی واحدهای غیرکارا با توجه به امتیاز کارایی کسب‌شده قابل رتبه-بندی هستند اما واحدهای کارا قابل رتبه‌بندی نمی‌باشند چراکه امتیاز تمامی آن‌ها برابر ۱ است (مهرگان، ۱۳۹۱). برای حل این مشکل، روش اندرسون و پترسون برای اندازه‌گیری بهره‌وری واحدهای کارا ارائه شد. در این روش کاراترین واحد معین شده و به سایر واحدهای کارا امتیازهای متفاوت و بیش از یک تخصیص می‌یابد (مهرگان، ۱۳۹۱). مدل برنامه‌ریزی خطی این روش در رابطه (۱) نمایش داده شده‌است که در طی آن به‌منظور ارزیابی کارایی واحد تصمیم‌گیری تحت ارزیابی $(\mathrm{DMU_o})$این واحد از مجموعه واحدهای تصمیم‌گیرنده حذف می‌شود(مهرگان، ۱۳۹۱):

$$\min \theta$$

$$S.T\begin{cases} \sum_{\substack{i=1 \\ j\neq o}}^{m} \lambda_j X_{ij} \le \theta X_{io} \\ \sum_{\substack{r=1 \\ j\neq o}}^{s} \lambda_j Y_{rj} \le Y_{ro} \\ \lambda_j \ge 0 \quad j=1,...,n \; j\neq o \end{cases} \qquad (1)$$

که θ میزان منابع ورودی واحد تصمیم‌گیری تحت ارزیابی $(\mathrm{DMU_o})$ بوده و برای واحد تصمیم‌گیری j ام $(\mathrm{DMU_j})$، X_{ij} نشان دهنده i امین ورودی و Y_{rj} نشان دهنده r امین خروجی بوده و λ_j بردار ضرائب خروجی‌ها و ورودی‌ها هستند.

فاز۲ امتیازدهی و رتبه‌بندی پروژه‌ها:

پس از طی فاز ۱ و بدست آوردن دو خوشه از مهندسین و انجام رتبه‌بندی درون خوشه‌ای، باید اهمیت پروژه‌ها را نیز در شرایط ارجاع پروژه به مهندسین ناظر مشخص نمود. این امر طی مراحل زیر انجام می‌شود:

۱. شناسایی و امتیازدهی به معیارهای رتبه‌بندی پروژه‌ها

معیارهای رتبه‌بندی پروژه‌ها براساس شرایط کشور و مقررات ملی ساختمان شامل مساحت، ارتفاع ساختمان در مقیاس شهری محله، ناحیه، منطقه و شهری تعیین گردید. هریک از این معیارها تقسیمات متفاوتی دارند که با استفاده از نظر خبرگان می‌توان امتیاز پروژه‌ها را براساس این معیارها استخراج نمود.

۲. تعیین حدود آستانه ارجاع پروژه با استفاده از روش مجموع ساده وزنی

همانگونه که عنوان شد، خروجی فاز ۱خوشه‌بندی مهندسین ناظر است اما سوالی که وجود دارد آن است که پروژه‌های ساختمانی ثبت شده در سازمان نظام مهندسی چگونه باید به خوشه‌های مهندسین اختصاص یابند؟. لذا در فاز دوم و در مرحله ۱ امتیاز پروژه‌ها برمبنای شاخص‌های موجود در مقررات ملی تعیین گردیده و در این مرحله با استفاده از روش تصمیم‌گیری مجموع ساده وزنی به تعیین حدود تخصیص پروژه به هر خوشه پرداخته می‌شود. این روش یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه است که با در دست داشتن ماتریس تصمیم m گزینه و n شاخص $\left(D_{m\times n}\right)$ و محاسبه وزن شاخص‌ها $\left(w_j\right)$ امتیاز و رتبه گزینه‌های موجود ارائه می‌شود. گام‌های این روش به شرح زیر است (غضنفری و همکاران، ۱۳۹۳):

گام ۱. بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم

مقیاس اندازه‌گیری شاخص‌های کمی مختلف با یکدیگر متفاوت هستند (مانند هزینه به ریال در مقابل مساحت به مترمربع) و به این دلیل قبل از بی‌مقیاس‌سازی یا یکسان‌سازی مقیاس‌ها انجام عملیات ریاضی مجاز نیست. لذا در گام ۱ ماتریس تصمیم باید بی‌مقیاس گردد (بزازی، ۱۳۹۶). در مسأله این مقاله، جدول ۵ حاوی اطلاعات امتیاز پروژه‌های ساختمانی برمبنای معیارهای تعیین شده در مقررات ملی ساختمان بوده و ماتریس تصمیم مسأله است و از آن‌جاکه ماتریس تصمیم مسأله، برمبنای شاخص‌هایی از یک نوع (مقیاس شهری) مقایسه و ارزیابی شده‌اند، بی‌مقیاس‌سازی این ماتریس ضرورتی ندارد.

گام ۲. محاسبه ماتریس بی‌مقیاس وزنی:

چنانچه وزن شاخص‌ها از قبل معین باشد، از ضرب وزن هر شاخص، در ستون زیرآن شاخص، ماتریس بی‌مقیاس وزنی حاصل می‌شود. اما اگر وزن شاخص‌ها معین نباشد،

به‌منظور مشخص نمودن اهمیت نسبی شاخص‌ها نسبت به یکدیگر از روش آنتروپی شانون[1] استفاده می‌گردد. اصول کلی این روش براین اصل استوار است که هرچه پراکندگی در مقادیر یک شاخص بیشتر باشد آن شاخص از اهمیت بیشتری برخوردار خواهد بود [27]. براین اساس w_t (وزن شاخص‌ها) بر اساس رابطه (۲) محاسبه می‌شود(غضنفری و همکاران، ۱۳۹۳).

$$w_t = \frac{d_t}{\sum d_t} \ \forall t \qquad (۲)$$

مقدار d_t عدم اطمینان یا درجه انحراف را برای شاخص tام بیان می‌کند و از آنجاکه روش آنتروپی بیشترین وزن را به شاخص با بیشترین درجه انحراف می‌دهد، لذا d_t از رابطه (۳) بدست می‌آید:

$$d_t = 1 + E_t \ \forall t \qquad (۳)$$

که در آن E_t مقدار آنتروپی شاخص tام است و مطابق رابطه (۴) محاسبه می‌شود.

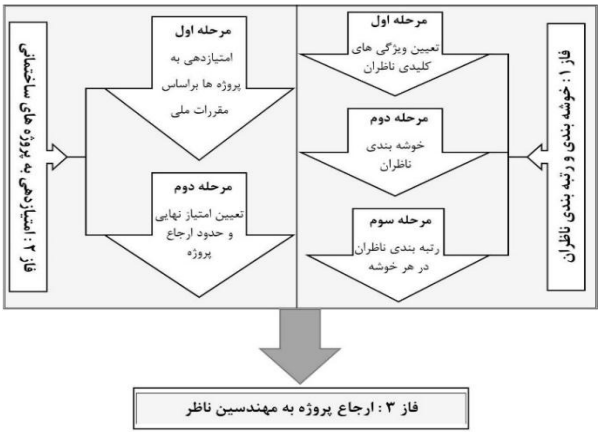
$$E_t = \frac{1}{\ln(m)} \sum_{r=1}^{m} N_{rt} \ln\left(N_{rt}\right) \ \forall t \qquad (۴)$$

که در آن N_{rt} امتیاز گزینه rام برمبنای شاخص tام را در ماتریس بی‌مقیاس تصمیم، نشان می‌دهد و m تعداد گزینه‌های موجود در مسأله است.

فاز ۳ ارجاع پروژه

فاز نهایی با در نظر گرفتن شایستگی‌های مهندسین ناظر و رتبه‌بندی آن‌ها (خروجی فاز ۱) و امتیاز پروژه‌ها (خروجی فاز ۲) سیستمی جهت ارجاع پیشنهاد می‌دهد. مراحل فوق در شکل ۱ نمایش داده شده‌اند.

1 Shannon Entropy



شکل ۱: مراحل سیستم پیشنهادی

۳. پیاده‌سازی سیستم پیشنهاددهنده ارجاع

برای پیاده‌سازی سیستم طراحی شده از اطلاعات مربوط به سازمان نظام مهندسی ساختمان شهر دامغان استفاده شده‌است. این سازمان دارای جمعیتی نزدیک به ۲۵۰ عضو دارای پروانه اشتغال به‌کار است که حدود نیمی از این افراد در حوزه نظارت مشغول به فعالیت هستند. در ادامه فازهای طراحی شده در بخش قبل به صورت تفصیلی بیان خواهند شد.

فاز ۱: خوشه‌بندی و رتبه‌بندی مهندسین ناظر

مرحله ۱. تعیین ویژگی‌های کلیدی ناظران

به‌منظور تطبیق ویژگی‌های مطرح شده در جدول ۱، با شرایط مهندسین ناظر در صنعت ساختمان کشور، ۲۰ نفر از اعضای نظام مهندسی شهر دامغان که تجربه کاری بیش از ۲۰ سال را دارند انتخاب شده و پرسشنامه‌ای شامل ویژگی‌های گردآوری شده در جدول ۱، دراختیار آنان قرار داده شد. براساس نظرات دریافت شده، ویژگی‌های (۱)ارتباط میان-فردی، (۲)تعهد و پاسخگویی، (۳)پیگیری امور و توجه به جزئیات ضروری، (۴)تجربه کاری، (۵)مهارت نقشه‌خوانی و تفسیر نقشه، (۶)حضور مرتب در سایت پروژه، (۷)مهارت گزارش‌نویسی و (۸) برآورد، بررسی و محاسبه منابع نسبت به سایر ویژگی‌ها امتیازی بالاتری را کسب نمودند. لذا این ویژگی‌ها به‌عنوان ویژگی‌های کلیدی برای سنجش مهندسین ناظر انتخاب شدند.

مرحله۲. خوشه‌بندی ناظران

به‌منظور خوشه‌بندی مهندسین ناظر، ۵۰ نفر از مهندسین شاغل در سازمان نظام مهندسی دامغان به صورت تصادفی از جامعه مهندسین ناظر این شهر انتخاب شده و از سه تن از خبرگان این سازمان شامل رئیس سازمان نظام مهندسی دامغان، نائب رئیس هیأت‌مدیره استان و ناظر عالیه نمایندگی دامغان خواسته شد تا بر اساس ویژگی‌های ۸گانه معرفی شده در مرحله نخست به این افراد امتیاز دهند. در ادامه با به‌کارگیری روش k- میانگین، مهندسین ناظر به دو خوشه دسته‌بندی شدند: خوشه ۱ شامل ۲۳ نفر از مهندسینی بود که در تمامی ویژگی‌ها امتیازات بالاتری کسب نموده و خوشه۲ نیز ۲۷ نفر از مهندسین با امتیازات پایین‌تر را دربرداشت. صحت این خوشه‌بندی با کمک شاخص‌های سیلوئت[1] و کالینسکی-هاراباسز[2] (هندل و نالس، ۲۰۰۶) و نیز نظرات خبرگان تایید شد.

مرحله۳. رتبه‌بندی مهندسین ناظر درون هرخوشه

پس از خوشه‌بندی ناظران به دو خوشه در این مرحله رتبه‌بندی درون‌خوشه‌ای انجام خواهدشد تا رتبه ناظران در هر خوشه مشخص گردد. بدین ترتیب به‌هنگام ارجاع، پروژه-های مهم درون هر خوشه در اختیار افراد کارآمدتر و پروژه‌های با امتیاز کمتر به افراد با رتبه پائین‌تر تعلق می‌گیرد. به‌عبارت دیگر، صفی مبتنی بر رتبه کارایی افراد تشکیل شده و حق تقدم شایسته‌ای برای ناظران ایجاد گردد.

با استفاده از فرمول (۱)، و با در نظر گرفتن مهندسین به‌عنوان واحدهای تصمیم‌گیری به رتبه‌بندی مهندسین در هر خوشه پرداخته و صف مرتب و عادلانه‌ای برمبنای شایستگی‌های تعریف شده در مراحل قبل از مهندسین ناظر بدست آمد. با استفاده از رتبه‌بندی حاصل، به-هنگام ارجاع پروژه در هر خوشه پروژه‌های با اهمیت بیشتر به افراد با رتبه‌های بالاتر و پروژه‌های با اهمیت کمتر به افراد با رتبه‌های پایین‌تر اختصاص می‌یابد. نتایج حاصل از رتبه‌بندی درون هر خوشه به تأیید خبرگان رسید.

1 Silhouette
2 Calinski-Harabasz

فاز۲: رتبه‌بندی پروژه‌ها

در این فاز اهمیت پروژه‌ها جهت ارجاع پروژه به مهندسین ناظر مشخص می‌شود تا بتوان این پروژه‌ها را به خوشه‌های مرتبط و مهندسین حائز صلاحیت برای نظارت تخصیص داد. این امر در ۲ مرحله به‌شرح ذیل انجام می‌شود:

مرحله ۱. شناسایی و امتیازدهی به پروژه‌ها

براساس مقررات ملی ساختمان، معیارهای گروه‌بندی ساختمان به سه دسته مساحت، ارتفاع و مقیاس شهری تقسیم می‌شود به‌طوری‌که هرچه مساحت و ارتفاع یک بنا بیشتر باشد، اهمیت پروژه افزایش می‌یابد. همچنین در مقیاس شهری با حرکت از محله به سمت شهر، پروژه با اهمیت‌تر قلمداد خواهد شد. لذا مطابق با مبحث چهارم مقررات ملی ساختمان سه معیار زیر را می‌توان برای رتبه‌بندی پروژه‌ها تعریف نمود (خدادادی و ۱۳۹۵):

- مساحت بنا در ۴ زیرگروه: (۱) تا ۶۰۰ مترمربع، (۲) از ۶۰۱ تا ۲۰۰۰مترمربع، (۳) از ۲۰۰۱ تا ۵۰۰۰ مترمربع و (۴) بالای ۵۰۰۰ مترمربع.
- ارتفاع بنا در ۷ زیرگروه: (۱) ۱تا۲ طبقه، (۲) ۳ تا ۵ طبقه، (۳) ۶ و۷ طبقه، (۴) ۸ تا ۱۰ طبقه، (۵) ۱۱و ۱۲ طبقه، (۶) ۱۳ تا ۱۵ طبقه، (۷) بیش از ۱۵ طبقه.
- مقیاس شهری در ۴ زیرگروه: (۱) محله، (۲) ناحیه، (۳) منطقه و (۴) شهر.

به منظور تعیین اهمیت معیارهای فوق در امتیازدهی به پروژه‌ها از ۳ تن از خبرگان این حوزه شامل رئیس نظام مهندسی دامغان، ناظر عالیه سازمان و مسؤول گروه کنترل سازمان، خواسته شد به هریک از معیارهای فوق امتیازدهی نمایند. نتایج بدست آمده در جداول ۲ تا ۴ گزارش شده‌است. در این جداول، امتیاز ۱-۰ نشان از اهمیت خیلی کم، ۳-۱ اهمیت کم، ۵-۳ اهمیت متوسط، ۷-۵ اهمیت زیاد و ۹-۷ اهمیت خیلی زیاد دارند.

جدول ۲: اهمیت معیار مساحت در امتیازدهی به پروژه ها

معیار مساحت	تا ۶۰۰متر مربع	از ۶۰۱ تا ۲۰۰۰ مترمربع	مترمربع از ۲۰۰۱ تا ۵۰۰۰	بیش از ۵۰۰۰ مترمربع
امتیاز	۳	۵	۷	۹

جدول ۳: اهمیت معیار تعداد طبقات در امتیازدهی به پروژه ها

معیار تعداد طبقات	۱تا۲ طبقه	۳تا۵ طبقه	۶و ۷ طبقه	۸تا۱۰ طبقه	۱۱تا ۱۳ طبقه	۱۴ و ۱۵ طبقه	۱۶ طبقه و بیشتر
امتیاز	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹

جدول ٤: اهمیت معیار تقسیمات شهری در امتیازدهی به پروژه ها

معیار تقسیمات شهری	محله (برزن)	ناحیه	منطقه	شهر
امتیاز	۳	۵	۷	۹

علاوه بر موارد فوق، شاخصی به نام ضریب لاغری در طراحی و محاسبات سازه یک ساختمان جهت مقاوم‌سازی و ایمنی آن در برابر حوادثی چون زلزله و حریق درنظر گرفته می‌شود که طی آن بین مساحت و ارتفاع ساختمان محدودیت‌هایی در نظر گرفته می‌شود (ساختمان، ۱۳۸۹) و (طاحونی، ۱۳۹۳). به‌عنوان مثال، در حالت متعارف، ساختمانی با حداکثر ۶۰۰ مترمربع مساحت نمی‌تواند ارتفاعی بیش از ۵ طبقه داشته باشد و یا ارتفاع ساختمانی با ۲۰۰۰ مترمربع مساحت نباید از ۱۰طبقه تجاوز کند. بنابراین با در نظرگرفتن شاخص ضریب لاغری، پروژه‌های ساختمانی را برمبنای معیارهای تعیین شده می‌توان به چهار گروه زیر تقسیم نمود:

- گروه اول: پروژه‌های ساختمانی با مساحت حداکثر ۶۰۰ مترمربع و حداکثر ۵ طبقه در مقیاس‌های مختلف شهری (محله، ناحیه، منطقه و شهر).
- گروه دوم: پروژه‌های ساختمانی با مساحت حداکثر ۲۰۰۰ مترمربع و حداکثر ۱۰ طبقه در مقیاس‌های مختلف شهری (محله، ناحیه، منطقه و شهر).

- گروه سوم: پروژه‌های ساختمانی با مساحت حداکثر ۵۰۰۰ مترمربع و حداکثر ۱۵ طبقه در مقیاس‌های مختلف شهری (محله، ناحیه، منطقه و شهر).

- گروه چهارم: پروژه‌های ساختمانی با مساحت بیش از ۵۰۰۰ مترمربع و ارتفاع از ۱ تا بیش از ۱۶ طبقه در مقیاس‌های مختلف شهری (محله، ناحیه، منطقه و شهر).

در هریک از گروه‌های فوق می‌توان با درنظر گرفتن امتیازات مطرح شده توسط خبرگان (جداول ۱ تا ۳) به یک امتیاز نهایی رسید. این امتیازها که از حاصل‌ضرب امتیاز هریک از معیارها بدست می‌آیند در جدول ۵ گزارش شده‌اند.

جدول ۵: امتیاز پروژه‌های ساختمانی بر مبنای معیارهای تعیین شده

گروه	معیارهای دسته بندی			امتیاز
	مساحت	ارتفاع ساختمان	مقیاس شهری	
۱	تا ۶۰۰ مترمربع (امتیاز : ۳)	۱ و ۲ طبقه (امتیاز : ۳)	محله (امتیاز : ۳)	۲۷=۳×۳×۳
			ناحیه (امتیاز : ۵)	۴۵=۳×۳×۵
			منطقه (امتیاز : ۷)	۶۳=۳×۳×۷
			شهر (امتیاز : ۹)	۸۱=۳×۳×۹
		۳ تا ۵ طبقه (امتیاز : ۴)	محله (امتیاز: ۳)	۳۶=۳×۴×۳
			ناحیه (امتیاز : ۵)	۶۰=۳×۴×۵
			منطقه (امتیاز : ۷)	۸۴=۳×۴×۷
			شهر (امتیاز : ۹)	۱۰۸=۳×۴×۹
۲	۶۰۱ تا ۲۰۰۰ مترمربع (امتیاز : ۵)	۱ و ۲ طبقه (امتیاز : ۳)	محله (امتیاز: ۳)	۴۵=۵×۳×۳
			ناحیه (امتیاز : ۵)	۱۰۸=۵×۳×۵
			منطقه (امتیاز : ۷)	۱۰۸=۵×۳×۷
			شهر (امتیاز : ۹)	۱۰۸=۵×۳×۹
		⋮	⋮	⋮
		۸ تا ۱۰ طبقه (امتیاز : ۶)	محله (امتیاز: ۳)	۹۰=۵×۶×۳
			ناحیه (امتیاز : ۵)	۱۵۰=۵×۶×۵
			منطقه (امتیاز : ۷)	۲۱۰=۵×۶×۷
			شهر (امتیاز : ۹)	۲۷۰=۵×۶×۹

جدول ۵: امتیاز پروژه‌های ساختمانی بر مبنای معیارهای تعیین شده (ادامه)

گروه	معیارهای دسته بندی			امتیاز
	مساحت	ارتفاع ساختمان	مقیاس شهری	
۳	۲۰۰۱ تا ۵۰۰۰ مترمربع (امتیاز : ۷)	۱ و ۲ طبقه (امتیاز : ۳)	محله (امتیاز: ۳)	۶۳=۷×۳×۳
			ناحیه (امتیاز : ۵)	۱۰۵=۷×۳×۵
			منطقه (امتیاز : ۷)	۱۴۷=۷×۳×۷
			شهر (امتیاز : ۹)	۱۸۹=۷×۳×۹
		⋮	⋮	⋮
		۱۳ تا ۱۵ طبقه (امتیاز : ۸)	محله (امتیاز: ۳)	۱۶۸=۷×۸×۳
			ناحیه (امتیاز : ۵)	۲۸۰=۷×۸×۵
			منطقه (امتیاز : ۷)	۳۹۲=۷×۸×۷
			شهر (امتیاز : ۹)	۵۰۴=۷×۸×۹
۴	بیش از ۵۰۰۰ مترمربع (امتیاز : ۹)	۱ و ۲ طبقه (امتیاز : ۳)	محله (امتیاز: ۳)	۸۱=۹×۳×۳
			ناحیه (امتیاز : ۵)	۱۳۵=۹×۳×۵
			منطقه (امتیاز : ۷)	۱۸۹=۹×۳×۷
			شهر (امتیاز : ۹)	۲۴۳=۹×۳×۹
		⋮	⋮	⋮
		بیش از ۱۵ طبقه (امتیاز : ۹)	محله (امتیاز: ۳)	۲۴۳=۹×۹×۳
			ناحیه (امتیاز : ۵)	۴۰۵=۹×۹×۵
			منطقه (امتیاز : ۷)	۵۶۷=۹×۹×۷
			شهر (امتیاز : ۹)	۷۲۹=۹×۹×۹

در ادامه و به‌جهت سهولت در محاسبات برای هر یک از چهار گروه مذکور، با شاخص قراردادن مقیاس‌های شهری که نقش مهمی در تعیین امتیاز پروژه دارند، میانگین امتیاز نهایی پروژه‌ها محاسبه می‌شود. این نتایج در جدول ۶ آمده است.

جدول ٦: میانگین امتیاز گروه‌های ساختمانی بر مبنای شاخص‌های مقیاس شهری

گروه	میانگین امتیاز محله	میانگین امتیاز ناحیه	میانگین امتیاز منطقه	میانگین امتیاز شهر
۱	۳۱٫۵	۵۲٫۵	۷۳٫۵	۹۴٫۵
۲	۶۷٫۵	۱۱۲٫۵	۱۵۷٫۵	۲۰۲٫۵
۳	۱۱۵٫۵	۱۹۲٫۵	۲۶۹٫۵	۳۴۶٫۵
۴	۱۶۲	۲۷۰	۳۷۸	۴۸۶

مرحله ۲. تعیین حدود آستانه ارجاع پروژه

در این مقاله گروه‌های ساختمانی گزینه‌های مسأله محسوب می‌شوند $(m=4)$. لذا به ازای $t=1,...,4$ و $n=1,...$ مقادیر E_t و d_t به‌صورت گزارش شده در جدول۷ خواهند بود.

جدول ۷: مقدار آنتروپی و عدم اطمینان شاخص ها

شاخص	محله	ناحیه	منطقه	شهر
E_t	1271	2350	3502	4707
d_t	1272	2351	3503	4708

با استفاده از رابطه (۲) مقادیر وزن شاخص‌ها (w_t) به‌صورت جدول ۸ خواهد بود.

جدول ۸: وزن شاخص ها

شاخص	محله	ناحیه	منطقه	شهر
w_t	۰,۱	۰,۲	۰,۳	۰,۴

همچنین اگر تصمیم‌گیرنده از قبل اوزان خاصی (μ_t) را برای شاخص‌ها در نظر گرفته باشد وزن تعدیل‌شده (w'_t) را برای هر شاخص براساس رابطه (۵) می‌توان محاسبه نمود:

$$w'_t = \frac{\mu_t d_t}{\sum \mu_t d_t} \quad \forall t \qquad (۵)$$

براساس مستندات سازمان نظام مهندسی دامغان، در طی چندسال گذشته، حجم کار در گروه‌های ساختمانی برمبنای شاخص‌های مقیاس شهری، به صورت جدول ۹ گزارش شده‌است که از آن می‌توان به‌عنوان وزن تعیین شده توسط تصمیم‌گیرنده برای شاخص‌ها $(\mu_t, t=1,...,4)$ استفاده کرد.

جدول ۹: حجم کار در گروه‌های ساختمانی سازمان نظام مهندسی دامغان

شاخص	محله	ناحیه	منطقه	شهر
μ_t	۰,۷	۰,۱۵	۰,۱	۰,۰۵

براین اساس مقادیر وزن تعدیل شده (w'_t) برای شاخص‌ها به‌صورت جدول ۱۰ خواهد بود:

جدول ۱۰: وزن تعدیل شده شاخص ها

شاخص	محله	ناحیه	منطقه	شهر
w'_t	۰,۵	۰,۲	۰,۲	۰,۱

با ضرب وزن‌های تعدیل شده (w'_t)در ستون زیر هر شاخص از جدول ۵ (ماتریس بی‌مقیاس)، ماتریس بی‌مقیاس وزنی مطابق جدول ۱۱ بدست می‌آید.

جدول ۱۱٦: ماتریس بی مقیاس وزنی

گروه	میانگین امتیاز برزن	میانگین امتیاز ناحیه	میانگین امتیاز منطقه	میانگین امتیاز شهر
۱	۱۵,۷۵	۱۰,۵	۱۴,۷	۹,۴۵
۲	۳۳,۷۵	۲۲,۵	۳۱,۵	۲۰,۲۵
۳	۵۷,۷۵	۳۸,۵	۵۳,۹	۳۴,۶۵
۴	۸۱	۵۴	۷۶	۴۸,۶

گام ۳. محاسبه امتیاز نهایی پروژه: در این گام براساس رابطه (۶) امتیاز نهایی پروژه به‌صورت مجموع اعداد هر سطر از جدول ۱۱، محاسبه می‌گردد.

$$A_i = \sum_{t=1}^{4} v_{it} \quad i = 1,...,4 \qquad (۶)$$

که v_{it} ارزش پروژه گروه iام برمبنای شاخص tام در ماتریس بی‌مقیاس وزنی (جدول ۱۰) است.

امتیازات نهایی پروژه‌ها در جدول ۱۲ نمایش داده شده‌است که می‌توان آن را حدود آستانه ارجاع نیز فرض نمود.

جدول ۱۲: امتیاز نهایی پروژه

گروه پروژه ساختمانی	امتیاز نهایی
۱	۵۰,۴
۲	۱۰۸
۳	۱۸۴
۴	۲۵۹,۲

فاز ۳: ارجاع پروژه به مهندسین ناظر

فاز ۱ سیستم ارجاع پیشنهادی شامل خوشه‌بندی مهندسین ناظر براساس شایستگی‌های استخراج شده و رتبه‌بندی آنان در هر خوشه و فاز ۲ نیز شامل امتیازدهی و رتبه‌بندی پروژه‌ها براساس شاخص‌های مقررات ملی ساختمان بود. در این فاز سیستم ارجاع پیشنهادی برمبنای نتایج دو فاز قبل ارائه می‌گردد. به بیانی دیگر، در سیستم پیشنهاددهنده ارجاع طراحی شده پس از خوشه‌بندی و رتبه‌بندی مهندسین ناظر و امتیازدهی پروژه‌های دردست و محاسبه حد آستانه ارجاع، فرآیند تخصیص انجام می‌شود که در طی آن پروژه-های با امتیاز بیشتر به مهندسین با امتیازات بالاتر تخصیص می‌یابد.

به منظور پیاده‌سازی سیستم فوق، مهندسین ناظر شاغل در سازمان نظام مهندسی دامغان، در طی فاز نخست به دو خوشه تقسیم شدند: خوشه ۱ شامل مهندسین با امتیازات شایستگی بالاتر و خوشه ۲ شامل مهندسین با امتیازات پایین‌تر. در فاز دوم و با استفاده از جدول ۴ پروژه‌های موجود در سازمان رتبه‌بندی شده و حدود آستانه نیز محاسبه شد. در فاز سوم، نتایج جدول ۱۲ به‌عنوان حد آستانه ارجاع درنظر گرفته شده و پروژه‌های با امتیاز کمتر از حد آستانه در هرگروه از پروژه‌ها، به خوشه ۲ مهندسین ناظر، و پروژه‌های با امتیاز بالاتراز حد آستانه در هرگروه از پروژه‌ها، به مهندسین ناظر خوشه ۱ تخصیص می‌یابد.

به‌عنوان مثال پروژه‌ای با مشخصات ساختمان مسکونی در مقیاس محله، دارای ۴۵۰ مترمربع مساحت زیربنا و در سه طبقه، مطابق جدول ۵، جزء گروه اول پروژه‌های ساختمانی بوده و امتیاز آن، برابر ۳۶ است. از آنجا که حد آستانه ارجاع این گروه طبق جدول ۱۲، برابر ۵۰,۴ است $(36 \leq 50.4)$، امتیاز پروژه کمتر از حد آستانه بوده و بنابراین این پروژه

باید به مهندسین ناظر خوشه ۲ ارجاع داده شود. یا در مثالی دیگر، در صورتی‌که پروژه مدنظر، ساختمان درمانگاهی در مقیاس ناحیه با ۱۸۰۰ مترمربع مساحت زیربنا و در شش طبقه باشد، در گروه دوم پروژه‌های ساختمانی بوده و براساس جدول ۴، امتیازی برابر ۱۲۵ کسب می‌کند. از آنجا که براساس جدول ۱۲، این امتیاز از حد آستانه مربوط به این گروه (۱۰۸) بیشتر است، پروژه مورد نظر باید به مهندسین ناظر خوشه ۱ ارجاع داده شود.

گام بعدی در ارجاع تخصیص پروژه به مهندسین ناظر بر اساس رتبه درون خوشه‌ای است. بدین ترتیب که هرچه امتیاز پروژه بیشتر (درجه اهمیت پروژه بالاتر) باشد به مهندسین ناظر با رتبه‌های بالاتر تعلق گیرد و بالعکس. گزارش مربوط به ارجاع ۱۰ مورد از پروژه‌های ساختمانی از گروه‌های مختلف و در مقیاس‌های شهری متفاوت در جدول ۱۳ آمده است.

جدول ۱۳: نمونه ارجاع پروژه براساس سیستم پیشنهادی

ردیف	مشخصات پروژه			گروه پروژه	امتیاز پروژه	حد آستانه ارجاع	خوشه	رتبه ناظر پیشنهادی
	مساحت (مترمربع)	تعداد طبقات (متر)	مقیاس شهری					
۱	۸۰۰۰	۲۰	ناحیه	۴	۴۰۵	۲۵۹,۲	۱	۱
۲	۴۸۰۰	۱۴	منطقه	۳	۳۹۲	۱۸۴,۸	۱	۲
۳	۳۵۰۰	۱۲	ناحیه	۳	۲۴۵	۱۸۴,۸	۱	۵
۴	۱۸۵۰	۱۰	منطقه	۲	۲۱۰	۱۰۸	۱	۹
۵	۲۵۰۰	۷	ناحیه	۳	۱۷۵	۱۸۴,۸	۲	۱
۶	۵۵۰۰	۱۰	محله	۴	۱۶۲	۲۵۹,۲	۲	۲
۷	۱۶۰۰	۷	ناحیه	۲	۱۲۵	۱۰۸	۱	۱۵
۸	۱۲۰۰	۵	محله	۲	۶۰	۱۰۸	۲	۱۶
۹	۵۶۰	۴	ناحیه	۱	۶۰	۵۰,۴	۱	۱۸
۱۰	۴۵۰	۲	محله	۱	۲۷	۵۰,۴	۲	۲۲

این لیست شامل ۱۰ پروژه که در زمانی کمتر از ۵ ساعت کاری در سازمان نظام مهندسی ثبت می‌گردد. لازم به ذکر است به منظور رعایت شایستگی‌ها و عدم ارجاع پروژه

مهم به ناظری با صلاحیت کمتر و بالعکس، پروژه‌های ارجاعی به ترتیب رتبه‌ها به مهندسین ارجاع داده نمی‌شود. به‌عنوان مثال پروژه ردیف ۱۰، امتیازی برابر ۲۷ گرفته که نسبت به حد آستانه (۵۰,۴) امتیاز بسیار پایینی است ضمن اینکه در مقیاس محله بوده و از حساسیت پایین‌تری هم برخوردار است، بنابراین بهتر است به یک ناظر رتبه پایین‌تر تعلق بگیرد مثلا ناظر رتبه ۲۲ از خوشه ۲ . در این شرایط رتبه‌های برتر در انتظار دریافت پروژه مهم‌تر قرار می‌گیرند. از آنجاکه محدودیت قانونی ارجاع حداکثر ۸ کار نظارت به یک ناظر در سازمان وجود دارد، اگر قرار بود به محض ورود پروژه، ارجاع آن به ترتیب رتبه-های مهندسین از بالا به پایین صورت بگیرد اغلب این اتفاق رخ می‌داد که ظرفیت ناظر رتبه بالاتر با یک پروژه کم اهمیت اشغال شده و پروژه‌های با امتیاز بالاتر در خوشه مربوطه، نصیب رتبه‌های پایین‌تر گردد. بنابراین سیستم پیشنهادی در ارجاع کار به ناظرین هم امتیاز پروژه و هم رتبه ناظر را مورد توجه قرار می‌دهد و بدین لحاظ از عدالت نسبی بالایی برخوردار می‌باشد.

به منظور اعتبارسنجی سیستم پیشنهادی، نتایج بدست آمده از ترتیب ارجاع پروژه‌ها در اختیار چهار نفر از خبرگان سازمان نظام مهندسی دامغان شامل رئیس سازمان، ناظر عالیه و دو نفر از اعضای هیأت اجرایی قرار گرفت. مطابق نظر این خبرگان، نتایج ارجاع از صحت ۸۷٪ برخوردار بود که موید اعتبار بسیار خوب عملکرد سیستم پیشنهادی است. همچنین نسبت تعداد پروژه‌های تخصیص یافته به خوشه ۱ مهندسین ناظر به پروژه‌های خوشه ۲ برابر۶۰٪ به ۴۰٪ بود که نشان از دقت ارجاع انجام شده دارد. همچنین چنین نسبتی از ارجاع سبب خواهد شد تا مهندسین ناظر خوشه ۲ برای رسیدن و عضویت در خوشه ۱ تلاش نموده و عملکرد و شایستگی‌های خود را ارتقا دهند.

٤. نتیجه‌گیری و پیشنهادهای آتی

تعیین شایستگی‌های مهندسین ناظر از جمله موارد کلیدی در کیفیت اجرای پروژه‌های ساختمانی است که در ادبیات بدان پرداخته شده و قوانین متعددی نیز درباره آن وضع شده‌است. با این‌حال در کشور و در زمان ارجاع پروژه به مهندسین ناظر، کمتر به ویژگی-های این افراد و اهمیت پروژه‌ها پرداخته شده‌است. در این مقاله تلاش شد تا با ارائه سیستم

پیشنهاد دهنده ارجاع پروژه به ویژگی‌های مهندسین ناظر و اهمیت پروژه‌ها به طور هم‌زمان توجه گردد و به منظور پیاده‌سازی آن از اطلاعات مربوط به سازمان نظام مهندسی ساختمان شهر دامغان استفاده شد. سیستم پیشنهادی از ۳ فاز تشکیل شده‌است؛ در فاز اول، ویژگی-های مهندسین ناظر با توجه به موارد مطرح شده در ادبیات در سه دسته فردی، عمومی و حرفه‌ای تقسیم شده و ویژگی‌های کلیدی مهندسین شهر دامغان با کمک خبرگان سازمان امتیازدهی شدند. در مرحله بعد مهندسین ناظر با استفاده از روش k- میانگین خوشه‌بندی و سپس به کمک روش اندرسون و پترسون درون خوشه مربوطه رتبه‌بندی گردیدند. درفاز دوم، معیارهای گروه‌بندی پروژه‌های ساختمانی براساس قوانین مقررات ملی ساختمان استخراج شده و پس از تعیین امتیاز این شاخص‌ها توسط خبرگان، امتیاز پروژه‌ها برمبنای شاخص‌های تعیین‌شده در هر گروه محاسبه گردید. سپس با به‌کار گرفتن روش مجموع ساده وزنی، امتیاز نهایی پروژه‌ها در چهار گروه برمبنای شاخص مقیاس شهری شامل محله، ناحیه، منطقه و شهر محاسبه شد که از آن به‌عنوان حد آستانه جهت ارجاع پروژه به ناظرین خوشه ۱ و ۲ استفاده گردید. در فاز سوم، باتوجه به حدود آستانه تعیین شده در فاز دوم و امتیازات هر پروژه، سیستم پیشنهادی ارائه شد که در طی آن پروژه‌هایی با امتیاز کمتر از حد آستانه به خوشه ۲ مهندسین ناظر و پروژه‌های با امتیاز بالاتر از حد آستانه به خوشه ۱ مهندسین ناظر ارجاع داده شدند. ارجاع پیشنهادی با کمک خبرگان اعتبارسنجی شد و نتایج نشان داد که با صحتی برابر ۸۷٪، ارجاع عادلانه‌تر و شایسته‌سالارتری صورت گرفته است.

به منظور بهره‌مندی از ارجاعی عادلانه‌تر پیشنهاد می‌شود تا در تحقیقات آتی بر ویژگی‌های شخصیتی و حرفه‌ای مهندسین ناظر براساس بافت منطقه مورد بررسی تحقیقات بیشتری صورت پذیرد. همچنین تشکیل پروفایل شخصی برای مهندسین، ایجاد سیستم نظرسنجی و ثبت نظر مشتریان، طراحی و پیاده سازی سیستم‌های انگیزشی متناسب و طراحی و توسعه سیستم جزایی مناسب نیز می‌توانند مقدمات ارجاع عادلانه‌تر را فراهم آورند.

منابع

۱- یقینی، شهریار. (۱۳۹۵) ارتقاء صنعت ساختمان و ضرورت ترویج آموزش‌های فنی و حرفه‌ای. انجمن مفاخر معماری ایران (فناوری‌های نوین ساختمانی).

۲- پژوهنده، پیمان (۱۳۹۶). صنعت ساختمان می‌تواند اقتصاد کشور را از رکود خارج کند. /http://www.isna.ir/news/93052110697

۳- نیک هوش، کیانوش (۱۳۹۶/۰۳/۳۱). فاصله صنعت ساختمان ایران با ساخت و ساز جهانی. http://samair.ir/fa/news/29006

۴- جلالت، ص.، یزدانی، م.، جلالت، ا.، (۱۳۹۵). مروری بر اثرات بیماری زایی استفاده غیر اصولی از سنگ‌های گرانیتی و کانی کوارتز. کنفرانس منطقه ای آسیب شناسی چالش‌های حوزه معدن - محیط زیست.

۵- عمادزاده، د.م.، رحمان‌خوش‌اخلاق، د. و صادقی، م. (۱۳۹۵). نقش سرمایه انسانی در رشد اقتصادی. مجله برنامه و بودجه. ۵، ۳-۲۵.

۶- برقندان، ا.، برقندان، ک.، کرانی، س.س، و پازند، م. (۱۳۸۹). اثر سرمایه انسانی بر رشد اقتصادی در ایران. فصلنامه علمی - پژوهشی مدل‌سازی اقتصادی، ۴(۱۲)، ۳۹-۵۶.

۷- روانشاد نیا، م. (۱۳۹۴). پنج چالش بزرگ صنعت ساختمان. نشریه پیام ساختمان.

۸- سالور، ک. (۱۳۸۷). مشکلات اساسی صنعت ساختمان در ایران. روزنامه اعتماد. شماره ۱۹۰۵, ۷-۲۳.

۹- فیلی، ع. (۱۳۹۶). ضوابط نظام مهندسی در کشورهای پیشرفته دنیا. http://samair.ir/fa/news/29006

۱۰-ساختمان (۱۳۸۴). وزارت راه و شهرسازی. مبحث یکم تعاریف. توسعه ایران.

۱۱-نظام مهندسی تهران. (۱۳۹۱). شرح خدمات مهندسان ناظر. سازمان نظام مهندسی استان تهران.

۱۲-کسرایی، ا ؛ اعتمادی، ا . (۱۳۹۵). ارائه مدلی جهت انتخاب تأمین کنندگان مناسب به منظور افزایش بهره وری طالعه موردی: یکی از شرکت‌های فعال در زمینه ساخت تجهیزات پالایشگاهی). فصلنامه مدیریت صنعتی. ۱۱ (۴) ۱- ۱۲.

۱۳-غضنفری، م.، علیزاده، س.، تیمورپور، ب. (۱۳۹۳). داده کاوی و کشف دانش. انتشارات دانشگاه علم و صنعت.

۱۴-شاهرودی، ک. تدریس حسنی، م. (۱۳۹۰) . ارائه مدلی ریاضی به منظور انتخاب تأمین‌کنندگان با استفاده از رویکرد تلفیقی تحلیل پوششی داده‌ها و هزینه کل مالکیت. مجله تحقیق در عملیات و کاربردهای آن, ۸(۳) ۷۱-۸۱.

۱۵-امیری، م . جهانی، س . (۱۳۹۰). به کارگیری یک روش DEA/AHP برای ارزیابی و انتخاب تأمین-کنندگان. نشریه مدیریت صنعتی . ۲ (۵) ۵-۲۲.

16-Hardison, D., Behm, M., Hallowell, M. R., & Fonooni, H. (2014). Identifying construction supervisor competencies for effective site safety. Safety science, 65, 45-53 .

17-Ahn, Y.H., Kwon, H., Pearce, A.R., & Shin, H. (2010). Key competencies for US construction graduates: an exploratory factor analysis. In ASC Proceedings of the 46th Annual International Conference, Boston, MA.

18-Ling, Y.Y., & Tan, F. (2015). Selection of site supervisors to optimize construction project outcomes. Structural Survey, construction project outcomes, 33, 407-422 .

19-Australian government, engineersaustralia org. (2016), Engineers Australia's stage 1 and 2 professional standards.

۲۰-انوری، م.، رضایی، م.، ایزدبخش، ح. (۱۳۹۱). الگوبرداری و ارزیابی جامع عملکرد با رویکرد تحلیل پوششی داده ها. جهاد دانشگاهی.

21-Jain, A.K. (2010). Data clustering 50 years beyond K-means. Pattern recognition letters, 31(8), 651-666.

۲۲-مهرگان، م. (۱۳۹۱). تحلیل پوششی داده ها، مدل‌های کمی در ارزیابی عملکرد سازمان‌ها.

۲۳-میرحسینی، س. (۱۳۹۲). تحلیل پوششی داده‌ها مدل‌ها و کاربردها. دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

24-Employment and Training Administration (ETA). United States Department of Labor, (January 2015). Engineering Competency Model. http://www.doleta.gov

۲۵-بزازی، م. (۱۳۹۶). تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره- http://www.modirsun.com/page/ 111 . 1394

۲۶-آخونی پورحسینی، ف.، قربانی، م. (۲۰۱۶). کاربرد آنتروپی شانون در تعیین مؤثرترین پارامتر شیمیایی در کیفیت آب‌های سطحی (حوضه صوفی چای). نشریه محیط زیست و مهندسی آب، ۲(۴), ۳۲۲-۳۳۲.

27-Handl, J., Knowles, J. (2006). Multi-objective clustering and cluster validation Multi-Objective Machine Learning, Springer, pp. 21-47.

۲۸-خدادادی، ر. (۱۳۹۵). مبانی اجرای سازه‌های فولادی. موسسه علمی دانش پژوهان برین.

۲۹-ساختمان (۱۳۸۹). وزارت راه و شهرسازی. مبحث دوم، نظامات اداری، و مبحث چهارم، الزامات عمومی ساختمان. توسعه ایران.

۳۰-طاحونی، ش. (۱۳۹۳). طراحی سازه‌های بتن مسلح بر مبنای آیین‌نامه .ACI-2011. نشر ادب.